École Doctorale des Humanité (ED 520)
Faculté des LETTRES
UR 1339 Linguistique, Langues et Parole - LiLPa
ER Parole et Cognition & Institut de Phonétique de Strasbourg (IPS)

THESE

présentée pour l'obtention du doctorat de
Sciences du Langage
par

Xuelu ZHANG

Spécialité : Phonétique Générale et Expérimentale

Les tons lexicaux du chinois mandarin en voix modale et en voix chuchotée

Jury

Mme la Professeure Mariapaola D'Imperio (Rapporteure)
Laboratoire Parole et Langage, Université Aix-Marseille
Mme Lise Crevier-Buchman, Chargé de Recherche CNRS - HDR
(Examinatrice)
Laboratoire de Phonétique et Phonologie, Université Sorbonne Nouvelle - Paris 3
M. le Professeur Bernard Harmegnies (Rapporteur)
Laboratoire de Phonétique, Université de Mons
M. Pierre Hallé, Directeur de Recherche CNRS (Co-directeur)
Laboratoire de Phonétique et Phonologie, Université Sorbonne Nouvelle - Paris 3
Mme le Professeur Béatrice Vaxelaire (Examinatrice)
IPS & UR 1339 LILPA, ER Parole et Cognition, Université de Strasbourg
M. le Professeur Rudolph Sock (Directeur)
IPS & UR 1339 LILPA, ER Parole et Cognition, Université de Strasbourg

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont soutenu ma recherche d'une façon ou d'une autre.

Tout d'abord, mes plus vifs remerciements à mon directeur de thèse, M. le Professeur Rudolph Sock, de m'avoir initiée à la phonétique à travers ses cours et de m'avoir donné des conseils. Grâce au temps et à l'énergie qu'il a consacrés à mes études, j'ai pu aborder cette recherche tout en vivant une expérience extrêmement enrichissante dans le domaine scientifique.

Je tiens également à remercier vivement mon co-directeur de thèse, M. Pierre Hallé, pour le suivi de la rédaction de cette thèse, ainsi que pour ses précieux conseils.

J'aimerais aussi remercier tous les membres du jury, qui ont accepté et consacré du temps à l'évaluation de mon travail.

Je suis très reconnaissante du travail de relecture que mes chers collègues et amis ont consacré à ma thèse. Sans leurs efforts, la rédaction de cette thèse n'aurait pu voir le jour.

Je remercie également toutes mes locutrices qui ont participé aux enregistrements, je tiens à les remercier pour leur patience et leur esprit de solidarité.

Un grand merci à toute ma famille et à mes amis qui m'ont soutenue de manière inconditionnelle pendant toutes ces années d'études. Cette thèse n'aurait pu se faire sans leur accompagnement et encouragements.

Je dois des remerciements sincères à tous mes collègues de l'Institut de Phonétique de Strasbourg : M. Sock, Mme Vaxelaire, M. Brock, Camille, Fayssal, Saïd, Tomoki, Seto, Ming, Thomas, Nourdine, Otieno, Hasna, Fadila, Delphine, Nadjia, Naïma, Soucila, Amel, Lucie, Marion, Dominique, Nabu, Fatima, Insaf, Saoussan … Ils m'ont apporté leur aide, leur soutien et un précieux accompagnement. Grâce à eux, j'ai vécu les années les plus enrichissantes de ma vie.

Introduction

Ce travail est une contribution à l'étude des indices perceptibles des tons lexicaux du mandarin au niveau acoustique, en voix modale et en voix chuchotée.

L'étude repose sur des investigations acoustiques, menées principalement dans le domaine spectral. Il s'agit essentiellement de mettre la lumière sur la contribution des dimensions acoustiques du signal, autre que la fréquence fondamentale (F0), à la perception des tons. De plus, cette étude vise à analyser les contrastes tonals auxquels renvoient certains indices acoustiques.

Ces investigations seront précédées de considérations phonologiques sur les tons lexicaux, non seulement en mandarin, mais aussi dans d'autres langues qui connaissent ce phénomène prosodique.

Quelques hypothèses seront formulées dans le domaine acoustique, et ce, sur des dimensions du signal de la parole les plus importantes pour la perception : la durée, le niveau de l'intensité et les harmoniques. De manière générale, nous supposons que l'analyse de ces substrats physiques, sur lesquels s'appuie généralement la perception auditive, devrait permettre de mettre au jour la présence et les propriétés d'indices tonals qui ne résident pas dans la fréquence fondamentale. La fréquence fondamentale a été reconnue comme l'indice principal, mais pas l'indice unique dans la perception du ton. Le fait que certaines modifications ou neutralisations d'autres éléments acoustiques puissent provoquer des réponses variables au niveau du jugement du ton indique que ces éléments acoustiques peuvent prendre en charge des indices secondaires (ou supplémentaires) du ton. Les tons d'une même langue pouvant se distinguer par une gamme de traits tonals, les indices secondaires devraient représenter les contrastes entre ces traits tonals, de manière accessible au système auditif, selon son fonctionnement habituel.

L'originalité de ce travail réside dans le fait qu'il présente une analyse acoustique de l'ensemble du segment vocalique qui porte le ton. Ce travail ne se limite pas à identifier une source secondaire d'indices tonals dans les dimensions acoustiques étudiées. Il vise à présenter une vision globale sur les sources des indices, ainsi que sur leur perceptibilité, tenant compte de l'interaction de divers facteurs acoustiques, dans le processus de la perception auditive. De plus, les propriétés acoustiques des

indices tonals observées nous conduisent à une réflexion sur les traits qui distinguent les tons du mandarin.

La thèse parcourt certaines théories qui se focalisent sur la nature de l'invariant physique en perception de la parole. Ces théories s'accordent sur une base auditive de la perception des composantes prosodiques. Elles posent différentes hypothèses sur le fonctionnement du système de production-perception de la parole, à partir de la base auditive, ainsi que sur la gestion de la variabilité acoustico-articulatoire dans la communication.

Notre étude s'organise en deux parties majeures.

Dans la *première partie*, nous présenterons l'état de la question en trois chapitres. Dans le *Chapitre 1*, nous présentons le mandarin (*putonghua*), mettant l'accent sur son système phonologique. Le *Chapitre 2* traite de la notion du ton lexical, des considérations phonologiques autour du ton en mandarin, et de la forme acoustique de l'aspect tonal. Le *Chapitre 3* porte sur la perception du ton, avec le fonctionnement du système articulatoire, ainsi que celui du système auditif. Les théories phonétiques majeures de la perception et de la production de la parole, ainsi que quelques modèles intégrant les traits dans la perception de la parole, sont également présentés dans ce chapitre.

La *deuxième partie* est dédiée au protocole expérimental et à l'étude acoustique des tons du mandarin en voix modale et en voix chuchotée. Elle est composée de cinq chapitres. Le *Chapitre 4* expose le protocole expérimental de notre recherche, avec le corpus, les sujets, les conditions des enregistrements, les mesures et les analyses des données acoustiques.

Dans cette même partie, les quatre autres chapitres sont consacrés aux analyses des données acoustiques. Le *Chapitre 5* présente les analyses des mesures des paramètres temporels de la syllabe portant le ton (y compris la durée vocalique, la durée du VOT, la tenue consonantique, la durée syllabique et le ratio voyelle/consonne). Le *Chapitre 6* traite des divergences de la fréquence fondamentale (F0) en fonction du ton, ainsi que de la variation mélodique qu'elles présentent. Le *Chapitre 7* est dédié aux analyses du niveau de l'intensité, montrant les divergences au niveau de l'intensité en fonction du ton, dans les deux modes de phonation. Nous consacrons le *Chapitre 8* à

l'observation des divergences au niveau des quatre premiers formants des voyelles et à l'analyse des rapports entre ces divergences et les tons lexicaux.

Dans les *Conclusions* et les *perspectives*, les résultats expérimentaux sont synthétisés et discutés dans le cadre des approches théoriques examinées dans l'état de la question. Nous avons également proposé quelques pistes dans une perspective acoustique-auditive du traitement des indices tonals « secondaires ».

Table des matières

1 Le mandarin et son système phonologique 2

1.1. Le mandarin 2

1.1.1. Évolution du mandarin 2

1.1.2. Système morpho-sémantique 5

1.2. Le système phonologique du mandarin 6

1.2.1. Composantes syllabiques 7

1.2.2. La structure syllabique 13

1.3. Le système tonal et la prosodie du mandarin 18

1.3.1. Le système tonal 18

1.3.2. Accentuation et intonation 21

2 Quelques considérations phonologiques autour du ton 25

2.1. Définition du ton dans les langues à tons 25

2.1.1. Les langues tonales : un bref aperçu 25

2.1.2. Définition et catégorisation du ton lexical 28

2.2. La structure autosegmentale du ton, les traits tonals et le sandhi tonal 33

2.2.1. Statut autosegmental des traits tonals 33

2.2.2. Structure géométrique du ton lexical du mandarin 36

2.2.3. Sandhi tonal 41

2.3. Les formes sonores/acoustiques de surface des aspects tonals, la coarticulation des tons et l'interaction entre le ton et d'autres composantes prosodiques 45

2.3.1. Formes de surface (sonores/acoustiques) des aspects tonals 45

2.3.2. Modifications des tons lexicaux dues aux règles phonétiques 51

3 La production et la perception des tons lexicaux 55

3.1. L'anatomie du larynx, les gestes articulatoires liés aux traits tonals et la conséquence articulatori-acoustique du mode de phonation (voix modale vs voix chuchotée) 55

3.1.1. Anatomie du larynx et gestes laryngales liés aux traits tonals 55

3.1.2. Modes de phonation : voisement *vs* chuchotement 59

3.2. Le système auditif et la perception du pitch tonal 67

3.2.1. Le système auditif 67

3.2.2. Règles du traitement du signal acoustique dans le système auditif (périphérique) 73

3.3. Quelques courants théoriques en perception de la parole 84

3.3.1. La Théorie Motrice de la Perception 84

3.3.2. La Théorie Quantique des traits 87

3.3.3. La Théorie de la Variabilité Adaptative 90

3.3.4. La Théorie d'Activation diffuse (*Spreading activation theory*) et les modèles connexionnistes 93

4 Le protocole expérimental de l'étude acoustique 98

4.1. Corpus 98

4.2. Biographie des sujets 100

4.3. Conditions d'enregistrements 103

4.4. Recueil des données 104

4.5. Analyses statistiques 111

5 Étude des paramètres temporels 113

5.1. Le contrôle temporel du segment vocalique : le cas des trois voyelles cibles dans les deux modes de phonation 114

5.1.1. Durée vocalique dans le contexte /pa/ 114

5.1.2. Durée vocalique dans le contexte /pi/ 116

5.1.3. Durée vocalique dans le contexte /pu/ 118

5.1.4. Comparaison des durées vocaliques dans les trois contextes syllabiques 119

5.2. Le contrôle temporel du VOT dans les deux modes de phonation 122

5.2.1. Durée du VOT dans le contexte /pa/ 122

5.2.2. Durée du VOT dans le contexte /pi/ 124

5.2.3. Durée du VOT dans le contexte /pu/ 125

5.2.4. Comparaison des durées du VOT dans les trois contextes syllabiques 127

5.3. Le contrôle temporel de la tenue consonantique : le cas de /p/ dans les syllabes cibles dans les deux modes de phonation 130

5.3.1. Tenue consonantique dans le contexte /pa/ 130

5.3.2. Tenue consonantique dans le contexte /pi/ 132

5.3.3. Tenue consonantique dans le contexte /pu/ 134

5.3.4. Comparaison des tenues consonantiques dans les trois contextes syllabiques 135

5.4. Le contrôle temporel de la durée syllabique : le cas des trois syllabes cibles dans les deux modes de phonation 138

5.4.1. Durée syllabique de /pa/ 138

5.4.2. Durées syllabiques de /pi/ 140

5.4.3. Durées syllabiques de /pu/ 142

5.4.4. Comparaison des durées syllabiques dans les trois contextes syllabiques 143

5.5. Le ratio voyelle/consonne (Ratio V/C) aux deux modes de phonation 146

5.5.1. Ratio voyelle/consonne dans le contexte /pa/ 146

5.5.2. Ratio voyelle/consonne dans le contexte /pi/ 148

5.5.3. Ratio voyelle/consonne dans le contexte /pu/ 150

5.5.4. Comparaison des ratios voyelle/consonne dans les trois contextes syllabiques 151

5.6. Synthèse analytique de l'étude des paramètres temporels 154
6 Étude de la fréquence fondamentale (F0) 158
6.1. La variation de F0 dans le contexte /pa/ 159
6.2. La variation de F0 dans le contexte/pi/ 164
6.3. La variation de F0 dans le contexte /pu/ 168
6.4. Comparaison des variations de F0 en voix modale dans les contextes /pa/ /pi/ /pu/ .. 173
6.5. Synthèse analytique des résultats de la variation de F0 174
7 Étude du niveau de l'intensité 178
7.1. La variation du niveau de l'intensité : le cas de /a/ dans /pa/ dans les deux modes de phonation 179
7.2. La variation du niveau de l'intensité : le cas de /i/ dans /pi/ dans les deux modes de phonation 185
7.3. La variation du niveau de l'intensité : le cas de /u/ dans /pu/ dans les deux modes de phonation 191
7.4. Comparaison des divergences au niveau de l'intensité dans les contextes /pa/ /pi/ /pu/ 197
7.5. Synthèse analytique des résultats de la variation du niveau de l'intensité 201
8 Étude de la structure formantique 204
8.1. Divergence spectrale du segment vocalique dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale vs voix chuchotée 205
8.1.1. Étude des courbes des formants isolés et de leurs tonies correspondantes 205
8.1.2. Analyse des écarts (Mel) entre les formants voisins 217
8.1.3. Analyses des seuils différentiels et de la largeur des bandes critiques 219
8.2. Divergence spectrale du segment vocalique dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale vs voix chuchotée 222
8.2.1. Étude des courbes des formants isolés et de leurs tonies correspondantes 222
8.2.2. Analyse des écarts (Mel) entre les formants voisins 232
8.2.3. Analyses des seuils différentiels et de la largeur des bandes critiques 233
8.3. Divergence spectrale du segment vocalique dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale vs voix chuchotée 237
8.3.1. Étude des courbes des formants isolés et de leurs tonies correspondantes 237
8.3.2. Analyse des écarts (Mel) entre les formants voisins 248
8.3.3. Analyses des seuils différentiels et de la largeur des bandes critiques 249
8.4. Comparaison des divergences spectrales entre les contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale et en voix chuchotée 253
8.5. Synthèse analytique des résultats des variations spectrales 264
9 Conclusions 271
10 Quelques limites de la thèse et perspectives 288

11 Bibliographie 290
Annexes 321
Annexe 1 322
Annexe 2 324
Annexe 3 339
Annexe 4 356
Annexe 5 364
Index des tableaux 428
Index des figures 448

PARTIE I

Partie théorique

1 Le mandarin et son système phonologique

1.1. Le mandarin

1.1.1. Évolution du mandarin

Le mandarin, appelé *Putonghua* en Chine continentale et *Guoyu* à Taiwan, est l'une des langues qui appartiennent à la famille sino-tibétaine. Il est pratiqué par le plus grand nombre de locuteurs dans le cadre mondial : selon les statistiques de l'année 2000, environ 848 millions de locuteurs pratiquent cette langue en tant que première langue, et 178 millions de locuteurs la pratiquent en tant que langue seconde.

En tant que langue officielle de la Chine (continentale), à Taiwan et à Singapour, le mandarin est utilisé dans les institutions publiques, dans les domaines éducatif, administratif et médiatique. Il est enseigné comme langue standard à l'école, à l'oral ainsi qu'à l'écrit. La figure 1 illustre les langues chinoises majoritairement pratiquées en Chine continentale et à Taiwan, parmi lesquelles le mandarin couvre la plupart des régions, avec des variantes selon différentes zones géographiques. Les nuances existent surtout aux niveaux phonétique et lexical, plus ou moins dues à l'influence des dialectes régionaux (Yin 2007). Malgré cela, on reconnaît dans ces différentes versions du mandarin les mêmes systèmes phonologique, grammatical et graphique. Dans les régions non couvertes par la couleur retenue pour le mandarin dans la figure 1, le mandarin est aussi enseigné et pratiqué souvent en parallèle avec les autres langues dominantes dans ces régions.

(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 1 : Les groupes linguistiques de la Chine continentale et de Taiwan en 2008.

Toutes les langues chinoises pratiquées aujourd'hui partagent la même origine : le chinois archaïque, pratiqué avant la Dynastie de Han (206 av. J.-C.-9 ap. J.-C.) et plus tard le chinois moyen[1], pratiqué entre le 6ème et le 12ème siècle. C'était une langue proche des langues Rgyalrong[2] et du tibétain. Elle possédait une morphologie verbale,

[1] À cause du manque de manuscrits pour témoigner la variation linguistique aux anciennes époques, on utilise donc le terme de chinois archaïque et celui de chinois moyen dans l'objectif d'indiquer l'ensemble des langues chinoises pratiquées à ces époques.

[2] Les langues Rgyalrong (Jiarong en Pinyin) sont courantes dans certaines zones de la province de Sichuan en Chine. Ces langues appartiennent à une branche des langues tibéto-birmanes.

des groupes consonantiques complexes qui ont disparus dans les langues chinoises modernes (Huang 2001, Wang 1985), et des rimes qui référent aux parties vocalique et postvocalique de la syllabe classifiées par les poètes pour harmoniser la mélodie des vers. À l'écrit, elle possédait déjà le système des sinogrammes ; chaque caractère correspondant à une syllabe. Ces graphies constituent la base des caractères chinois utilisés aujourd'hui (Wang 2010).

Le mandarin que l'on pratique aujourd'hui repose sur la langue officielle de la Dynastie de Qing (17ème-20ème siècle) alors que son système phonologique s'appuie sur celui du dialecte pékinois (Wang 1985). La transcription du système phonologique du pékinois a débuté en 1900, en raison du besoin de romaniser la langue du côté des religieux occidentaux qui étaient entrés en Chine (Zhu et Yang 1992). Nombre de tentatives ont été faites pour systématiser, modifier et améliorer la transcription, dans l'objectif de fournir un système phonologique unifié et officiel à la propagation du mandarin (Li et Zhou 2015). Après des débats et des discussions entre linguistes, didacticiens et politiques, cet effort a porté ses fruits en 1918, avec une transcription des tons et des phonèmes consonantiques et vocaliques en lettres ethniques (*Zhuyin*). En 1928, la première transcription phonologique officielle du chinois standardisé (*Gwoyeu Romatzyh*) en alphabet latin a vu le jour. Le système phonologique du mandarin a connu sa définition d'aujourd'hui (*Pinyin*) en 1958, avec les consonnes et les voyelles transcrites par un nombre limité de lettres latines et avec les tons représentés par quatre symboles. Dans ces plans officiels de transcription phonologique, la prononciation du mandarin (ou le *guoyu*) se distingue de celle du dialecte pékinois courant. Ainsi, la base de la prononciation du mandarin a été standardisée.

Le système d'écriture chinoise a connu également des modifications importantes. À partir de l'invention de l'écriture officielle *Lishu* (3ème - 4ème siècles av. J.-C.), l'écriture ne s'arrêtait plus au niveau de la simulation des formes physiques mais est entrée dans une phase évolutive d'abstraction, avec la systématisation des structures géométriques de caractères et avec des graphèmes à formes figées liés directement aux unités sémantiques et phonémiques (Wang 2010). Dans certains idéogrammes, on peut reconnaître plus ou moins la forme physique originaire que ces graphies simulaient. Par commodité, nous n'allons pas préciser ici l'évolution du système graphique, mais juste mentionner qu'en 1956, la République populaire de Chine a

officialisé une écriture simplifiée des caractères chinois. Pour cette raison, il existe aujourd'hui deux systèmes principaux d'écriture chinoise : le chinois simplifié (majoritairement employé en Chine continentale) et le chinois traditionnel (principalement employé à Taiwan, à Hong Kong et à Macao). Dans d'autres pays et régions où le mandarin est pratiqué, tels que le Singapour et la Malaisie, les deux systèmes sont utilisés conjointement (Zheng *et al.* 2014, Sang 2006).

1.1.2. Système morpho-sémantique

Il est universellement admis que le mandarin est une langue monosyllabique. D'une part, chaque caractère correspond à au moins une prononciation, qui est toujours monosyllabique. Par exemple, le caractère 人, qui signifie *personne*, se prononce /ɻən/[3]; et le caractère 说 se prononce /ʂwɔ/ lorsqu'il porte le sens de *parler*, et se prononce /ʂweɪ/ lorsqu'il porte le sens de *convaincre*. D'autre part, chaque syllabe construite en respectant les contraintes phonologiques de structuration syllabique du mandarin est potentiellement la prononciation d'un ou de plusieurs caractères. Par exemple, la syllabe /nan/ correspond au caractère 难 qui signifie *difficile*, au caractère 南 qui signifie *sud*, mais aussi au caractère 男 qui signifie *homme* : ces trois caractères sont donc des homophones. En mandarin, le nombre de syllabes disponibles pour les référents sonores est limité. Il existe donc de nombreux homophones dans cette langue.

Il nous semble nécessaire de mentionner ici le rapport entre les caractères et le sens. Un caractère est lui-même un signifiant visuel qui renvoie à un ou plusieurs signifiés lexicaux (voir l'exemple de 说 ci-dessus). Il peut consister en plusieurs graphèmes qui portent eux-mêmes du sens. Pourtant, après une longue histoire d'évolutions linguistiques, les rapports entre le sens du caractère et les sens de ses composantes graphiques sont devenus opaques, souvent difficiles à suivre. Par exemple, le caractère 好 consiste en deux graphèmes : 女 et 子 qui signifient respectivement *femme* et *enfant* alors que le caractère 好 signifie *bien*. De plus, le caractère n'est pas non plus la forme graphique maximale du référant graphique du mot. Il existe une bonne quantité de mots qui consistent en plusieurs caractères à l'écrit et donc

[3] Le statut articulatoire de l'attaque r est controversé. Dans cette étude nous citons cette consonne comme /ɻ/ débattu. En fait, elle est considérée comme /ʐ/ d'un point de vue classique. Nous en discuterons davantage dans la section suivante.

plusieurs syllabes à l'oral. Ces derniers, bien que chacun comporte son sens, forment un nouveau sens lorsqu'ils construisent un mot selon un certain ordre. Les rapports entre les sens des caractères et le sens du mot sont également plus ou moins opaques. Par exemple, le mot 薪水 qui signifie *salaire* consiste en deux caractères 薪 et 水 qui signifient, lorsqu'ils sont présents isolément, *buche* et *eau* respectivement. Dans un tel mot, aucun caractère ne joue un rôle d'indicateur principal du sens lexical : les deux caractères doivent être présents simultanément, suivant un tel ordre, afin de porter le sens de *salaire*.

À partir de cela, on voit que le mandarin est une langue dont la construction sémantique s'appuie davantage sur une écriture figurative et beaucoup moins sur un système sonore. Ainsi, dans l'objectif d'éviter des confusions dans le codage phono-sémantique, on considère qu'il est particulièrement important d'insister sur un point de vue saussurien dans la recherche de rapports entre les différents niveaux linguistiques du mandarin, c'est-à-dire à partir d'une base morphologique dans l'analyse de l'écriture et de la parole (Gu 2006). Il est donc inapproprié d'adapter, dans l'analyse des rapports entre le niveau phonologique et le niveau morphologique, la même méthodologie au mandarin qu'à une langue alphabétique.

1.2. Le système phonologique du mandarin

À partir du 20ème siècle où est apparu le besoin de romaniser le système phonologique du mandarin, beaucoup de méthodes de transcription ont été développées (fondée sur les systèmes existants : Wade-Giles, Yale, Gwoyeu Romatzyh, etc. (Wang *et al.* 1963, Alleton 2002). Aujourd'hui, on reconnaît deux versions officielles véhiculaires de transcription du système phonologique du mandarin : le système *Bopomofo* et le système *Pinyin*. La première est utilisée à Taiwan alors que la seconde en Chine continentale.

Le système *Bopomofo* possède une gamme de symboles phonétiques spéciaux pour la transcription des phonèmes. Selon la composition de la structure syllabique, ce système contient 21 attaques consonantiques, 3 semi-voyelles (qui se situent entre l'attaque et la rime), 13 rimes et 4 tons. Le système *Pinyin* utilise l'alphabet latin dans la transcription phonologique. Il présente 21 attaques consonantiques, 37 rimes et 4 tons.

Vu les différentes versions de correspondance établie entre les deux systèmes présentés et le système API (Alphabet Phonétique International), nous nous focaliserons sur la transcription phonologique du système *Pinyin* dans la présentation des composantes et de la structure syllabiques, sans oublier de donner leur transcription API.

1.2.1. Composantes syllabiques

La syllabe constitue une unité rythmique naturelle de la parole. En mandarin, la syllabe sert souvent de limite morphologique.

Comme toutes les langues, le mandarin possède des inventaires consonantique et vocalique, avec lesquels se construit une syllabe. À l'intérieur de la syllabe du mandarin, il existe une structure invariante consistant en deux parties principales : l'attaque et la rime.

L'attaque

L'attaque se situe en position initiale de la syllabe en mandarin. Cette partie est consonantique : toutes les consonnes apparaissent dans cette partie sauf la consonne nasale /ŋ/ qui n'apparaît qu'en position de coda. L'attaque d'une syllabe ne comporte qu'une seule consonne (Coyaud 1983), jamais deux consonnes ou plus consécutives. En mandarin, il existe 21 attaques selon le Pinyin, ce qui implique qu'il existe 22 consonnes (si on prend /ŋ/ en compte) dans cette langue.

Selon le mode d'articulation, on peut distinguer 5 types de consonnes : nasales, occlusives, affriquées, fricatives et liquides. De plus, on reconnaît aussi les semi-consonnes. Les lieux d'articulations des consonnes renvoient, comme il se doit, aux lieux d'obstruction dans le conduit vocal lors de la production de ces consonnes.

Les consonnes nasales sont réalisées avec une obstruction du passage de l'air dans la cavité buccale, le velum abaissé et le flux d'air traversant la cavité nasale librement ; il s'agit de /m n ŋ/ en mandarin.

Les occlusives sont produites en deux étapes : une obstruction dans la cavité buccale au début, et ensuite un relâchement de l'obstruction ; nous identifions /p p^h t t^h k k^h/ en mandarin.

Les affriquées sont produites également en deux étapes : une obstruction dans la cavité buccale au début (comme pour la production des occlusives), et ensuite une friction issue d'un relâchement léger au même lieu d'obstruction ; soit /ts ts^h ʈʂ $ʈʂ^h$ tɕ $tɕ^h$/ en mandarin.

Les fricatives sont produites avec un rapprochement de l'organe articulatoire et le point d'articulation, ce qui gêne le passage de l'air sans le bloquer complètement, et créant ainsi une turbulence d'air ; soit /f s ʂ ɕ x/ en mandarin.

Les liquides /l ɻ/ sont celles produites avec un rapprochement modéré de l'organe articulatoire avec le point d'articulation qui ne va pas jusqu'à la production d'une friction. Elles ressemblent à des semi-consonnes au niveau articulatoire et au niveau acoustique (ayant une structure formantique relativement clairement définie).

La consonne /ɻ/ correspond à l'attaque *r* dans le Pinyin. Concernant le statut articulatoire de *r*, il existe deux écoles. L'une, qui est plus classique, considère cette consonne comme une fricative pré-palatale voisée /ʐ/ (Karlgren 1915) alors que l'autre école la considère comme une consonne spirante rétroflexe voisée /ɻ/ (Chao 1968). Selon l'étude de Wang (1985) sur l'évolution des attaques, l'attaque *r* se prononçait en tant que consonne nasale rétroflexe (cette prononciation qui existe aujourd'hui dans le dialecte kejia). Elle est devenue liquide par approximation au même lieu d'articulation et aux modes d'articulation similaires.

Parmi les occlusives et les affriquées, on subdivise encore les catégories aspirée et non-aspirée : les aspirantes sont produites accompagnées d'un souffle d'air expiratoire aux niveaux glottique et supraglottique alors que les non-aspirantes ne comportent pas de turbulence au niveau glottique. Les premières incluent /p^h t^h k^h ts^h $ʈʂ^h$ $tɕ^h$/ et les dernières comprennent /p t k ts ʈʂ tɕ/.

Selon le lieu d'articulation, on peut distinguer six types de consonnes : bilabiales, labiodentales, alvéolaires, rétroflexes, alvéo-palatales et vélaires. Ils se distinguent par les organes et structures articulatoires engagés dans la formation de l'obstruction du passage de l'air : les lèvres pour les bilabiales, soit /m p p^h/; la lèvre et les incisives supérieures pour la labiodentale, soit /f/ ; le dos de la langue pour les vélaires, soit /k k^h x/; et la pointe de la langue pour les alvéolaires, les alvéo-palatales et les rétroflexes, soit /n t t^h ts ts^h s l/, /ŋ tɕ $tɕ^h$ ɕ/, /ʈʂ $ʈʂ^h$ ʂ ɕ/.

Tableau 1 : Le système consonantique du mandarin transcrit en API et en Pinyin selon Duanmu (2007).

		Bilabiales	**Labiodentales**	**Alvéolaires**	**Rétroflexes**	**Alvéo-palatales**	**Vélaires**
Nasales		/m/ m		/n/ n		/ŋ/ ng	
Occlusives	Non aspirées	/p/ b		/t/ d			/k/ k
	Aspirées	/p^h/ p		/t^h/ t			/k^h/ g
Affriquées	Non aspirées			/ts/ z	/ʈʂ/ zh	/tɕ/ j	
	Aspirées			/ts^h/ c	/$ʈʂ^h$/ ch	/tɕh/ q	
Fricatives			/f/ f	/s/ s	/ʂ/ sh	/ɕ/ x	/x/ h
Liquides				/l/ l	/ɻ/ r		

Le tableau 1 donne les consonnes du mandarin, avec leur transcription en API et en Pinyin, présentés selon leur lieu d'articulation (le long de l'axe horizontal) et leur mode d'articulation (le long de l'axe vertical). Dans chaque cellule se trouvent à gauche la correspondance phonétique de l'attaque en question en API, et à droite le symbole de transcription de l'attaque en Pinyin.

À partir de ce tableau, nous avons remarqué que le mandarin ne possède pas d'occlusives sonores ni d'affriquées sonores, ni même de fricatives sonores (si on considère l'attaque *r* comme une liquide). Autrement dit, il n'existe pas de contraste phonologique sourdes-sonores pour les occlusives et les affriquées, mais uniquement un contraste aspirée-non-aspirée.

De plus, le mandarin possède des consonnes rétroflexes. La différence entre ce type de consonnes et d'autres est que l'obstruction du passage de l'air dans la production des rétroflexes est réalisée avec la pointe de la langue, alors que pour produire d'autres consonnes, c'est le dos de la langue qui effectue l'obstruction. Les différences entre les affriquées alvéolaires et les affriquées rétroflexes existent au niveau des organes engagés dans la réalisation de constriction.

La rime

La rime est la partie précédée par l'attaque dans la syllabe. Les semi-voyelles, les voyelles, ainsi que les deux consonnes nasales /n/ et /ŋ/, peuvent apparaître dans cette partie. Ces deux dernières, cependant, se situent uniquement à la fin de la rime, c'est-à-dire en position de coda. En mandarin, la rime contient toutes les voyelles et les

semi-voyelles (*cf.* Paragraphe « structure syllabique » ci-dessous) que cette langue possède[4].

Le nombre de phonèmes dans le système vocalique du mandarin est un sujet de controverses. Le Pinyin reconnaît six voyelles principales, parmi lesquels la majorité posséderait des allophones ou des variantes combinatoires. Nous retenons ici le système vocalique du dialecte pékinois que Zhu (2010) a employé, pour la simple raison que le mandarin a le même système phonologique que ce dialecte[5]. Ce système vocalique présente 11 voyelles en tout.

Tableau 2 : Les voyelles du mandarin et leurs allophones en API.

	Antérieur	Central (mi-antérieur et mi-postérieur)	Postérieur
Fermées	/i/ ([ɿ], [ʅ])	/y/	/u/
Moyennes		/ə/ ([e], [ɛ], [œ], [ɤ])	/o/ ([ɔ])
Ouvertes		/a/	

Le tableau 2 présente sur un plan général le système vocalique phonologique du mandarin, avec les voyelles et leurs allophones classés selon leur lieu d'articulation sur l'axe horizontal et selon leur degré d'aperture sur l'axe vertical. Les six voyelles reconnues par le Pinyin sont /a o ə i y u/[6] et les phonèmes entre parenthèses sont leurs allophones dans différents contextes phonétiques. La distribution des variations des voyelles est liée aux quatre lieux d'articulation (antérieur, mi-antérieur, mi-postérieur et postérieur), aux trois degrés d'aperture (fermée, moyenne et ouverte, illustrés sur l'axe vertical), ainsi qu'aux deux états de protrusion des lèvres : arrondies et écartées (Ma *et al.* 2009).

[4] Selon Ye (2007), en mandarin, les semi-voyelles font la suite de l'attaque. Pourtant, dans la majorité des études de la structure syllabique du mandarin, les semi-voyelles sont considérées en tant qu'une partie de la rime.

[5] Il existe d'autres propositions du système vocalique du mandarin. Voir Hockett (1947), Hartman (1944) et Cheng (1973), par exemple.

[6] Selon Chao. Y.-R. (1968) et Deng *et al.* (2007), il y aurait cinq voyelles en mandarin : /i, y, u, a, ə/.

Tableau 3 : Le système vocalique du mandarin (semi-voyelles incluses) en API.

		Lieu d'articulation						
		Apex de la langue		**Dos de la langue**				
		Mi-antérieures	**Mi-postérieures**	**Antérieures**		**Centrales**	**Postérieures**	
				Écartées	**Arrondies**		**Écartées**	**Arrondies**
Aperture	**Fermées**	(ɿ)	(ʅ)	i (j)	y (ɥ)			u (w)
	Moyennes			e (ɛ)		ə (ɤ)		o
	Ouvertes						a	

Le tableau 3 présente de manière plus détaillée, du point de vue articulatoire, le système vocalique du mandarin, prenant en compte les 11 voyelles distinguées d'après leur lieu d'articulation (sur l'axe horizontal) et d'après leur degré d'aperture (sur l'axe vertical). Dans le système vocalique du mandarin, la pointe de la langue participe aussi à l'articulation d'une voyelle (mais ce geste ne provoque pas théoriquement un contraste phonologique comme c'est le cas dans le système consonantique). Les variantes apicales [ɿ] et [ʅ] apparaissent seulement après une attaque fricative ou affriquée, que cette dernière soit alvéolaire ou rétroflexe. Dans le Beijing Mandarin, elles sont analysées en tant qu'allophones de /i/ (Zee et Lee 2007). Selon Michaud (2012), leur apparition est due à l'effet de palatalisation.

En fait, les voyelles apicales se trouvent dans multiple dialectes chinois (Zee et Lee 2007). La production de [ɿ] et de [ʅ] est de nature un relâchement plus important que celui qui se produit dans l'attaque (Zhou et Wu 1963, Kratochvil 1968, Lee-Kim 2014). Leur nature vocalique avait été remise en question. Dell (1994) considère ces phonèmes comme des « fricatives syllabiques », qui sont de nature un allongement de l'attaque. Il a cité un exemple donnée par Ladefoged et Maddieson (1990 : 117) : dans la prononciation de la partie « vocalique » de *zhi* (branche) et de *zi* (idéogramme), la position de la langue reste à peu près la même que celle de la consonne précédente. On peut donc transcrire ces deux phonèmes dans ces deux mots comme /zɿ/ et /z/. Ce point de vue pose bien entendu un problème à la structure syllabique puisque la partie vocalique (qui est le noyau et le porteur de la prosodie) n'existe plus. Pulleyblank (1989) a donné une représentation plurilinéaire à ces « fricatives syllabiques », considérant qu'elles associent la partie consonantique et la partie vocalique.

D'autres chercheurs ne partagent pas le même avis que ces derniers. Leurs études articulatoires et acoustiques soutiennent davantage un statut vocalique de ces deux phonèmes : [ɿ] est produit avec l'apex de la langue proche de la partie alvéolaire et [ʅ] avec l'apex de la langue proche de la partie postalvéolaire. Les deux présentent des structures formantiques similaires à celles des voyelles, avec peu de friction visible dans le spectre (Ohnesorg et Švarný 1955, Howie 1972, Lee 2005, Lee-Kim 2014, Wan et Jaeger 2003). De plus, [ʅ] est pharyngalisé puisque le corps de la langue se tire vers le pharynx (Lee 2005).

Selon la composition phonémique de la rime, on reconnaît plusieurs types de rimes : des voyelles simples, des diphtongues, des triphtongues et des rimes nasalisées (voyelle/s + /n/ ou /ŋ/). Il n'existe pas de voyelle nasale dans l'inventaire vocalique du mandarin mais plutôt des segments vocaliques nasalisés par coarticulation.

Tableau 4 : Les rimes du mandarin transcrites en Pinyin et en API selon Wang (1985) et Duanmu (2007).

	Aperture importante (开口呼)	**Étirement des lèvres (齐齿呼)**	**Fermeture de la bouche (合口呼)**	**Protrusion des lèvres (撮口呼)**
Voyelle simple		/i/ i	/u/ u	/y/ ü
	/a/ a	/ia/ ia	/ua/ ua	
	/wo/ o			
	/ɤ/ e			
		/iɛ/ ie		/yɛ/ üe
	/ɚ/ er			
Diphtongue ou triphtongue	/ai/ ai		/uai/ uai	
	/əi/ ei		/u(ə)i/ ui	
	/au/ ao	/iau/ iao	/uo/ uo	
	/ou/ ou	/iou/ iu		
Avec une coda nasale	/an/ an	/ian/ ian	/uan/ uan	
	/ən/ en	/in/ in	/u(ə)n/ un	/yan/ üan
	/aŋ/ ang	/iaŋ/ iang	/uaŋ/ uang	/yn/ ün
	/əŋ/ eng	/iŋ/ ing		
		/ioŋ/ iong	/oŋ/ ong	

Le Pinyin distingue 35 rimes (*cf.* Tableau 4), les divisant en trois catégories selon leur composition phonémique : celles avec une voyelle simple, celles avec une diphtongue

ou une triphtongue et celles avec une coda nasale (/n/ ou /ŋ/). Selon la méthodologie traditionnelle de catégorisation de l'aperture (Wang 1985), les rimes se divisent en quatre groupes : des rimes à un degré d'aperture important (开口呼, *kaikouhu* 'ouvert', celles qui débutent avec une voyelle ouverte ou mi-ouverte) ; des rimes à un degré d'aperture faible, avec l'étirement des lèvres (齐齿呼, *qichihu* 'avec les dents accolées', celles qui débutent avec la voyelle /i/ ou la semi-voyelle /j/) ; des rimes avec la fermeture de la bouche (合口呼, *hekouhu* 'fermé', celles qui débutent avec la voyelle /u/ ou la semi-voyelle /w/) et des rimes avec la protrusion des lèvres (撮口呼, *cuokouhu* 'protrusif', celles qui débutent avec la voyelle /y/ ou la semi-voyelle /ɥ/).

Le tableau 4 présente toutes les rimes du mandarin selon leur composition phonémique (sur l'axe vertical) et selon l'aperture du phonème du début (sur l'axe horizontal). Dans chaque cellule se trouvent, à gauche, la correspondante phonologique de la rime en question, en API et, à droite, sa transcription en Pinyin. Tous les phonèmes qui sont présents dans ce tableau sont des allophones des voyelles de bases, tels que [ɪ] comme allophone de /i/ et [œ] comme allophone de /ə/.

Nous considérons qu'il est important de mentionner ici le phénomène de « rhotisation » en mandarin. Un exemple de ce phénomène est illustré dans le tableau 4 : la rime /ɚ/ est réalisée comme [aɚ] dans le mot 二 *deux*. Dans d'autres mots, tels que 儿 *fils* ou 耳 *oreille*, elle est prononcée normalement comme [ɚ]. Théoriquement /ɚ/ est la seule rime rhotique dans le système phonologique de cette langue. Cependant, dans la pratique orale du mandarin, on peut observer plus de rimes qui connaissent une rhotisation en phase finale, surtout dans le dialecte de Pékin (Liu 2016). La phase rhotique est considérée comme un suffixe diminutif. Duanmu (2007) a précisé que ce suffixe apparaît après la coda si cette dernière est compatible avec la rhotisation, ou à la place de la coda si cette dernière n'est pas compatible avec la rhotisation. Il a également posé que l'apparition du suffixe rhotique exige un noyau vocalique dont le degré d'aperture par défaut serait moyen.

1.2.2. La structure syllabique

En mandarin, seule une consonne peut exister en position d'attaque. Une séquence de deux consonnes consécutives n'est pas acceptée.

Par rapport à l'attaque, la composition de la rime est plus compliquée et plus controversée. En général, la rime consiste en deux composantes : le noyau et la coda. Le noyau se présente comme la partie principale de la rime et aussi celle de la syllabe. Le noyau est la seule partie indispensable de la structure syllabique. La coda est la partie suivant le noyau, se situant à la fin de la rime. Elle contient un seul phonème et elle peut être absente dans certaines rimes. À partir du tableau 4, nous reconnaissons de multiples types de compositions phonémiques de la rime : voyelle simple, voyelle simple + consonne nasale, diphtongue, diphtongue + consonne nasale, triphtongue.

Dans la syllabe, on peut également trouver des semi-voyelles précédant les noyaux. Le statut de ces semi-voyelles dans la structure syllabique est obscur et très controversé (Wang *et al.* 2001, cité par Zhang 2008, Duanmu 1999, Ye 2007). Leur statut a également été mis en question dans la structuration des syllabes du mandarin.

Une forme canonique de la structure syllabique du mandarin existe. Ma (1997) l'a mentionnée dans son étude, la décrivant comme suit :

(C) (G) V {(G), (N)}

Cette forme canonique indique qu'il existe les possibilités suivantes dans la structuration syllabique en mandarin :

- CV : consonne (attaque) + voyelle simple (noyau), e.x. /pa/.
- CGV : consonne (attaque) + semi-voyelle (médiale) + voyelle (noyau), e.x. /lja/.
- CVG : consonne (attaque) + voyelle (noyau) + semi-voyelle (coda), e.x. /paj/ (équivalent à /pai/).
- CGVG : consonne (attaque) + semi-voyelle (médiale) + voyelle (noyau) + semi-voyelle (coda), e.x. /ʂwaj/ (équivalent à /ʂwai/).
- CGVN : consonne (attaque) + semi-voyelle (médiale) + voyelle (noyau) + consonne nasale (coda), e.x. /swan/.
- GV : semi-voyelle (médiale) + voyelle (noyau), e.x. /ja/.
- GVG : semi-voyelle (médiale) + voyelle (noyau) + semi-voyelle (coda), e.x. /waj/ (équivalent à /wai/).
- GVN : semi-voyelle (médiale) + voyelle (noyau) + consonne nasale (coda), e.x. /jan/.
- V : voyelle (noyau), e.x. /a/.

- VG : voyelle (noyau) + semi-voyelle (coda), e.x. /aj/ (équivalent à /ai/).
- VN : voyelle (noyau) + consonne nasale (coda), e.x. /an/.

À partir de cette forme canonique, nous pouvons observer quelques contradictions avec notre présentation des composantes ci-dessus, notamment dans la composition de la rime. Premièrement, cette forme canonique a défini deux possibilités pour la coda, exclusives entre elles, c'est-à-dire une semi-voyelle ou une consonne nasale, au lieu d'une seule possibilité pour la coda qui est une consonne nasale. Deuxièmement, une telle définition de la coda est issue du fait que cette forme nie le statut de diphtongue ou de triphtongue d'un timbre vocalique, lorsqu'il présente une variation inter-catégorielle, le considérant comme une séquence de voyelle et de semi-voyelle qui appartiendraient à différentes composantes structurales de la syllabe. Ainsi, au lieu de transcrire les rimes avec des diphtongues ou des triphtongues comme étant leurs noyaux, cette forme les transcrit avec une terminaison semi-vocalique. Nous ne partageons pas le même avis avec Ma sur ce sujet. Nous ne souhaitons pas contester l'existence des diphtongues et des triphtongues en mandarin, puisque dans les données recueillies dans une étude préalable, une rime comme *ai* ou *ou* présente un continuum spectral dans le signal acoustique.

Wang (1963, cité par Howie 1976) a mentionné une autre version de cette forme canonique, illustrée par la figure 2. Wang a employé les termes *initial* et *final* (en anglais, équivalents à « initiale » et à « finale » en français) pour indiquer les deux parties principales de la syllabe. Dans la partie dite *final*, il a distingué encore trois parties : *medial*, *vowel* (qui est le noyau) et *ending* (la coda). Il a marqué, dans la dernière phase avant l'*output*, l'ajout du ton dans la structure syllabique. Par rapport à la version que Ma (1997) a mentionnée, Wang n'a pas défini de semi-voyelle dans cette forme : il les a représentées en tant que voyelle. Toutefois, cette version effectue également une séparation d'unités phonémiques à l'intérieur d'un timbre vocalique lorsqu'il présente une variation inter-catégorielle.

(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 2 : La forme canonique de la structure syllabique du mandarin (Howie 1976 : 19 : Chart 13).

Zhang (2008) a proposé un autre modèle de la structure syllabique du mandarin, fondé sur la théorie *X-plot* de Levin (1985) et de Chomsky (1986). Le modèle est [N^max[N^1[N^1[N]]]], contenant des composantes à trois niveaux : N^1(rime), N^1(prosodie) et N(noyau). Leurs rapports sont illustrés dans la figure 3. D'après Zhang, les semi-voyelles avant le noyau seraient les « spécificateurs » (*specifiers*) au niveau N^1 (rime). Ce modèle partage plus ou moins la même base que le modèle de Wang, présentant pourtant les rapports hiérarchiques entre les composantes à l'intérieur de la rime. De plus, il a précisé la définition de la partie prosodique de la syllabe, c'est-à-dire la partie disponible à la disposition des composantes prosodiques telles que le ton lexical et l'accent.

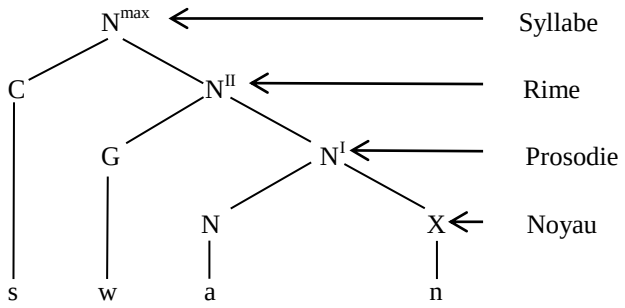


Figure 3 : Le modèle multiple X-plot de la structure syllabique du mandarin (adaptée de Zhang, 2008).

Tableau 5 : Les combinaisons disponibles d'attaque et de rime en mandarin, transcrites en Pinyin.

Attaque -Rime	b	p	m	f	d	t	n	l	g	k	h	j	q	x	zh	ch	sh	r	z	c	s	y / j	w	y / ɥ	ø
a	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■		■	■	■	■	■		■
o	■	■	■	■																			■		
e					■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■			■
i	■	■	■		■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■
u	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■		■		■
ü												■	■	■										■	
ia					■			■				■	■	■											
ua									■	■	■				■		■								
ie	■	■	■		■	■	■	■				■	■	■											
üe							■	■				■	■	■										■	
er																									■
ai	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■				■	■	■		■	■	■		■		■
ei	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						■		■	■			■		■
uai									■	■	■				■	■	■								
ui					■	■			■	■	■				■	■	■	■	■	■	■				
ao	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■			■
iao	■	■	■		■	■	■	■				■	■	■											
uo					■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■				
ou		■	■	■	■	■		■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■			■
iu					■		■	■				■	■	■											
an	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■		■
ian	■	■	■		■	■	■	■				■	■	■											
uan					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
en	■	■	■	■			■		■	■	■				■	■	■	■		■	■		■		■
in	■	■	■				■	■				■	■	■								■			
un					■	■		■	■	■	■					■	■	■	■	■	■				
üan												■	■	■										■	
ang	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■		■
iang							■	■				■	■	■											
uang									■	■	■				■	■	■								
ün												■	■	■										■	
eng	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■	■	■	■				
ing	■	■	■		■	■	■	■				■	■	■								■			
iong												■	■	■											
ong					■	■	■	■	■	■	■				■	■		■	■	■	■			■	

Le tableau 5 illustre les syllabes disponibles les plus fréquentes en mandarin selon la transcription de Pinyin, sur l'axe horizontal les attaques et sur l'axe vertical les rimes. Chaque carreau en noir indique la possibilité de combinaison entre l'attaque de colonne et la rime de rang. Il est possible que des caractères rarement utilisés correspondent à des syllabes qui sont absentes de ce tableau. Ces dernières sont cependant supposées ne pas dépasser le cadre attaque-rime illustré dans ce tableau.

Ce tableau présente 403 combinaisons attaque-rime disponibles en mandarin, y compris 369 syllabes à une structure attaque-rime, 22 syllabes avec le noyau précédé

d'une médiale et 12 syllabes contenant un noyau sans attaque ni médiale précédant. Selon les relevés de Coyaud (1983) qui couvrent 406 possibilités de la composition syllabique du mandarin[7], 165 syllabes peuvent apparaître aux quatre tons, 138 à trois tons, 62 à deux tons, et 41 à un seul ton. Etant donné que ces 403 combinaisons sont les formes sonores de la majorité des caractères chinois (environ 26500 dont 3500 fréquemment utilisés), le nombre d'homophones aurait été aussi énorme qu'inefficace pour l'expression orale. Il ne l'est pas aujourd'hui, notamment grâce à une composante de la syllabe à laquelle nous allons prêter toute notre attention dans le chapitre suivant : le ton lexical.

Dans le système Pinyin, nous observons de temps en temps un symbole de semi-consonne *y* ou *w* inscrit dans le début d'une syllabe. Ce symbole ne correspond, pourtant, à aucun phonème dans la prononciation. Wang (1985) a discuté de ce phénomène dans son œuvre. Le phonème absent auquel renvoie ce symbole est appelé *Yingmu* (影母, attaque masquée). Il existe depuis la dynastie Qin (206 av. J.-C.). Son origine supposée se trouve dans la pharyngalisation [ˤ] qui a disparue. Dans certains dialectes, /a/ /o/ dans une syllabe sans attaque sont précédées d'un [n] ou [ŋ], e. x. 安 /an/ se prononce comme [nan] dans le dialecte du Hebei et comme [ŋan] dans le dialecte de Chengdu). De plus, *Yingmu* trouve également son origine dans [i] et [u] à la tête de la rime qui fond dans le phonème suivant. Tel est le cas des syllabes comme /ɥɛn/, qui est transcrite comme *yuan*. Le symbole *y* du début ne correspond à aucun phonème dans la prononciation de cette syllabe, et *u* renvoie à la semi-consonne /ɥ/. En général, *Yingmu* apparaît devant la rime, transcrit comme *y* ou *w* en Pinyin, et il présente toujours zéro attaque (Ø) dans la syllabe.

1.3. Le système tonal et la prosodie du mandarin

1.3.1. Le système tonal

La majorité des langues chinoises sont connues pour leurs systèmes tonals. Tel est le cas du mandarin. Dans une telle langue, le ton lexical fait partie de la syllabe et participe à la distinction sémantique. Une syllabe du mandarin contient un seul ton lexical si elle est tonale, ou zéro ton lexical si elle est atone.

[7] Le nombre de combinaisons attaque-rime disponibles peut varier selon les présentations des chercheurs, en raison des points de vue différents sur le statut des mots d'origine dialectale et celui des mots rares.

En chinois moyen, il existait une richesse de tons lexicaux. Leur nombre a été considérablement réduit après des siècles d'évolutions linguistiques. Il est admis universellement que le mandarin d'aujourd'hui possède quatre tons lexicaux. Le système Pinyin utilise des signes diacritiques, comme ceux retenus dans les langues alphabétiques, pour marquer les tons. Ces signes se situent au-dessus du symbole du noyau de la syllabe. Le ton 1 est marqué par un macron, e.x. la syllabe /pa/ au premier ton se transcrit en Pinyin comme *bā*. Le ton 2 est marqué par un accent aigu, e.x. /pa/au deuxième ton se transcrit comme *bá*. Le ton 3 est marqué par un caron, e.x. /pa/ au troisième ton se transcrit comme bǎ. Le ton 4 est marqué par un accent grave, e.x. /pa/ au ton 4 se transcrit comme *bà*. Ainsi, lorsque le ton qu'une syllabe porte varie, les référés sémantiques auxquels cette syllabe correspond varient simultanément. Dans l'exemple de la syllabe /pa/ aux quatre tons cités ci-dessus, elle réfère respectivement à (*huit*) lorsqu'elle est ton 1, à (*tirer*) au ton 2, à (*tenir*) au ton 3 et à (*papa*) au ton 4.

Le Pinyin a choisi ces signes diacritiques parce qu'ils représentent les contours mélodiques des tons. Pour une description plus précise de ces tons, Chao (1930) a été le premier, à notre connaissance, à proposer une méthode descriptive du système tonal du mandarin sur une base phonétique. Sa description a servi de référence à la majorité des chercheurs qui s'intéressent aux tons du mandarin[8]. Aussi cette méthode est courante dans de nombreuses études sur d'autres langues asiatiques, ainsi que sur leurs variantes dialectales.

Plus précisément, Chao (1930) a divisé la zone musicale engagée dans la réalisation des tons en cinq partitions, ou bien, en cinq registres. Ils sont numérotés de 1 à 5, de bas en haut.

Selon le contour mélodique, les tonèmes peuvent être décrits comme suit, illustrés dans la figure 4 :

[8] Zhu (2010) a proposé une autre méthode descriptive du ton qui a pour objectif de s'adapter à tous les dialectes chinois. Dans cette méthode, il a divisé tout le cadre musical disponible pour toutes les langues en trois zones, chaque zone contenant quatre registres.

- le ton 1 (T1) présente un contour plat (c'est-à-dire un *zero-glided contour*) ;
- le ton 2 (T2) présente un contour montant ;
- le ton 3 (T3) présente un contour descendant-montant (forme canonique)[9] ;
- le ton 4 (T4) présente un contour descendant.

Selon le/s registre/s parcouru/s, les tonèmes peuvent être décrits comme suit :

- le ton 1 se limite à l'intérieur du registre 5 ;
- le ton 2 débute dans le registre 3 et monte jusqu'au registre 5 ;
- le ton 3 débute dans le registre 2 et descend jusqu'au registre 1 (en parole continue), et puis remonte au registre 4 (dans la citation ou en position prépausale en forme canonique) ;
- le ton 4 débute dans le registre 5 et descend jusqu'au registre 1.

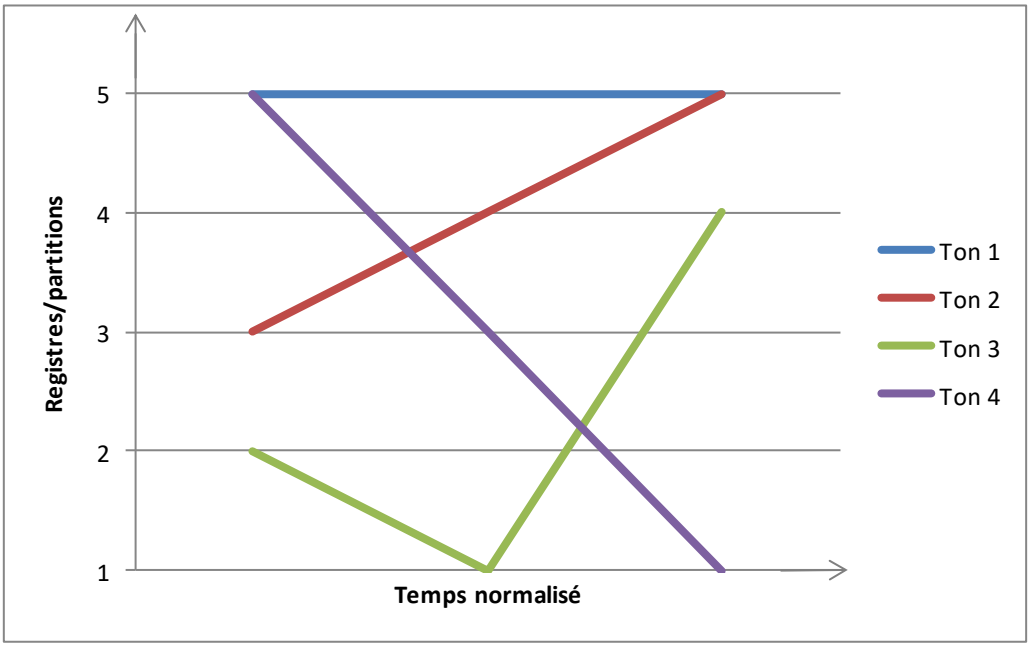


Figure 4 : Les registres et contours mélodiques des tons lexicaux du mandarin selon Chao (1930).

Afin de mieux saisir les propriétés phonologiques du système tonal du mandarin, nous préciserons les notions de registre et de contour mélodique du ton dans le prochain chapitre.

[9] Le contour du ton 3 est descendant-montant en forme canonique, apparue en citation ou en position prépausale. Dans d'autres situations, il devient un contour descendant devant un ton 1, un ton 2 ou un ton 4 (transcrit comme 21). Il devient ton 2 (transcrit comme 35) devant un autre ton 3 (Chao 1968). Nous aborderons ce sujet dans le chapitre prochain.

1.3.2. Accentuation et intonation

En mandarin, il existe des situations où une syllabe ne porte aucun tonème. Une telle syllabe est considérée atone. Dans le système Pinyin, une syllabe atone est transcrite sans signe diacritique tonal.

Certains utilisent le terme de « ton neutre » pour définir la musicalité qui se réalise dans le cadre de ce type de syllabe (pour exemples, voir Barret 2011, Michaud 2003). Cela implique qu'une telle syllabe a les mêmes attributs tonals que d'autres. Cependant nous avons du mal à nous mettre d'accord avec ce terme, pour la simple raison que la distinction entre les syllabes toniques et les syllabes atones est produite de l'accentuation aux niveaux lexicale et syntaxique. Les règles phonologiques qui s'imposent aux syllabes toniques ne peuvent pas s'imposer aux syllabes atones. En mandarin, on trouve à peine, dans le même contexte énonciatif, des paires minimales dont le contraste s'appuie sur un « ton neutre » *versus* un autre ton lexical.

Pour mieux comprendre la distinction entre le ton et l'accentuation du mandarin, nous présenterons ici, de manière brève, le système d'accentuation de cette langue.

L'accentuation dans cette langue se présente par un renforcement de la « force » articulatori-acoustique sur les composantes lexicales ou syntaxiques accentuées[10]. Les recherches phonétiques ont démontré que cette « force » se manifeste physiquement par un parcours tonal plus long qui s'étend dans une zone de la fréquence fondamentale plus grande (Zhao et *al.* 2011, Xu *et al.* 2000). Cet ajustement articulato-acoustique a pour objectif d'attirer l'attention de l'interlocuteur sur la partie accentuée. Au niveau phonologique, les accents du mandarin se divisent en deux catégories selon leur niveau dans la structure prosodique de l'énoncé : l'accent lexical et l'accent énonciatif[11].

L'accent lexical repose sur la syllabe qui correspond au mot-morphème central dans une séquence lexicale. Dans une séquence lexicale composée de plusieurs syllabes, l'accent tombe sur la syllabe-morphème qui a une contribution plus importante à la construction du sens du mot par rapport à d'autres. La syllabe initiale de la séquence ne doit pas être non-accentuée. Si la séquence est bisyllabique, son pattern

[10] Signalons que la notion de « force » est à comprendre ici simplement en termes d'augmentation de l'intensité au niveau acoustique qui proviendrait d'un accroissement de l'énergie pulmonaire. Il convient de pouvoir étayer ces dires à l'aide de données articulatoires, voire de données cinématiques.
[11] Pour comprendre la hiérarchie de l'accentuation, voir Fox (2000).

d'accentuation serait donc accentué-accentué (strong-strong) ou accentué-non-accentué (strong-weak). C'est le cas, par exemple, dans 桌子 /ʈʂwotsɿ/ (*table*), la première syllabe-morphème porte déjà le sens de « table » alors que la deuxième syllabe-morphème correspond à un référé abstrait qui fait partie de la notion nominative. Mais cela est possible à condition qu'il existe une hiérarchie en poids dans la composition sémantique de la séquence lexicale en question. Dans d'autres séquences lexicales telle que 西瓜 /ɕɿkwa/ (pastèque), il n'existe pas une telle hiérarchie en poids sémantique entre les syllabes (西 /ɕɿ/ qui signifie *ouest* et 瓜 /kwa/ qui signifie *fruit*), et donc pas d'accent lexical. Lorsqu'une séquence lexicale possède un accent, d'autres syllabes non-accentuées dans cette séquence ont la possibilité de devenir atone. Par exemple, dans le mot 石头 /ʂʅtʰou/ (*pierre*), 石 /ʂʅ/ porte déjà le sens de pierre et 头 /tʰou/ ne réfère qu'à la notion de forme d'objet. La prononciation de ce dernier est donc souvent atone. Cette suppression du ton trouve sa cause dans les modifications non phonologiques dans la production de la parole, telle que la liaison. Elle est donc optionnelle dans la majorité des cas. D'après Chao (1968), la position de l'accent lexical est figée dans une séquence lexicale. C'est une partie « inhérente » à cette séquence et ne transmet pas d'information supplémentaire, en plus du sens de cette séquence lexicale. Pourtant, Kratochvil (1967, 1974) ne partage pas le même avis avec Chao. Il considère qu'il n'existe pas de pattern d'accentuation stable ou prédictible en mandarin, que tous les patterns d'accentuation perçus sont issus de la tendance de l'alternance entre accentué et non-accentué.

En revanche, un accent énonciatif repose sur la composante grammaticale/lexicale centrale de l'énoncé. Il est déterminé par le focus dans l'énoncé et sa fonction est d'attirer l'attention de l'interlocuteur sur la partie accentuée de l'énoncé. D'ailleurs, dans un énoncé, il peut exister des syllabes atones qui fonctionnent indépendamment au niveau lexical, telles que les mots indicateurs de modalité et les mots indicateurs du temps. Ces mots sont considérés comme ayant uniquement une fonction grammaticale ou syntaxique, renvoyant aux référés « virtuels » qui sont subordonnés à la structure syntaxique. Ils ne peuvent pas porter un accent énonciatif. Ainsi, dans l'énoncé 他出去了。(*Il est sorti.*), il est possible pour le locuteur d'accentuer 他 (*il*) ou 出去 (*sortir*), selon la position du focus. La position de l'accent syntaxique transmet des informations supplémentaires outre le « sens littéral » de l'énoncé. Cependant, un

accent syntaxique ne peut pas tomber sur une syllabe atone, pour la simple raison qu'une syllabe atone correspond souvent à un morphème subordonné sémantiquement à un autre morphème/à d'autres morphèmes, et donc ne peut pas servir à souligner le sens par accentuation.

Acoustiquement, il n'existe pas de contraste en « force » entre un accent lexical et un accent énonciatif : leur différence est supposée exister seulement dans un cadre structurel (Fox 2000). En revanche, nous pouvons conclure que dans un énoncé en mandarin, il est possible d'observer trois états prosodiques de la syllabe : tonal et accentué, tonal et non-accentué, et atone. C'est-à-dire que le ton est essentiel pour indiquer le sens d'une syllabe, à l'exception du fait que son sens devient secondaire ou subordonné dans une hiérarchie sémantique.

Comme dans toutes les langues, le mandarin possède un système intonatif qui permet de distinguer différents types de modalités d'énoncé : interrogation, affirmation, négation, exclamation, impératif, demande, etc. Malgré la variété de structures morphosyntaxiques au sein de l'énoncé qui peut indiquer les différentes modalités de l'énoncé (et ce, souvent en fin de la structure énonciative), c'est souvent l'intonation qui prend cette responsabilité, en tant que composante prosodique de l'énoncé.

L'intonation est une mélodie musicale qui transmet des informations sur le type d'énoncé au niveau suprasegmental. Elle ressemble quelque part à un ton qui se réalise tout au long de la phrase, s'adaptant à la durée de cette dernière. La hauteur de la voix, reposant principalement sur la fréquence fondamentale du signal acoustique, est essentielle dans la production et la perception de l'intonation.

Les langues du monde partagent des types communs de modalités énonciatives entre elles, et très souvent les structures intonatives similaires qui y correspondent (voir Liberman 1975 pour les modalités interrogative et assertive du français et celles de l'anglais, par exemple). Tel est le cas du mandarin. Par exemple, le mandarin utilise une mélodie montante inhérente à l'énoncé pour exprimer l'interrogation et une mélodie descendante pour exprimer une confirmation renforcée. À l'écrit, le mandarin utilise une ponctuation similaire à celles des langues alphabétiques : les symboles de modalités se situent à la fin de la phrase ; par exemple 他出去了 (*Il est sorti*) !

exprime une exclamation ; 他出去了？ exprime une interrogation ; et 他出去了。 exprime une affirmation. Toutefois, il est difficile de donner une liste précise des fonctions de l'intonation et leur forme prosodique puisque nombre d'informations contextuelles se diffusent à travers l'intonation, telles que les émotions, l'existence et le choix du focus, la structure syntaxique, etc. Nous ne tenterons donc pas de leur prêter une grande attention dans cette recherche.

Théoriquement, une mélodie intonative est supposée s'étaler sur tout l'énoncé. Pourtant, nombre de recherches expérimentales ont montré que pour l'intonation, la différence acoustique phonologique apparait souvent à la fin de la phrase, et ce en mandarin (Rumjancev 1972, cité par Jongman *et al.* 2006, Jiang 2010), comme dans nombre d'autres langues (par ex. pour le français, voir Rossi *et al.* 1981, Cutler et Ladd 2011, Bouzidi *et al.* 2015 ; pour l'anglais, voir Liberman 1975 ; pour l'allemand, voir Isacenko et Schädlich 1970)[12]. Toutefois, dans une langue à tons comme le mandarin, la mélodie intonative n'est pas évidente à mesurer puisque la mélodie tonale se présente simultanément dans la couche prosodique du signal acoustique. Nous aborderons le sujet de l'interaction entre le ton lexical et l'intonation dans le prochain chapitre.

Le mandarin est une langue tonale de la famille sino-tibétaine qui est parlé par plus d'un milliard de locuteurs en tant que langue maternelle ou langue seconde. Il est monosyllabique sur le plan morphosémantique. Cette langue compte 22 consonnes, 9 voyelles et 3 semi-consonnes dans son système phonologique. Au niveau prosodique, à part les modalités intonatives, elle distingue quatre catégories tonales qui sont indispensables sur les syllabes toniques pour le traitement lexical.

[12] Selon l'observation de nos données spectrographiques du français et de celles de l'expérience de perception menée par Bouzidi (2015) pour le français, l'allemand et le kabyle, entre différents types d'énoncés, les contours mélodiques se différencient effectivement tout au long de la phrase mais seule la partie prosodique à la fin de la phrase nous paraît phonologiquement significative pour l'auditeur.

2 *Quelques considérations phonologiques autour du ton*

2.1. Définition du ton dans les langues à tons

2.1.1. Les langues tonales : un bref aperçu

Le ton est un terme qui renvoi à un phénomène phonologique qui consiste en la musicalité de l'énoncé, jouant un rôle dans la distinction sémantique. Ce phénomène apparaît dans plus que 70% des langues du monde (Yip 2002), notamment dans des langues asiatiques, africaines et américaines. Les langues dans lesquelles le ton participe au processus codage-décodage au niveau sémantique sont appelées les « langues tonales » ou les « langues à tons ». Dans ces langues, il est souvent possible d'identifier différentes sortes d'unités mélodiques qui ont le même statut phonologique, mais dont la substitution provoque un changement de sens. Ces unités mélodiques s'appellent « tons », ou « tonèmes » selon les préférences du chercheur.

Bien que l'existence du ton soit à la frontière entre les langues tonales et non-tonales, il est pourtant loin d'être évident de séparer ces deux catégories de manière claire et nette. Les langues du monde présentent un continuum allant des « langues complètement tonales », c'est-à-dire celles dans lesquelles le ton est quasiment indispensable pour le lexique, aux « langues complètement non-tonales », dans lesquelles la musicalité ne participe pas à la distinction sémantique dans le cadre lexical. Entre les deux extrêmes, il existe de nombreuses langues, telles que le japonais et le suédois, dont les tons ne concernent qu'une partie du lexique, se présentant d'ailleurs sous forme d' « accents toniques ». Il est difficile de catégoriser ces langues comme langues tonales ou non-tonales.

Depuis environ un siècle, un intérêt particulier a été porté sur le phénomène tonal. Beach, l'un des premiers chercheurs dans le domaine de la tonologie, a défini le ton comme un phénomène dans lequel le pitch[13] de l'énoncé participe au codage-décodage sémantique, lors de son intervention à l'*University College* de Londres en

[13] La notion du « pitch » est différente de celle de « la fréquence fondamentale » ou « F0 ». Cette première renvoie à la hauteur de la voix qui a une valeur phonologique alors que cette dernière renvoie à un substrat physique. "*Pitch, ..., refers to a much more superficial analysis of an utterance. It is only a bit more linguistically abstract than the instrumentally-observable fundamental frequency. Unlike pitch, however, the fundamental frequency itself is affected by such factors as consonantal characteristics…,vocal chord sluggishness, and so on.*" (Goldsmith 1990 : 103)

1921. Selon lui, les variations tonales du pitch peuvent être généralisées en « familles tonales », c'est-à-dire en patterns qui correspondent aux différentes valeurs tonales. Toutefois, suivant le concept que le pitch d'une langue tonale doit être significatif, il considérait toutes les langues comme tonales (Beach 1924). À la même période, James et Bargery (1923, cité par Pike 1948) ont proposé de limiter la définition de « langues tonales » à celle des langues tonales du type monosyllabique, en les séparant des langues tonales bisyllabiques ou trisyllabiques.

Pike (1948) a limité le cadre des langues tonales aux langues dans lesquelles le pitch est significatif au niveau lexical, contrastif et relatif. Cette définition se rapproche énormément de celle des langues tonales telles qu'elles sont définies dans des recherches d'aujourd'hui. Il a suggéré de faire une distinction entre le ton lexical et l'intonation, dans la définition des langues tonales (Pike 1948 : 3). Dans son œuvre, une plus grande part d'attention a été portée sur le ton lexical. Il a toutefois mentionné les phénomènes du pitch significatif dans les langues non-tonales, en les catégorisant en deux types de systèmes :

- Les systèmes du pitch lexical (*word-pitch systems)*, qui mènent à la notion de l'accent et du ton d'aujourd'hui.
- Les systèmes du pitch énonciatif (*phrase-pitch systems)*, qui mènent à la notion de l'intonation.

Ces phénomènes apparaissent aussi bien dans les langues non-tonales que dans les langues tonales. Pike (1948) a brièvement mentionné que dans certaines langues tonales, telle que le cherokee[14], il existait des combinaisons d'accent-ton lexical (ou bien, « l'accent tonique ») et la cohabitation d'intonation-ton lexical, puisque l'intonation apparaît dans toutes les langues du monde.

Selon Welmers (1959), dans une langue tonale, le pitch tonal doit faire partie au moins de certains morphèmes, et il insistait sur la nature morphologique du ton. Le ton, d'après lui, n'est pas subordonné aux syllabes. Il a indiqué comme argument que tous les morphèmes n'ont pas besoin de porter un ton : ils peuvent être atones, et ce ne

[14] Le cherokee est une langue amérindienne de la famille des langues iroquoiennes. Il est pratiqué dans les états d'Oklahoma et de Caroline du Nord aux Etats-Unis. Cette langue présente 6 patterns de pitch et dispose de tons et d'accents au niveau syllabique. Ces patterns sont employés pour exprimer le contraste lexical, pour distinguer des syllabes toniques ou atones, et aussi pour des raisons grammaticales (Uchihara 2009, 2016).

sont pas tous les morphèmes qui ont besoin d'un TBU (*Tone Bearing Unit, cf.* Section 2.2.).

Malgré ces précisions, certains chercheurs considèrent qu'il existe un autre critère de catégorisation de systèmes pitch-sens. McCawley (1964) et Wang (1967) affirment que la frontière entre les langues tonales existe plutôt dans la forme abstraite des règles phonologiques que les différents systèmes pitch-sens respectent. Selon McCawley (1964), le japonais, malgré l'existence de l'« accent tonique » dans cette langue, est plus proche des langues non-tonales du point de vue phonologique. Quant à Wang (1967), il considère que les tons dans les langues tonales doivent être prioritairement lexicaux, non corrélés à la syntaxe ni à la morphologie. Malgré cette définition, il a également mentionné des exceptions, comme dans l'exemple du vietnamien, le ton aspiré descendant-montant est parfois utilisé anaphoriquement pour renvoyer à des noms ou à des expressions nominales importantes.

Ultérieurement, deux catégories ont été reconnues par Yip (2002) parmi les langues qui possèdent un système pitch-sens au niveau lexical : langues à accents (*stress languages*) et langues à tons (*tone languages*). Elle a pris l'anglais comme exemple, puisqu'il s'agit d'une langue à accents, non-tonale, mais qui possède des exceptions dans l'accentuation. Elle considère aussi que le changement de position d'accent en anglais n'est pas une sorte de variation tonale, parce que l'identification d'une syllabe accentuée n'est pas souvent nécessaire et que la position de la syllabe accentuée est déterminée par l'algorithme rythmique et influencée par d'autres facteurs, telles que la quantité syllabique et la structure morphologique[15]. Son point de vue rejoint celui de McCawley (1964) et de Wang (1967) sur le rôle que jouent les règles phonologiques dans la définition du ton.

Yip (2002) a mentionné d'ailleurs qu'un continuum existe entre les langues à accents et les langues à tons. Entre les deux pôles existent des langues qui possèdent des contraintes mélodiques imposées au niveau lexical, difficile à identifier comme des traits distinctifs tonals ou comme des traits distinctifs d'accentuation. Par exemple, en japonais, *hashi* signifie *pont* 橋 lorsqu'il est prononcé avec une mélodie montante, accentué sur la deuxième more, et signifie *baguettes* 箸 (utilisées pour manger)

[15] *cf.* Yip (2002) sur ce type d'accent et Fox (2000) concernant les accents du niveau 1.

lorsqu'il est prononcé avec une mélodie descendante, accentué sur la première more [16]. Il est souvent difficile de définir une telle différence prosodique comme « ton » ou « accent ». De tels phénomènes rendent floue la frontière entre les langues à accents et les langues à tons. Toutefois, une étude de Eady (1982), qui compare les patterns de F0 du mandarin et ceux de l'anglais américain, constate que le mandarin, en tant que langue à tons, présente plus de mouvements dynamiques en F0 (tels que le pic et la vallée) dans le cadre lexical que l'anglais américain qui est une langue à accents.

Malgré cette complexité dans la catégorisation des langues selon le type de leur système pitch-sens, aujourd'hui lorsqu'on mentionne la notion de langues tonales sans précisions sur leur système tonal, on se réfère aux langues dans lesquelles une indication du pitch participe à la réalisation lexicale d'un certain nombre de morphèmes (Hyman 2001, 2006). Notre recherche se réalisera également dans un tel cadre de définition du ton.

2.1.2. Définition et catégorisation du ton lexical

Pour éviter de confondre la notion du ton avec celle qui évoque un type de modalité (qui est aussi appelé « ton » dans certaines recherches prosodiques), nous emploierons dans cette étude le terme de « ton lexical » qui correspond au phénomène que nous étudions.

Dans les recherches citées *supra* dans la section 2.1.1., on voit *grosso modo* la trajectoire principale que la définition du ton a suivie au cours des années.

En général, un ton lexical s'identifie par un pitch significatif au niveau lexical et varie selon un certain pattern. Autrement dit, la conservation et la diffusion d'informations sémantiques s'effectuent à travers la valeur tonale du pattern du pitch lexical. Welmers (1959) a attribué au pitch tonal le statut de « phonème » et considère que le « *pitch phoneme* » et les phonèmes segmentaux entrent simultanément dans la composition du morphème. Cette définition a été légèrement modifiée par Hyman (2001, 2006) qui souligne que la réalisation du ton sur un morphème respecte, avant tout, des règles phonologiques lexicales. Autrement dit, quel que soit le cadre où se réalise le ton, segmental ou syllabique, le ton n'est pas subordonné à ce cadre mais à la composition lexicale.

[16] Cet exemple a été cité par Zhu (2010).

Dans l'évolution de la définition du ton, le progrès qui a eu lieu est très important pour notre recherche. Dans de nombreuses recherches, le pitch a été considéré naturellement comme l'indicateur principal et unique du ton lexical. Dans les recherches qui tentent de séparer les phénomènes tonals des autres phénomènes prosodiques, il nous semble que le ton est compris comme étant monodimensionnel, et qu'il se distingue des autres composantes prosodiques de l'énoncé sur ce point. Hyman (2001, 2006, 2007) a souligné ainsi, dans sa définition des langues tonales, que le ton se réalise non seulement par le pitch mais aussi par « une indication du pitch ». Cette définition permet d'inclure davantage d'aspects acoustiques dans la caractérisation des patterns tonals. Elle s'adapte à la variabilité de la parole qu'on trouve au niveau phonétique, allant ainsi dans le sens de nos intuitions de présence d'une stabilité relative qui serait corrélée à la valeur tonale, et cela pour tous les paramètres que nous étudierons.

En ce qui concerne le rapport entre le pitch et le sens lexical évoqué *supra* dans les langues, ce rapport s'appuie sur différents aspects du pitch. Pike (1948) a séparé deux types de base de systèmes tonals selon la dimension du pitch appuyée :

- Le système de registre du pitch (*level-pitch register system).*
- Le système de contour du pitch (*gliding-pitch contour system).*

Les systèmes tonals plus complexes peuvent être considérés et analysés en tant que combinaisons de ces deux types de base.

Système de registre du pitch (Level-pitch register system)

La fonction phonologique d'un système de registre du pitch repose sur la hauteur relative du pitch que le pattern tonal présente. Dans une langue tonale qui possède un tel système, on divise l'étendue musicale de la voix que l'individu met à la disposition tonale en un certain nombre de registres. Ces registres sont en contrastes phonologiques entre eux. Ainsi, un mot prononcé avec une voix dans un registre se différencie d'un mot prononcé avec une voix dans un autre registre. Le nombre de registres en contraste varie d'une langue à l'autre. Chez la plupart des systèmes de registre et des systèmes dont la base contient des traits à registre, le nombre de registres se situe entre deux et quatre, puisqu'au-dessus de quatre registres il sera difficile de créer des contrastes significatifs perceptibles. Par exemple, les langues

apaches[17] (Hoijer 1938) disposent de deux registres en contraste dans leurs systèmes tonals, le mixteco[18] (Pike 1945b) et le sechuana[19] (Jones 1927) ont des systèmes à trois registres alors que le mazateco[20] (Pike 1948) et le jabo[21] (Sapir 1931) ont des systèmes à quatre registres. Ward (1939) et Yip (2002) ont tous constaté que le nombre de registres dans une langue tonale permet à peine de créer des contrastes s'ils sont au-dessus de quatre. Ainsi, dans un système de registres, un ton se distingue des autres principalement par son registre. Le ton n'a pas nécessairement un contour plat mais la trajectoire du pitch ne dépasse pas les frontières du registre où il réside, ce qui fait qu'il n'a pas de poids phonologique.

Bien entendu, chaque individu a différentes contraintes articulatoires et auditives. Il n'existe donc pas de valeur absolue, ni d'étendue figée pour les registres dans une langue tonale. Les contrastes entre eux se réalisent en décalage de pitch entre les unités lexicales. En production, ainsi qu'en perception de la parole, ces contrastes s'adaptent au contexte et à l'environnement, et peuvent se réaliser avec une certaine élasticité, notamment lorsque le locuteur change la hauteur de la voix, ou lorsqu'il s'agit de variantes individuelles.

Dans les recherches sur les langues tonales africaines, les tons à registres sont aussi appelés « les tons fixes » ou « les tons ponctuels » (Boyeldieu 1998, Creissels 2013). Différents des tons à registres dans les langues asiatiques qui sont souvent associés aux contraintes syllabiques, les tons fixes ou ponctuels dans les langues africaines sont plutôt indépendants des segments auxquels ils sont associés.

Système de contour du pitch (Gliding-pitch contour system)

Très différent du type précédent de systèmes tonals, la fonction phonologique de ce deuxième type s'appuie sur le contour mélodique du ton. C'est toute l'évolution du pitch au fil du temps dans la réalisation du ton qui transmet des informations lexicales ou grammaticales. Sapir (1938, cité par Pike 1948) a exprimé son point de vue sur la

[17] Les langues apaches sont une sous-famille des langues athapascanes. Elles sont parlées dans la partie sud-ouest de l'Amérique du Nord.
[18] Le mixteco représente un ensemble de langues de la famille des langues otomangues. Il est parlé au Mexique.
[19] Le sechuana, ou bien, le tswana, est une langue bantu parlée au Botswana.
[20] Le mazateco représente en fait un ensemble de langues qui ont des liens étroites, pratiquées au Mexique.
[21] Le jabo est une langue kru qui est parlé au Libéria et au Sierra-Leone.

nature des tons à contour. Selon lui, le contour n'est pas celui de la trajectoire du mouvement de la hauteur de la voix d'un point à l'autre, mais plutôt la direction de ce mouvement, et la réalisation d'un ton à contour ne consiste pas à récupérer la hauteur du pitch à des points de repères temporels : c'est la direction évolutive du pitch qui donne une « sensation » auditive concernant la valeur tonale. De ce fait, il soutient la reconnaissance de purs systèmes tonals à contour qui sont indépendants des registres.

Pike en a ressorti à quelques différences entre les systèmes de registres et les systèmes de contours :

"1) The basic tonemic unit is gliding instead of level.

2) The unitary contour glides cannot be interrupted by morpheme boundaries as can the nonphonemic compounded types of a register system.

3) The beginning and ending points of the glides of a contour system cannot be equated with level tonemes in the same system, whereas all glides of a register system are to be interpreted phonemically in terms of their end points.

4) In the printed material examined, contour systems had only one toneme per syllable, whereas some of the register-tone languages, like the Mazateco, may have two or more tonemes per syllable. In a pure contour system, then, the glides are phonologically unitary, morphologically simple, and not structurally related to a system of level tonemes ; the glides are minimum structural units of length in words and syllables." (Pike 1948 : 8)

Dans ce paragraphe, Il a précisé que dans un système tonal de contour, la valeur tonale existe dans le mouvement du pitch. Un tonème du type contour se réalise en un seul contour du pitch insécable. Dans un système tonal qui mélange les deux types de bases, le début et la fin de ce contour ne sont pas équivalents phonologiquement des registres tonals. De plus, pour une langue tonale purement du type contour, le contour tonal est également l'unité minimale temporelle dans la construction des mots et des syllabes, et ne peut pas être perturbé par les frontières morphonologiques. Un système tonal de contour présente un seul tonème par syllabe, différent des systèmes registre-contour qui peuvent en présenter deux ou plus.

Les types de contours mélodiques les plus souvent observés dans ce type de systèmes tonals sont le contour montant et le contour descendant. Toutefois la majorité des

systèmes contiennent plus que deux types de contours. Souvent, on peut observer un contour tonal plus complexe, par exemple, un contour montant-descendant ou descendant-montant, et parfois un contour *zero-glided* (contour plat). De plus, dans la littérature sur la tonologie se trouvent des tons qui présentent le même contour mélodique, mais la différence réside dans la vitesse et le timing de variation du pitch. Ce type de phénomènes implique que la durée du segment sonore portant le ton soit aussi concernée par la distinction tonale. Par exemple, Wang (1985) a décrit, dans les anciennes langues chinoises, les tons « entrants » longs et courts qui se chevauchent respectivement sur des voyelles longues et brèves, et donc se distinguent par leurs durées.

Dans les recherches sur les langues africaines, les tons qui présentent une variation du pitch sont appelés les *tons modulés*. Comparés aux tons mélodiques des langues asiatiques, dans lesquels l'orientation mélodique est prise en compte en tant que trait tonal, les tons modulés sont plus rares, plutôt une conséquence du phénomène de coalescence (Boyeldieu 1998, Liu 2008, Creissels 2013).

Systèmes registre-contour (*Registre-contour systems*)

Entre les deux types de systèmes tonals présentés ci-dessus, malgré leur différente manière de fonctionner, l'existence de l'un n'exclut pas celle de l'autre. En fait, dans de nombreuse langues tonales, les deux types de traits tonals cohabitent, et les valeurs tonales s'attachent au contour mélodique du pitch autant qu'au registre/aux registres que ce contour couvre. C'est-à-dire qu'un tel ton présente une variation significative du pitch qui se limite à un certain registre, ou traverse par nécessité plusieurs registres. Différent d'un pur ton à contour dont seule la direction évolutive du pitch importe, les valeurs du pitch au début et à la fin d'un ton du type combinatoire sont aussi à prendre en compte, si l'on qualifie le contraste en registres que ce ton présente. Dans un tel système, il est possible d'avoir un inventaire de tons plus riche, puisque le contraste entre les tons peut se créer sur une double dimension.

Le mandarin possède un tel système tonal. Toutefois, dans ce type de système tonal, la structure géométrique des traits, à l'intérieur du ton est plus complexe que celle

apparaissant dans un système tonal monodimensionnel[22]. Nous y reviendrons dans la prochaine section.

2.2. La structure autosegmentale du ton, les traits tonals et le sandhi tonal

La description du ton lexical est un sujet très controversé. Son évolution date du début du développement phonologique, avec un parcours allant de la définition du statut autosegmental du ton à la représentation en trait-géométrique, jusqu'aujourd'hui où l'on cherche des marques phonétiques des traits tonals. Les études existantes tentent de trouver une théorie convaincante qui s'adapterait à tous les aspects tonals, et ce, à travers des études sur les propriétés et les efficacités des tons dans différents contextes linguistiques.

2.2.1. Statut autosegmental des traits tonals

Dans la section précédente, nous avons présenté la catégorisation des tons en fonction du pitch tonal de Pike (1948). À cet axe d'analyse, le ton lexical est décomposé en deux types de traits tonals, soit le registre soit le contour. Dans une langue à tons à un système de registres, le trait tonal, ou bien le contraste entre les tons qui a une valeur phonologique, correspond à une étendue du pitch tonal (avec la hauteur relative du pitch et l'étendue du registre prises en compte). Dans une langue à tons à un système de contours, le trait tonal existe en pattern du contour mélodique (avec la direction de la variation du pitch, le timing de variation et le contraste en pitch aux différents points temporels, pris en compte) que le ton présente.

Au sujet de la symbolisation des traits tonals, les études existantes ont proposé différents plans. Les traits tonals du type registre ont été représentés précédemment avec une numérotation des registres cibles (*cf.* Section 1.3. Figure 4). Les tons en question sont transcrits en séquences de chiffres qui correspondent aux registres, où sont hébergées les cibles tonales. Par exemple, les tons qui se présentent dans le chaoyang, un dialecte Min en Chine, sont transcrits comme 55, 313, 53, 11, etc. (Zhang 1979, 1981, 1982). Une telle transcription s'appuie plus ou moins sur une base de phonologie générative et de phonétique, avec la hauteur de la voix aux différents

[22] Un système tonal monodimensionnel réfère ici à un système dont les traits tonals sont du même type (*level-pitch* ou *gliding-pitch*).

points temporels pris en compte[23], comme ce que Pike avait constaté en 1948. Jusqu'aujourd'hui, cette méthode descriptive est toujours d'actualité dans certaines recherches sur des langues à tons ; elle est parfois combinée avec d'autres perspectives descriptives et analytiques afin d'optimiser la représentation des divers aspects tonals.

Dans une majorité des recherches, surtout dans celles qui sont relativement récentes, les traits tonals du type registre sont représentés par les contrastes entre les registres cibles, décrits par [H/L] (*High/Low*, soit Haut/Bas en français). Dans l'analyse d'un système tonal qui distingue plus que deux registres, les traits binaires sont souvent employés pour distinguer ces registres, e.x. [+/- H] et [+/- L] (Goldsmith 1976, Yip 1980), ou en ajoutant un registre médium [M] s'il s'agira d'un système tonal qui distingue un nombre impair de registres tonals (Goldsmith 1976, Yip 2001, Bao 1990, Chen 2000). Par rapport à la méthode des cinq partitions, cette perspective de description met davantage en valeur le contraste entre les registres et la relativité dans le rapport entre le pitch tonal et sa valeur phonologique.

Par rapport aux tons à registres, la description des tons à contour est de nature plus complexe. Lorsque les traits tonals à contour sont considérés comme des unités inséparables, ils sont décrits comme *[fall/rise/even]*, selon la direction du mouvement du pitch tonal que le trait présente (Wang 1967). Ces traits peuvent également être binaires dans la description des tons, par ex. [+/- fall].

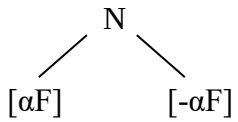
Toutefois, les controverses existent sur la nature du contour. Plus précisément, certains chercheurs supposent que le segment du contour (c'est-à-dire l'unité structurelle minimale qui contient un trait à contour) existe au niveau prosodique. Cette hypothèse apparaît pour les traits tonals, ainsi que pour d'autres traits acoustiques du type contour, par exemple affrication ([+/-cont]) et postnasalisation ([+/-nas]) (Duanmu 1994).

Afin de comprendre l'origine de cette hypothèse, parlons avant tout du statut autosegmental des traits tonals.

[23] Ici, le premier chiffre correspond au registre du pitch au début de la réalisation du ton et le dernier chiffre à celui à la fin du ton. Le chiffre du milieu qui existe éventuellement correspond au registre du pitch du milieu du ton.

Goldsmith (1976) a constaté que les traits tonals, comme les autres traits phonologiques, ont un statut autosegmental. “ *Tone is a characteristic of segments determined by a small set of features (minimally two, but probably larger). These tonal features may (or may not) be autosegmentalized*. ” (Goldsmith 1976 : 103) Le ton, d’après lui, serait lié à la position qui est elle-même serait liée au segment. Plus tard, il a proposé des règles qui s'appliquent à l’analyse autosegmentale des tons comme suit : *a*) toute voyelle est liée à au moins une unité tonale ; *b*) les lignes d'association entre les tons et les phonèmes ne doivent pas se croiser dans la transcription ; *c*) les associations privilégient les extrémités (Goldsmith 1990).

La géométrie des traits de Sagey (1986) a proposé un pattern qui s'adapte à la description de tout type de trait à contour (tonal ou non-tonal) comme suit :



Dans ce pattern, N (*Node*) se réfère à un nœud[24] ou à un événement articulatoire ; α représente une certaine valeur du trait (par ex. + ou -) et – α représente la valeur contraire ; F représente le trait en question. On voit à partir de ce pattern qu’un contour tonal, qui se réalise comme un événement de variation du pitch, peut être divisé en deux parties qui présentent le même trait, ayant pourtant des valeurs différentes.

Les patterns mentionnés ci-dessus révèlent le statut autosegmental des traits dans les tons lexicaux monodimensionnels (c’est-à-dire les tons qui consistent uniquement en traits à contour ou en traits à registre). Cependant, ils connaissent leurs limites dans l’analyse d’une langue à tons qui combine les contrastes en registre et ceux en contour. Dans une telle langue, les deux types de traits coexistent, d’après les études sur ce type de langues, dans un ordre structurel interne. Plus précisément, il est considéré que le ton lexical possède de multiples couches de traits qui se superposent les unes sur les autres ; à titre d’exemple, le registre et le contour seraient considérés comme deux couches.

[24] Un nœud est un morphème radical qui sert de base à l’addition morphologique.

2.2.2. Structure géométrique du ton lexical du mandarin

Dans les études sur les tons du mandarin, la modélisation de la structure géométrique tonale est une problématique majeure. Les points les plus controversés dans la structure géométrique sont : *a*) le cadre de *Tone Bearing Unit* (TBU), *b*) le trait tonal primitif et *c*) les rapports entre les traits tonals.

Le terme « *Tone Bearing Unit* (TBU) » a été proposé et employé pour définir l'unité minimale qui est capable de porter des traits tonals. Il est souvent supposé avoir un cadre temporel intrinsèque, et varierait d'une langue à une autre.

Au début du développement de la tonologie, le ton lexical a été très souvent considéré comme respectant naturellement les frontières syllabiques ou phonémiques, ainsi que les traits tonals que ce ton contient. Ce postulat a été contredit plus tard par les données obtenues pour différentes langues à tons du monde. Par exemple, Goldsmith (1976) a montré qu'en igbo, un marqueur de proposition subordonnée se présente uniquement par un ton haut (*H tone*). C'est un morphème sans phonème, mais avec un tonème. Un tel ton non-associé à un segment est appelé « ton flottant ». Yip (1980) a cité un autre exemple de tels types de morphèmes dans la langue birmane, à partir des données de Bernot (1979) : à certaines positions dans l'énoncé, le premier ton du birman apparaît en tant que marqueur de modification nominale, capable de s'imposer à tout morphème possible. Ainsi, le TBU, en tant qu'unité suprasegmentale, est supposé varier d'un système tonal à l'autre.

Selon l'unité répétitive du rythme de la parole, les langues sont classifiées par les linguistes en trois catégories : les langues accentuelles (*stress-timed*), les langues syllabiques (*syllable-timed*) (Abercrombie 1967, Pike 1945a) et les langues moraïques (*mora*[25]*-timed*) (Ladefoged 1975, McCawley 1968, Newman 1972). Les langues à tons de différentes catégories connaissent éventuellement des caractères autosegmentaux différents de leurs tons. C'est-à-dire que le TBU peut être soit syllabique, soit moraïque, soit associé à une portion temporelle du rythme ou à une pulsion d'accent (*stress)*.

[25] *Mora* ou la more est un terme phonologique qui définit une unité de poids dans la syllabe (McCawley 1968, Newman 1972, Hyman, 2003, McCarthy et Prince 1986, Hayes 1989). Elle se réalise physiquement comme une unité de stress ou une unité temporelle dans certaines langues (plus souvent, elle est considérée opérationnelle dans la dimension temporelle). La more se transcrit μ dans le domaine phonologique.

Le mandarin, en tant que langue à base de morphèmes monosyllabiques, a été souvent considéré comme ayant un TBU syllabique. Pourtant, avec le développement de la géométrie de traits (*feature geometry*) et davantage d'application de la phonétique dans le champ phonologique, il a été démontré que le TBU correspond à un nœud. Toutes les structures syllabiques se déduiraient d'un modèle comme suit :

Dans ce schéma, σ signifie la syllabe, O représente l'*onset* (l'attaque) et R représente la rime qui contient le noyau et la coda. Chaque X représente un phonème qui consiste en plusieurs événements articulatoires, ou bien, en plusieurs nœuds, parmi lesquels le ton qui serait en corrélation seulement avec l'événement au niveau laryngien. Le TBU du mandarin est ainsi supposé être plutôt moraïque (Duanmu 1990). D'après Ye (2007), chaque syllabe en mandarin contient 2 mores.

Rappelons qu'il existe d'autres modèles de la structure syllabique du mandarin qui ont défini un niveau/une couche disponible aux composantes prosodiques dans la structure syllabique, tel que celui de Zhang (2008) mentionnée *supra* (*cf.* Section 1.2.). Wang et Chang (2001) ont également évoqué ce niveau structural de la syllabe dans leur étude, tout en considérant la semi-voyelle pré-nucléaire comme étant une composante de ce niveau. La notion de ce niveau structural, au nom de *prosodie* (音韵), ressemble, par certain aspect, à celle du TBU. Autrement dit, l'emploi de cette notion amène à la conclusion qu'il existerait un seul TBU dans une syllabe du mandarin.

En revanche, Hyman (2007) a posé que le ton serait indépendant du TBU, à l'observation d'une non-synchronisation entre le nombre de TBU et le nombre de cibles tonals que contiennent les patterns tonales. Parfois, lorsque le TBU est supprimé, le ton devient « flottant » et s'adresse à un autre TBU. Pour lui, le ton est une sorte de *gestalt*, lié au TBU mais ne se limite pas nécessairement au cadre du TBU.

Ces discussions nous amènent ainsi à un autre point de controverse : quel est (quels sont) le(s) trait(s) primitif(s) qui se comporte(nt) comme une unité insécable à l'intérieur d'une structure tonale, ainsi qu'entre différentes structures tonales ?

Comme nous l'avons mentionné ci-dessus dans cette section, la nature du contour tonal est controversée. Un contour tonal ressemble davantage à une séquence de deux (ou plus) parties consécutives qui se réalisent toutes à travers le pitch mais ayant des valeurs différentes. C'est-à-dire qu'un contour tonal peut être divisé en un nombre de traits tonals à registre (*tone cluster*) dans un ordre consécutif (Goldsmith 1976, Anderson 1978, Hyman 2007). Leben (1973, 1978) a illustré qu'en mende (parlé au Sierra Leone), une langue qui présente des mélodies tonales, un contour tonal peut s'héberger soit dans un seul nœud, soit dans plusieurs nœuds consécutifs en distribuant une partie du contour à chaque nœud. De plus, il a retenu le principe du contour obligatoire (OCP, soit *Obligatory Contour Principle*) à partir d'analyses des tons (Leben 1973). Ce principe interdit l'adjacence de deux éléments identiques sur le même niveau autosegmental. Il a donné l'exemple du pattern tonal H-L sur le mot [kenya] (*oncle*) et du pattern H-HL sur le mot [ngɔngɔ] (*dent*) en mende, afin d'illustrer l'interdiction d'une forme de surface H-H par l'OCP.

Goldsmith (1976) considère que les traits à registre H et L ont chacun son cadre tonal, et que le contour tonal n'est que la conséquence de la situation où les deux traits s'attachent au même TBU. Effectivement, dans des langues à tons, apparaît souvent un sandhi tonal qui semble davantage la conséquence d'un déplacement des traits à registre d'un TBU à un autre. Il y a en effet un principe de non-existence de trait à contour (NCP, soit *No Contour Principle*). Autrement-dit, le « contour tonal » n'existerait pas : il s'agirait en fait de deux parties consécutives du trait à l'intérieur du même nœud. Ainsi dans son ouvrage, Goldsmith (1976) a dû abandonner l'OCP qui fait partie de la théorie suprasegmentale révisée de Leben. Il argumente qu'au niveau mélodique de la grammaire, deux tonèmes adjacents se distingueraient obligatoirement l'un de l'autre, et qu'ainsi l'OCP ne s'adapterait qu'à l'acquisition grammaticale simple mais connaît ses limites dans l'analyse des formes de surface.

Toutefois, il est toujours problématique de déterminer si c'est le mouvement lui-même qui crée un contraste phonologique, ou si ce sont les points de départ et d'arrivée du pitch qui créent un sens. Pour Wang (1967), les tons du mandarin se

caractériseraient non seulement par leurs registres mais également par leur aspect dynamique. Le contraste au niveau du contour serait ainsi pour lui un type de traits tonals, décrit comme [fall/rise/even] alors que Woo (1969), qui essaie d'établir un lien entre la durée syllabique et l'aspect dynamique du ton, a suggéré que l'aspect dynamique du ton serait la conséquence d'un enchaînement des unités tonales qui se diffèrent au niveau du registre. D'après lui, chaque unité tonale serait attachée à un seul TBU. Par exemple, il traite une voyelle (V), qui porte un ton dynamique (c'est-à-dire un ton montant ou descendant), comme un cluster géminé (VV). Ainsi, il argumente qu'un ton qui a un contour ne peut apparaître que sur des syllabes longues (CVV ou CVS, où S se réfère à un sonorant en coda).

Yip (1989, 2001, 2002) insiste sur le statut du contour en tant que trait tonal insécable, avec ses arguments largement fondés sur des faits phonétiques. Pour elle, un ton à contour consiste en un nombre de cibles (*targets*) ainsi qu'un mouvement d'éloignement de ces cibles[26]. Elle a mis en comparaison les formes des contours du pitch réalisées dans des dialectes chinois, et a trouvé qu'elles diffèrent selon le nombre et la position de la cible dans la structure tonale (Yip 2001). Plus précisément, on distingue les tons dont la cible est en position initiale (*initial-target*) de ceux ayant deux cibles (*two-targets*), ceux dont la cible est en position finale (*final-target*) et ceux qui sont à contours sans cible précise (*no-target*). Entre différents types de contours tonals, elle a observé des différences en forme de surface. Ainsi, elle a abouti à deux possibilités de pattern du trait à contour comme suit :

c qui représente le trait à contour, *slack* l'activité rythmique des plis vocaux, et α β différentes valeurs du trait (Yip 1989). Une cible tonale ou un contour tonal plat peut donc être un contour qui contient un seul *slack* ou un contour qui contient deux *slacks* ayant la même valeur.

[26] D'après la notion de "*targets*" dans l'étude du japonais de Pierrehumbert et Beckman (1988).

Revenons à la structure tonale du mandarin. Par exemple, la figure 5 illustre cinq patterns de structuration du ton 4 qui a un registre haut et un contour descendant, avec différents TBU définis, cité par Zhang (2014).

Dans cette figure : (a) illustre la représentation de ce ton en tant qu'unité inséparable, le trait tonal décrit comme [+fall] (Wang 1967) et le TBU est monosyllabique ; (b) illustre une représentation du ton en distinguant les deux niveaux des traits tonals (c'est-à-dire le registre et le contour mélodique) qui sont indépendants l'un de l'autre (Yip 1980), avec un TBU monosyllabique ; (c) illustre une représentation du ton similaire à celle de (b) sauf que dans (c) le niveau du registre est considéré comme ayant une dominance sur le contour mélodique (Yip 1995) ; (d) montre un rapport coopératif entre les deux couches de traits tonals, avec la rime en tant que TBU (Bao 1990, 1999) ; (e) illustre une représentation du ton avec un TBU moraïque. À l'intérieur de chaque TBU on reconnaît toujours deux niveaux de traits tonals (Duanmu 1990).

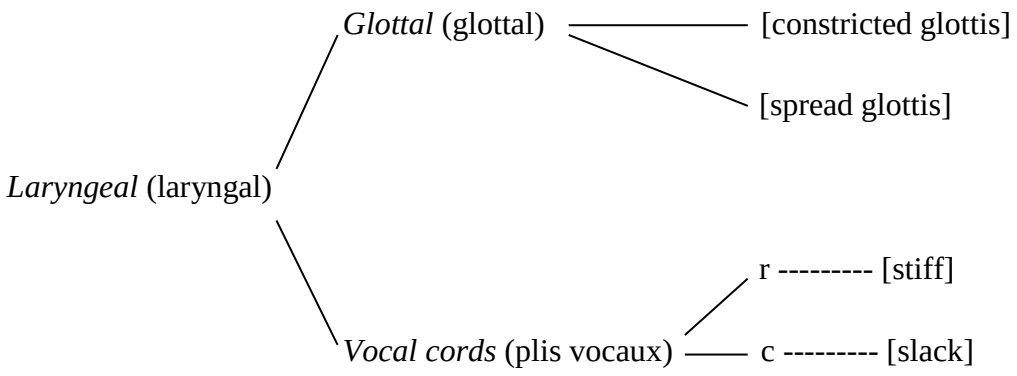
(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 5 : La représentation d'un ton haut et descendant avec différents TBU définis selon les théories existantes (Zhang 2014 : Figure 7).

Quant aux rapports entre les traits appartenant à la même structure tonale, ils sont dans un ordre linéaire et consécutif lorsqu'il s'agit d'un simple ton à registres ou à contour, attachés au même nœud ou à différents nœuds. Malgré cette élasticité interne, la structure tonale présente une constance dans la perception, et permet au ton de fonctionner comme un « morphème prosodique ». Les rapports entre les traits sont pourtant plus complexes puisqu'on considère que dans ces tons-là, il existe probablement une hiérarchie de couches de traits. Tel est le cas du mandarin : entre les patterns tonals, on observe non seulement un contraste en hauteur au début ou à la fin du ton, mais aussi un contraste en hauteur qui couvre chaque ton réalisé. On utilise donc les traits [h/l] dans la description des cibles tonales « dynamiques » dans un

mouvement/contour du pitch, et [+/-U] dans la description des contrastes tonals en registre qui couvre tout le TBU.

Halle et Stevens (1971) ont proposé le modèle de géométrie suivant qui englobe tous les traits réalisés par des gestes laryngaux (cité aussi par Bao (1990, 1999)) :



Ce modèle trouve son origine de structuration des traits dans les gestes articulatoires. Selon ce modèle, tous les traits tonals sont liés aux activités laryngales : *r* représente le trait [stiff] qui se réalise à travers des mouvements du cricothyroïde et *c* représente le trait [slack] qui se réalise à travers des mouvements des muscles vocalis (une partie des muscles thyro-arytheno ïdiens ou plis vocaux) (Bao 1990). La structure des traits tonals est une substructure de toute la géométrie de traits laryngaux. Une autre substructure dans la géométrique concerne l'état de la glotte, liée à deux traits distinctifs : [spread glottis] qui indique l'aspiration d'un segment, et [constricted glottis] qui indique le degré de fermeture de la glotte. Ces gestes articulatoires seront davantage présentés dans la section 3.1.

À l'intérieur de la structure géométrique du ton, on ne peut pas toujours préciser les rapports entre les différentes couches de traits tonals. Les couches de traits peuvent manifester une indépendance, une dominance l'une vis-à-vis de l'autre, ou une coopération, d'après leurs performances dans différents contextes linguistiques.

2.2.3. Sandhi tonal

Dans un énoncé d'une langue tonale, le locuteur produit en général une séquence de tons lexicaux. Pour des raisons linguistiques et métalinguistiques, les tons dans cette séquence ne peuvent pas toujours garder leurs valeurs mélodiques canoniques. Ils connaissent des modifications en suivant deux types de règles : les règles phonétiques (ou bien les règles naturelles diachroniques) et les règles morphophonémiques (ou

bien les règles naturelles synchroniques) (Hyman 1975, 2007, Hyman et Schuh 1974). Ces règles assurent la stabilité de la valeur sémantique des tons lorsque leurs propriétés acoustiques connaissent des changements. Bien entendu, ces règles varient d'une langue à une autre.

On appelle ce phénomène le « sandhi tonal ». Il est plus fréquent dans certaines langues tonales et moins fréquent dans d'autres, et à l'intérieur d'une langue tonale, il peut arriver à un certain ton plus souvent qu'aux autres. En mandarin, par exemple, le ton 3 est considéré comme étant le plus touché par le phénomène de sandhi tonal. Il est souvent difficile de connaître les règles qu'il suit vu la complexité que ce phénomène présente. La matrice des règles varie d'une langue tonale à l'autre. Elle varie en fonction de différents facteurs mis en jeu, et aussi selon les différentes formes sonores produites.

Toutes les modifications tonales ne sont pourtant pas sandhi. Les changements tonals non-sandhi sont ceux provoqués par la morphologie dérivationnelle (par ex. 把 /pa/ porte le ton 3 lorsqu'il signifie « *tenir* » mais porte le ton 4 lorsqu'il signifie « *poignet* »), ou par la morphologie flexionnelle (par ex. dans 孩子 /hai tsɿ/ « *enfant* », la séquence tonale T2_T3 devient T2_ø puisque 子 /tsɿ/ est un suffixe ou radical ajouté). Les changements tonals des syllabes atones ne sont pas non plus considérés comme un sandhi tonal. Autrement dit, le sandhi tonal est avant tout la conséquence de règles phonologiques. Ainsi, les changements tonals dont les règles ne se situent pas au niveau phonologique ne sont pas considérés comme sandhi tonal.

Pike (1948) affirme que la modification tonale du type sandhi a lieu dans les situations suivantes : *a*) un ton produit isolément peut connaître un sandhi tonal lorsqu'il se trouve dans un énoncé ; *b*) un ton peut être remplacé par un autre pour marquer une modification morphologique et *c*) une différence syntaxique ; *d*) il peut connaître une substitution simplement pour des raisons bio-mécaniques ; *e*) il peut se faire remplacer dans des cas exceptionnels et irréguliers ; *f*) il peut connaître un sandhi tonal pour des raisons non-linguistiques, etc.

En ce qui concerne l'apparition du sandhi tonal, Kratochvil (1968) a précisé que certains tons sont plus sensibles que d'autres dans certaines conditions, par exemple, le ton 3 et le ton 4 du mandarin sont plus sensibles que les autres tons au contexte

phonétique. Cela montre que la nature des tons eux-mêmes fait partie de la matrice des règles du sandhi.

Duanmu (1990) a redéfini le sandhi tonal comme étant le résultat de perturbations tonales dans le discours courant, incluant la coarticulation tonale, l'influence intonative et les changements tonals conditionnés morphologiquement.

Par commodité, nous n'allons pas détailler les règles phonologiques qui gouvernent le sandhi tonal, nous présenterons plutôt de manière générale les modifications sandhi du mandarin, et éventuellement celles d'autres langues chinoises dans une optique comparative.

Certains chercheurs constatent que dans une séquence de tons, l'effet du sandhi tonal peut s'étendre à toute la séquence du ton, suivant certaines règles géométriques. Parmi les langues chinoises, il en existe certaines qui ne connaissent aucun sandhi tonal. Parmi celles qui en connaissent, on peut distinguer en gros deux catégories : *right-dominant sandhi* et *left-dominant sandhi* (Chen 2000, Zhang 2007). Le mandarin, les dialectes du nord de la Chine, les dialectes Wu du sud, les dialectes Min etc. se caractérisent par le *right-dominant sandhi*. Dans ces langues, le sandhi tonal d'un groupe lexical contenant plusieurs syllabes tombe sur les syllabes non finales alors que le ton de la syllabe finale (qui est la syllabe dominante dans le sandhi) ne connaît pas de modification. Et *vice versa,* dans les langues qui possèdent le *left-dominant sandhi,* par exemple, les dialectes Wu du nord, le ton de la syllabe initiale d'un groupe lexical ne connaît pas de modification tandis que l'effet du sandhi tonal se manifeste sur les tons des syllabes suivantes. Il a été montré que ces deux types de sandhi tonal apparaissent pour des raisons différentes : *un right-dominant sandhi* semble inclure les modifications tonales contextuelles ou paradigmatiques, alors qu'un *left-dominant sandhi* inclut plutôt l'extension du premier ton à droite de la syllabe initiale (Zhang 2007). D'ailleurs, un *right-dominant sandhi* présente souvent une neutralisation des tons des syllabes non-finales (Zhang 2002), alors qu'un *left-dominant sandhi* présente plutôt une sorte d'assimilation partielle.

De plus, le sandhi tonal présente une nature cyclique, telle que celle du ton 3 du mandarin (Pike 1948, Shih 2007). En observant une séquence de ton 3, on peut constater que le sandhi tonal s'arrête sur une certaine syllabe et reprend sur la syllabe

suivante, par exemple, dans la phrase 你有酒瘾我也有酒瘾。(*Tu es alcoolique et je suis aussi alcoolique*.), les 9 tons 3 en chaîne deviennent 2-3-2-3-2-2-3-2-3.

Quant aux performances des tons dans le sandhi, Pike (1948) a séparé deux types de performances dans le sandhi tonal : *a*) une substitution d'un ton par un autre ; *b*) une modification non-phonémique exigée par le contexte.

Dans la situation de substitution tonale, la forme sonore du ton, sous l'effet du sandhi, est complètement substituée par celle d'un autre ton. Malgré cette substitution, la valeur sémantique que le ton présente est conservée. Ce type de sandhi tonal peut apparaître lorsqu'on compare un ton produit dans un mot isolé avec ce même ton produit dans un énoncé, ou lorsque les règles exigent arbitrairement une substitution. De plus, ce type de sandhi inclut également le cas où un ton d'une syllabe est supprimé et que cette syllabe devienne atone (ou bien, portant un ton neutre, si l'on adopte la notion de « ton neutre »). Ce cas peut être dû à la position de la syllabe dans le groupe rythmique.

En cas d'une modification non-phonémique du ton, la modification porterait plutôt sur le niveau de la forme phonétique du ton. Pike (1948) les résume dans les types suivants :

> (1) Le locuteur change d'octave de la voix dans la production du ton (pour des raisons émotionnelles ou stylistiques, par exemple).
> (2) Dans un système tonal à registres, l'intervalle entre les registres peut s'étendre (pour des raisons intonatives, par exemple).
> (3) La forme acoustique d'un ton varie librement (c'est-à-dire une variation allotonique).
> (4) Un tonème est modifié selon sa position dans la séquence lexicale ou dans l'énoncé, ou sous l'influence de la coarticulation des tonèmes voisins.

Le sandhi tonal intéresse les phonologues car il permet de comprendre la structure géométrique du ton, ainsi que les règles phonologiques qui le gouvernent. Il pose des questions intéressantes sur l'interface entre le niveau phonologique et le niveau grammatical. Comme il est mentionné ci-dessus, le sandhi tonal peut tout-à-fait dépasser le cadre d'une structure tonale et s'étendre à l'entourage immédiat. En fait, le

cadre que les règles du sandhi tonal peuvent couvrir varie d'une unité de *stress* sublexicale à une structure intonative (Chen 2002, Shih 1997).

Nous nous intéressons spécialement ici à la performance de la structure géométrique du ton dans le sandhi tonal. Nous citons ici un exemple du sandhi dans une séquence dissyllabique que Chen (2000) a analysée en zhenhai, un dialecte chinois qui possède six tons à contour. Une séquence dissyllabique tombe souvent sur deux patterns : SW (*Strong-Weak pattern*) et WS (*Weak-Strong pattern*), ressemblant plus ou moins à une sorte d'accent tonique. La position de cet « accent » est déterminée par les propriétés des tons concernés (par ex. le ton à un registre plus bas semble être « faible », ou bien, « inaccentué »), ainsi que par les frontières syntaxiques (Rose 1990). En général, les unités tonales suivent le principe de TSA (*Tone-to-Stress Attraction*) (Hayes 1995, Chen 2000, De Lacy 2002, Smith 2000) : l'unité tonale du ton faible peut se détacher de ce dernier et rejoindre le ton fort. Deux effets observés méritent notre attention dans cet exemple, il s'agit de : l'effet de marge (*edge effect)* et l'effet d'intégration (*integrity effect)*. Sous l'effet de marge, on observe le contour tonal se décomposer en petites unités de registre et que celles proches de la frontière des deux tons se détachent d'une structure tonale et rejoignent l'autre. Sous l'effet d'intégration, on observe plutôt le contour tonal se détachant d'une structure tonale, laissant un trait de registre seul dans cette dernière, pour s'intégrer dans l'autre structure tonale modifiant éventuellement la forme sonore de cette structure. De plus, la structure de la syllabe qui porte le ton influence également la forme finale du ton. Nous supposons que ce phénomène est lié au nombre ou au volume de TBU que la syllabe contient.

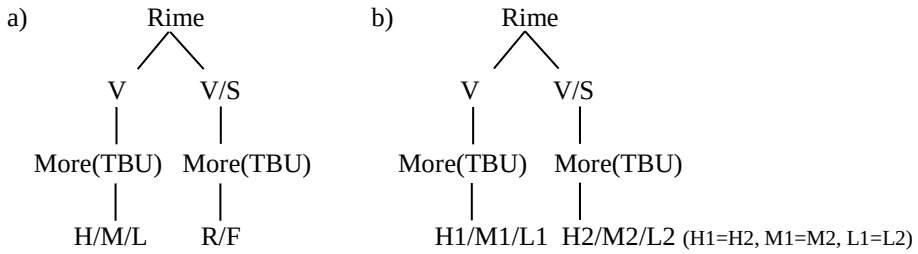
2.3. Les formes sonores/acoustiques de surface des aspects tonals, la coarticulation des tons et l'interaction entre le ton et d'autres composantes prosodiques

2.3.1. Formes de surface (sonores/acoustiques) des aspects tonals

La grande majorité des chercheurs qui s'intéresse à la forme de surface du ton utilise, dans ses études, une approche phonétique dans un objectif phonologique. Les études sur le ton lexical s'intéressent habituellement à deux aspects : le pitch et les paramètres temporels. Le pitch, principalement réalisé par la fréquence fondamentale (F0) de l'onde acoustique, a un lien linéaire avec les traits tonals, que ces derniers

soient à registre ou à contour, alors que les paramètres temporels du segment portant le ton sont supposés être liés au TBU, ou à l'unité tonale dans la géométrie des traits.

En ce qui concerne tout d'abord les études sur les paramètres temporels, les chercheurs ont tenté d'étudier le nombre de TBU qu'un nœud phonémique peut porter, ainsi que le cadre temporel que le TBU présente, et ce, à travers des observations sur la durée de la rime, ou sur la durée de la syllabe. Pour exemple, Duanmu (1990) a étudié les rapports entre la structuration syllabique, la durée de la rime et la distribution du ton dans certains dialectes chinois. En remarquant qu'une rime à double nœuds phonémiques, par exemple la diphtongue ou la voyelle+coda obstruante, donne souvent accès aux tons à contour mélodique, alors qu'une rime courte limite la possibilité de réaliser un contour tonal, il a ainsi préconisé que le TBU dans ces dialectes était moraïque, et que toute syllabe qui porte un contour tonal complet est bi-moraïque. Dans ce cas-là, dans l'analyse du ton à contour, la première more est considérée comme portant l'ancre, ou la cible du pitch alors que la seconde more est considérée comme portant un rebondissement du pitch vers l'autre extrémité du registre. Autrement-dit, la première more porte la cible et la seconde porte un processus d'éloignement de la cible, comme illustré ci-dessous par a). Alors, un ton à registres a en fait deux cibles identiques, avec les deux mores contenant chacun une cible (Yip 1980, Shih 1997, Xu 1997), illustré ci-dessous par b).



En ce qui concerne le mandarin, dans cette langue, la divergence temporelle en fonction du ton avait été considérée comme étant une propriété intrinsèque du ton (Lin 1965), et elle reste plus ou moins stable même lorsqu'on change de vitesse d'élocution (Yuan 2003).

Zhang (2002) considère que les tons à contours complexes sont naturellement plus longs que les tons unis (ceux à un contour plat). Il remarque que ces premiers se trouvent souvent associés aux syllabes accentuées et aux voyelles qui sont intrinsèquement plus longues que d'autres. Cette observation correspond à la théorie

de Woo (1969) qui suggère qu'un ton à contour exige une durée syllabique longue (*cf.* Section 2.2.).

Toutefois, cette suggestion a été contredite par le fait que les tons à contours complexes se trouvent effectivement dans des syllabes relativement courtes, telles que dans celles inaccentuées ou dans celles qui subissent un sandhi tonal (Chen 2000, Hou 1980). Whalen et Xu (1992) ont mesuré les durées des tons du mandarin produits en citation, avec les résultats illustrés dans la figure 6. Ils ont observé que le ton 3 dans sa forme canonique est le plus allongé alors que les trois autres tons sont similaires en termes de durée, malgré leurs contours différents. Le ton 1, présentant un pitch élevé au contour plat, n'est pas plus court que le ton 2 et le ton 4. Ce résultat indique que le ton 1 dispose probablement du même nombre d'unités rythmiques que le ton 2 (contour montant) et le ton 4 (contour descendant). Quant au ton 3, Shih (1997) a mentionné dans son étude que ce ton dispose 3 unités temporelles (ou bien, le TBU), avec la phase basse du pitch associée à deux unités et avec sa fin montante (qui est optionnelle) associée à une troisième unité.

(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 6 : Les quatre tons du mandarin produits isolément, avec H représentant le ton 1, R le ton 2, L le ton 3 (en citation) et F le ton 4 (Whalen et Xu, 1992 : Figure 6 : Fo palterns of the four syllables that served as the basis for the brief segments used in experiment 3.).

Toutefois, le point de vue qui consiste à dire que la durée reflète le nombre de TBU a été mis en perspective par d'autres chercheurs. Shih (2007) a constaté que le ton 3, lorsqu'il est réalisé en parole continue avec un contour simplement descendant, peut être même plus court que les autres tons. Whalen et Xu (1992), ont aussi observé que lorsqu'on réduit la durée du signal présenté à l'auditeur, le nombre de réponses distinguant le ton 3 augmente, et lorsqu'on prolonge la durée, c'est le ton 2 qui est perçu. Malgré ces résultats paradoxaux, le test de perception de Blicher *et al.* (1990)

constate le cas contraire, à savoir qu'une durée syllabique allongée est davantage liée au ton 3.

Certainement, cette diminution de la durée du ton 3 est majoritairement due au sandhi tonal que ce ton subit très souvent. Toutefois, la durée, quels que soient ses rapports avec le TBU, n'est pas toujours un facteur déterminant dans la perception du ton. Moore et Jongman (1997) ont constaté, dans un test de distinction perceptive entre le ton 2 et le ton 3 du mandarin, que les auditeurs sont peu sensibles au contraste au point d'inflexion (qui distingue ces deux tons), mais davantage sensibles au contraste de *ΔF0* (différence entre F0 initial et F0 au point d'inflexion). D'après nous, le résultat de l'étude de Moore et Jongman (1997) suggère que le TBU (quel que soit son empan temporel) a peu de poids perceptif dans la distinction du ton alors que c'est la variation de F0 qui semble importer dans la perception des traits tonals.

Bien entendu, les traits tonals sont avant tout liés au pitch. Dans l'onde acoustique, on trouve la fréquence fondamentale (F0) du spectre quasiment équivalent au pitch, surtout dans la représentation de la hauteur et de la variation du pitch. Au niveau articulatoire, F0 est la conséquence des vibrations périodiques des plis vocaux. Au niveau perceptif, la perception des traits tonals est plutôt assurée par des faits psychoacoustiques, suite à l'excitation du système auditif par l'onde acoustique. La hauteur musicale que l'on perçoit en parole est étroitement corrélée à la fréquence fondamentale de l'onde acoustique, tout en respectant une échelle logarithmique. Nous présenterons en détails l'aspect articulatoire et acoustique des traits tonals dans le chapitre suivant.

Dans l'objectif de produire un trait tonal de registre (*cf.* Section 2.2.), F0 est maintenu à l'intérieur d'un registre cible tout au long du ton. Un système tonal à registres a très souvent 2-4 registres en contraste[27], chacun ayant son étendue. Ces registres se distribuent à l'intérieur d'une zone musicale accessible à la voix humaine. L'étendue de cette zone pour la production prosodique est limitée à environ une octave autour de la médiane de la hauteur de la voix (De Looze et Hirst 2010), ce qui est aussi le cas dans la production tonale du mandarin (Zhang et Sock 2015). Les intervalles entre les registres sont différents d'une langue à l'autre. Ils sont d'ailleurs relatifs, variables

[27] Un système contenant cinq tons à registres est assez rare mais existe quand même dans certains dialectes, tels que dans le guangxi, le miao-yao et le dong (Zhang, 2014).

sous l'effet d'autres facteurs tels que l'émotion, le style langagier, l'intonation, etc.[28] Ce fait avait déjà été rapporté par Pike (1948) dans sa comparaison de systèmes tonals à registres. Peu de langues disposent de plus d'une octave et demie à objectif tonal, à l'exception de certaines langues et dialectes, par exemple le dialecte de Wenzhou (Zhu 2010).

Lorsqu'on réalise une cible tonale (*pitch target* en anglais, correspondant à la notion de trait [slack], *cf.* Section 2.2.) ou un trait tonal à contour, selon la nature du trait, la valeur phonologique peut exister soit en registre cible, soit en direction de variation de F0. Selon Yip (2001), un trait [slack]/une cible tonale se présente comme une phase brève de stagnation du pitch. Alors qu'un trait purement à contour présente un contour du pitch dont la direction du mouvement s'entretient. D'après Whalen et Xu (1992), les traits tonals de registre n'ont pas toujours d'effets sur le signal acoustique ; la perception du ton est prioritairement à la base de cibles tonales portées par le pitch. Xu et Wang (2001) catégorisent ces deux types de cibles tonals comme étant des « cibles statiques » (*static pitch targets*) et des « cibles dynamiques » (*dynamic pitch targets*). Ils correspondant respectivement aux traits [slack]/aux cibles tonales [h/l] et aux traits purement à contour [fall/rise/even]. La figure 7 illustre les différences dans les courbes F0, lorsqu'il s'agit de différents types de structures géométriques tonales (Yip, 2001). Ainsi, on voit que le timing de la stagnation/variation de F0 est plus ou moins en corrélation avec la nature et la géométrie des traits tonals en question.

[28] Cela implique que la zone à disposition pour la réalisation tonale est également élastique, sous l'influence d'autres facteurs.

(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 7: Les contours du pitch de différents types de tons montants et descendants (Yip, 2001 : Figure in (25) : The predicted phonetic shape of contours under different featural assumptions).

Bien entendu, les relations entre les traits tonals et les formes de surface sonores/acoustiques que nous avons mentionnées ci-dessus ne sont pas tout à fait linéaires. Plus précisément, un contour F0 n'est pas en soi une séquence d'unités linguistiques. Une unité linguistique est conceptuelle, mais elle peut se manifester (ou subir une modification) à travers la réalisation sonore du ton. Une cible tonale se présente dans l'onde acoustique comme une proéminence de la courbe F0, alors qu'une proéminence de F0 peut correspondre à une ou à plusieurs cibles tonales (Xu et Wang, 2001). Il en va de même de la durée et du TBU (ou l'unité tonale).

Des tentatives pour trouver d'autres formes de surface sonores/acoustiques des traits tonals ont été faites. Citons par exemple, le contour de l'intensité (Whalen et Xu 1992, Chang et Yao 2007) ou le mode de phonation « *creaky voice* » (voix pressée) qui apparaît souvent dans la réalisation du ton 3 du mandarin (Gårding *et al.* 1986, Cao *et al.* 2012, Belotel-Grenié et Grenié 2004). Pourtant, ces paramètres étudiés ressemblent davantage à des indices acoustiques liés à F0 qu'à une corrélation systématique avec les traits ou avec la géométrie tonale. Ryant *et al.* (2014 a, 2014b) ont constaté que les informations tonales sont probablement portées par un ensemble de paramètres acoustiques, F0 étant l'un de ces derniers. Autrement-dit, F0 ne doit pas être la seule, ni la principale forme de surface des traits tonals. Leur point de vue

rejoint celui de Segerbäck (1965) qui considère que F0 n'est pas indispensable à toute intercompréhension dans une langue tonale. Nous aborderons davantage le sujet du poids de F0 dans l'identification du ton dans le chapitre suivant.

2.3.2. Modifications des tons lexicaux dues aux règles phonétiques

Les modifications des tons lexicaux provoquées par le contexte phonétique sont principalement la conséquence de la coarticulation des tons et de l'influence intonative.

Xu (1994, 1997, 1999), Xu et Wang (2001) ont mis au jour des patterns de variation de F0 contextuel. Le contexte sous-entendu dans ses études est celui de la coarticulation. Selon le contexte spécifique et les règles phonétiques concernées, les tons connaissent des assimilations entre eux ou des simplifications de contour (Hyman 1975, 2007).

Selon Hyman (2007), les assimilations peuvent se réaliser sur l'axe vertical ou sur l'axe horizontal. Une assimilation verticale se réalise comme des ajustements du pitch tonal en registre, c'est-à-dire une élévation/un abaissement du registre d'un ton dans l'objectif de s'assimiler à un autre ton. Par exemple, une séquence de deux tons à registres L-H se réalisent comme L-M ou M-H, alors qu'une assimilation horizontale correspond à un phénomène dans lequel un ton s'étendrait à un autre TBU. Par exemple, une séquence de deux tons à registres L-H se réalise comme L-LH ou LH-H. Dans les deux types d'assimilation, si le ton précédent préside et provoque une modification du ton suivant, la modification suit une règle persévérante ; et si c'est le contraire, la modification suit une règle anticipatoire.

Ce phénomène correspond à ce que Xu (1997), Xu et Wang (2001) ont rapporté comme un « effet d'assimilation progressif » (*carry-over effect*) dans la coarticulation des tons du mandarin. Il constate que dans une séquence de plusieurs syllabes toniques en mandarin, sous l'effet de l'assimilation, le début de F0 d'un ton s'assimile à la fin de F0 du ton précédent.

Hyman (2007) a toutefois souligné une différence de nature dans les assimilations des tons. Il a précisé que l'assimilation révélée par une séquence tonale L-H a tendance à compresser F0 alors que F0 d'une séquence H-L est rarement compressé mais connaît plus souvent une polarisation, c'est-à-dire que F0 de H est plus élevé lorsque H est

entouré d'un/des ton/s plus bas. Xu (1997), Xu et Wang (2001) ont appelé ce dernier phénomène l'effet de « dissimilation » (*anticipatory effect)*. Dans une séquence de tons en mandarin, il a observé que sous cet effet, un début bas de F0 d'un ton augmente la valeur maximale de F0 dans le ton précédent.

Une autre sorte de modification contextuelle que les tons à contour connaissent est la simplification de contour. Elle inclut deux situations : *absorption* et *transformation* en registre (*levelling*) (Hyman et Schuh 1974). Selon Yip (2002), il existerait une échelle de complexité de contour : RF, FR > R > F > H, L[29]. Plus un contour est complexe, plus il est : *a*) absent dans un système tonal ; *b*) restreint à un TBU hôte, par ex. un TBU long ; *c*) capable de rendre le TBU qui l'héberge plus hospitalier, par ex. en conditionnant la durée de la voyelle. Gordon (2001) et Zhang (2001) ont démontré, à travers l'observation de plus de 100 langues, que les rimes (ou d'autres porteurs potentiels du ton) ont des capacités variables d'hospitalité, lorsqu'elles portent un ton. On peut considérer que la simplification apparaît lorsqu'un ton est exprimé sur un porteur pas assez hospitalier (Hyman 1978, 2007). Dans une séquence de tons à contour, une composante du contour d'un ton peut disparaître lorsque ce ton est précédé ou suivi par un ton similaire. On appelle ce phénomène l'absorption tonale. Par exemple, une séquence de deux tons LH-H peut être réalisée comme L-H, suivant une règle progressive ; et une séquence L-LH peut être réalisée comme L-H, suivant une règle régressive. Toutefois, sans l'influence de l'entourage tonal, le contour tonal peut être réduit à un simple registre. Ce type de simplification de contour tonal s'appelle la transformation en registre (*levelling*). Hyman (2007) en a donné l'exemple du haya[30], où le ton LH dérivé se transforme en H. Ce type de modification de contour nous semble corrélé à des règles autres que celles de la phonétique.

Dans une langue tonale, autre que les tons d'entourage, l'intonation de l'énoncé peut également influencer la forme du ton réalisée. Différents modèles ont été proposés pour expliquer la cohabitation de l'intonation avec les tons, en mandarin. Actuellement, on reconnaît trois modèles qui sont les plus courants.

Le premier modèle préconise un rapport algorithmique entre le pitch intonatif et le pitch tonal (Chao 1930, 1933, Cao 2002, Shen 1985, 1994). Selon Chao (1930, 1933),

[29] R = Rise (montant), F = Fall (descendant).
[30] Le haya est une langue bantu parlée en Tanzanie.

le contour du pitch dans un énoncé est le résultat de l'addition du contour intonatif aux contours tonals : si une syllabe se réalise dans une position où le pitch intonatif et le pitch tonal sont tous hauts, cette syllabe serait réalisée avec un F0 très élevé ; et si elle se réalise dans une position où le pitch intonatif et le pitch tonal sont tous bas, F0 de cette syllabe serait très bas. Kratochvil (1968) et Shen (1985, 1994) ont constaté que l'intonation ne propose pas de pattern spécifique de contour du pitch mais une séquence de registres à l'intérieur desquels les contours tonals s'hébergent. Non seulement F0 mais aussi d'autres paramètres acoustiques connaissent des modifications sous l'influence de l'intonation (Wu 1997).

Le deuxième modèle suppose que le contour du pitch intonatif ne se réalise que sur certaines syllabes dans un énoncé alors que F0 de chaque syllabe respecte non seulement les contraintes du pitch tonal mais aussi de multiples règles linguistiques (t'Hart et Collier 1975). L'intégration du contour intonatif dans l'énoncé se déroule sur un plan autosegmental (Pierrehumbert 1980).

Le troisième modèle rejoint le deuxième dans le sens où F0 de l'énoncé est le produit d'un ensemble de facteurs. Ce modèle proposé par Xu (1997, 1999) suppose que l'intonation et les tons évoluent en parallèle dans un énoncé. Le contour du pitch, d'après lui, serait déterminé par des facteurs tonals, des facteurs intonatifs, ainsi que d'autres contraintes physiologiques et linguistiques. Ces facteurs décideraient conjointement des cibles significatives (tonales ou intonatives) et de l'étendue du registre du pitch (influencée par l'intonation, l'émotion, etc.).

Les modifications tonales mentionnées ci-dessus sont dues à l'interaction entre le ton et d'autres structures prosodiques, que ces dernières soient tonales ou intonatives. En plus de ces dernières, il existe des modifications tonales dues aux règles phonétiques imposées par des contraintes biomécaniques des organes articulatoires. Nous citons ici, à titre d'exemple, un ensemble de phénomènes qui apparaissent en lien avec F0 : F0 intrinsèque à une voyelle[31], la déclinaison naturelle de F0 dans l'énoncé[32], F0

[31] F0 intrinsèque à une voyelle est un phénomène qui reflète le lien entre la fréquence fondamentale et les mouvements musculaires supraglottiques. Certains chercheurs constatent que la nature de la voyelle produite a un effet sur F0, et cet effet varie d'une langue à l'autre (voir, par ex., Ewan et Krones 1974, Ohala et Eukel 1987, Barbier 1979, Whalen et Levitt 1995).

[32] F0 a tendance à décliner tout au long des phrases dans certaines langues (voir Cohen et t'Hart 1967, Abramson 1978, Pierrehumbert 1979).

perturbé par la consonne initiale de la syllabe[33], etc. Dans le cas de ces phénomènes, des modifications en registre ou en contour F0 sont observées. Pourtant, l'effet de ces modifications sur F0 n'est pas significatif pour la perception des tons ou de l'intonation.

Un ton lexical s'identifie par son pitch significatif, ce qui est indispensable pour la compréhension du lexique d'une langue tonale. Il existe des systèmes tonals fondés sur les registres et des systèmes tonals qui reposent sur les contours.

Dans la composition d'un ton, le TBU (*Tone Bearing Unit*) et le trait tonal sont considérés comme étant essentiels. Le premier définit l'unité suprasegmentale minimale qui porte l'élément tonal alors que le dernier définit la nature et le contenu d'un contraste qui a une valeur phonologique. Les chercheurs tentent d'étudier les formes de surface de ces deux éléments tonals, et ce, à travers l'observation de phénomènes phonologiques dans lesquels la forme de surface du ton connaît une modification, ainsi qu'à travers l'analyse des paramètres concernés par le ton dans l'onde acoustique.

La relation entre les éléments tonals et les aspects temporels/spectraux du signal est complexe. Lorsque le ton connaît une modification (issue du contexte ou autre), la modification correspondante dans l'onde acoustique peut concerner de multiples paramètres, tout en suivant un éventail de règles.

[33] F0 a tendance à être relativement élevé après les consonnes sourdes et relativement bas après les consonnes sonores (voir House et Fairbanks 1953 ; Lehiste et Peterson 1961, O'Shaughnessy 1979, Abramson et Lisker 1985, Vaissière 1994).

3 *La production et la perception des tons lexicaux*

3.1. L'anatomie du larynx, les gestes articulatoires liés aux traits tonals et la conséquence articulatori-acoustique du mode de phonation (voix modale *vs* voix chuchotée)

Cette partie doit beaucoup à l'œuvre de Calliope et Fant (1989). Étant donné que le pitch tonal se réalise sur des segments sonores en parole, la réalisation du voisement et la modification de ses propriétés seront nos préoccupations dans ce chapitre.

Le voisement, en tant que trait phonologique, se présente en tant que qualité de certains sons de la parole. La réalisation d'un segment voisé exige la vibration des plis vocaux (ceux qui portent aussi le nom de « cordes vocales ») lorsque ces derniers sont en contact. Le larynx est l'organe articulatoire principal dans la réalisation des traits tonals, ainsi que dans celle d'autres composantes prosodiques.

3.1.1. Anatomie du larynx et gestes laryngales liés aux traits tonals

Le larynx est situé dans la gorge et relie le pharynx à la trachée. Il fait partie du système respiratoire, et inclut la partie entre l'épiglotte (la base de la langue) et la trachée. C'est un tube formé d'une armature cartilagineuse qui contient des organes mobiles. La figure 8 illustre les organes qui forment la cavité du larynx et la figure 9 le larynx par une vision schématique.

À la base trachéale du larynx se situe le cartilage cricoïde, qui a une forme d'anneau. Cette base soutient toute armature cartilagineuse au-dessus de celle-ci. Elle se déplace notamment avec les mouvements verticaux du larynx, dans la respiration par exemple. En revanche, elle ne peut ni comprimer ni dilater sa taille.

Le cartilage thyroïde correspond extérieurement à la « pomme d'Adam ». Il contient deux lames quadrangulaires qui se séparent en arrière, et enrobent le tube du larynx. L'angle entre les deux lames est différent selon le sexe. Ces lames possèdent des cornes dans leur partie postérieure. Les petites cornes en bas de chaque côté forment l'articulation crico-thyroïdienne, et les grandes cornes sont liées aux muscles qui fixent la position du larynx dans le cou. Les muscles crico-thyroïdiens participent à la phonation, et sont responsables du contrôle de la fréquence fondamentale (Gay *et al.*, 1972).

Les cartilages aryténoïdes se situent au-dessus du cartilage cricoïdien, avec leur partie inférieure reposant sur le chaton cricoïdien. Les plis vocaux s'y insèrent. Ils sont davantage visibles sur la figure 9. Ces cartilages contiennent la muqueuse qui recouvre la paroi et les plis vocaux, les ligaments vocaux et les muscles thyro-aryténoïdiens. Les muscles cricoaryténoïdiens (aussi appelés les muscles *vocalis*) déterminent l'adduction des plis vocaux. Les muscles crico-thyroïdiens, avec les muscles thyro-artynénoïdiens, ajustent la tension des plis vocaux.

L'os hyoïde, présent dans la figure 8 mais absent dans la figure 9, « représente la clé de voûte de l'appareil hyoïdien », et participe à la respiration, à la déglutition et à la phonation (Bensimon *et al.* 2005). Les données cinéradiographiques collectées par Vaxelaire (1993) et Vaxelaire et Sock (1997) ont montré qu'il existe une corrélation étroite entre le mouvement du larynx et celui de l'os hyoïde. Cette corrélation a été reconfirmée par les données cinéradiographiques de Vaxelaire (2007), puis par celles de Bouarourou (2014). Ces auteurs ont montré que ces deux structures se déplacent en parallèle, suivant une trajectoire d'élévation et d'abaissement diagonale, quelle que soit le contexte segmental ou prosodique. Les auteurs considèrent en conséquence ces deux entités comme des composantes d'une seule unité fonctionnelle.

(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 8 : La cavité du larynx (Lamby *in* Fant et Scully 1975, cité *in* Calliope et Fant 1989 : Fig. II. 6.).

(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 9 : Représentation schématique du larynx (Ranke et Lullies 1953, cité *in* Calliope et Fant 1989 : Fig. II. 5.).

À l'extrémité supérieure du larynx se trouve l'épiglotte, un cartilage qui protège l'entrée du système respiratoire. Il est capable de se rabattre ou de se lever selon le besoin physiologique. Ce cartilage est visible dans les figures 8, 9 et 10.

De plus, dans la cavité au-dessus des plis vocaux se situe une paire de replis tendus horizontaux, se formant dans l'angle de la thyroïde. Ce sont les bandes ventriculaires qui portent également le nom des « fausses cordes vocales ». Elles sont illustrées dans la figure 10. Selon l'observation du comportement des bandes ventriculaires de Bailly (2009), elles sont capables de s'étendre, de se rapprocher, de se mettre en contact, de vibrer périodiquement ou non, et de se mettre en accord ou non avec les activités des plis vocaux. Brièvement, selon le mode de phonation employé, leur état et position peuvent être modifiés. Cela modifie spontanément la forme de la partie supraglottique de la cavité du larynx.

(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 10 : Vue en coupe du larynx dans le plan coronal. D'après *Voice Center, Eastern Virginia Medical School* (Bailly 2009 : Fig. 1.5 *(d)*).

Deux types d'articulations du larynx permettent à l'individu de réaliser divers modes de phonation. Ils se produisent respectivement au niveau crico-thyroïdien et au niveau crico-aryténoïdien. La combinaison de ces deux articulations permet de réaliser des ajustements très variés au niveau de la longueur, de la hauteur et de la tension des plis vocaux (Ardran *et al.* 1966).

L'articulation crico-thyroïdienne consiste en un mouvement de bascule du cartilage thyroïde sur le cartilage cricoïde. Le muscle crico-thyroïdien relie l'antérieur de l'arc cricoïdien aux lames thyroïdiennes. Lorsqu'il se contracte, les lames thyroïdiennes sont tirées vers l'avant et vers le bas. Cela a pour effet d'allonger les plis vocaux. Selon Prades *et al.* (2001) et Takano *et al.* (2006), l'articulation crico-thyroïdienne présente trois niveaux de liberté dans les mouvements d'abduction et d'adduction glottales : une bascule antérieur-postérieur, un déplacement antérieur-médial d'aryténoïdes à la base du cartilage cricoïdien, et une rotation axiale.

L'articulation crico-aryténoïdienne consiste en une série de mouvements très variés que les cartilages aryténoïdes produisent à travers un contrôle des mouvements des muscles liés à ces derniers. Plus précisément, la structure du joint crico-aryténoïdien lui permet de réaliser des bascules et tournements. Les cartilages aryténoïdes sont capables de se prolonger vers l'avant ou vers l'extérieur. Ils sont responsables de l'ouverture/fermeture de la glotte et de la tension des plis vocaux (von Leden et Moore 1961).

Comme il est mentionné précédemment dans le modèle de géométrie des traits réalisés par les gestes laryngaux de Halle et Stevens (1971) et de Bao (1990, 1999) (*cf.* Section 2.2.), les gestes laryngaux consistent en ceux des plis vocaux et ceux concomitants de la glotte. Les gestes des plis vocaux permettent de réaliser les traits *r* (les stagnations du pitch dans un registre) à travers des mouvements du cricothyroïde, et les traits *c* (les cibles du pitch à atteindre dans le mouvement) à travers des mouvements des muscles vocalis. Quant aux gestes glottiques résultant de la configuration des plis vocaux, ils permettent de réaliser les traits [spread glottis] indiquant l'aspiration d'un segment, et les traits [constricted glottis] le degré de fermeture de la glotte.

3.1.2. Modes de phonation : voisement *vs* chuchotement

Grâce aux articulations des muscles et des cartilages, le larynx est capable de fonctionner suivant différents modes et de produire des sons de différentes qualités. Ladefoged et Maddieson (1996) ont catégorisé les sons de la parole en fonction de la configuration laryngale comme suit :

- Voix modale (*modal voice*) : les cartilages aryténoïdes sont en position neutre pour la parole. L'adduction des plis vocaux est complète dans la production d'un son voisé. Lorsqu'il n'y pas de flux d'air présent, les plis vocaux restent légèrement écartés l'un de l'autre.
- Assourdissement (*voiceless*) : les plis vocaux ne vibrent pas, en raison d'un écart important entre eux.
- Voix pressée (*creaky voice*) : les cartilages aryténoïdes sont plus proches l'un de l'autre par rapport à ceux qu'ils sont en voix modale. Avec une tension importante dans les muscles intrinsèques du larynx, les plis vocaux ne vibrent plus en tant qu'un ensemble.
- Voix stiff ou voix tendue (*stiff voice*) : la voix est légèrement laryngalisée, probablement en raison d'une contraction des muscles *vocalis*. Par rapport à la voix modale, la voix stiff présente une ouverture glottique moins grande, avec les plis vocaux plus rigides.
- Murmure ou voix soufflée (*murmur* ou *breathy voice*) : par rapport à la voix slack, la voix soufflée se réalise avec un débit d'air plus haut et une vibration des plis vocaux plus ample. Les plis vocaux sont légèrement plus écartés que ceux qu'ils sont en voix modale.

- Voix slack ou voix lâche (*slack voice*) : par rapport à la voix modale, la voix slack présente une ouverture glottique plus importante, avec une augmentation modérée du flux d'air.
- Aspiration (*aspiration*) : l'écart entre les plis vocaux est à son maximum.
- Pré-aspiration (*Pre-aspiration*) : l'écart entre les plis vocaux est plus large que dans la configuration observée en contexte d'assourdissement. Dans la production d'une pause pré-aspirée, la fermeture orale a lieu lorsque l'ouverture glottique est proche de son maximum.
- Coup de glotte (*Glottal closure*) : la glotte se ferme brutalement afin d'interrompre le flux d'air. Les plis vocaux sont en contact complet.

On voit à travers cette liste que le geste des plis vocaux et l'état de la glotte sont déterminants dans la qualité du son produit. Cette assomption correspond aux résultats de la recherche de Sundberg (1995)[34]. Toutefois, les modifications biomécaniques que les différents modes de phonation provoquent ne se limitent pas seulement au niveau glottique. Elles se trouvent également aux niveaux sub- et supraglottique (Hertegård *et al.* 1995). Ces modifications (sub- et supraglottique) ne sont pourtant pas toujours une conséquence directe des modifications glottiques (bien entendu, la position et l'état du larynx sont liés mécaniquement à ceux de certains organes supraglottiques) ; elles sont plutôt issues des stratégies gestuelles globales que l'individu impose à tout le système de production de la parole, et répondent à des besoins linguistiques spécifiques. Par exemple, les muscles pharyngés connaissent simultanément un resserrement lorsque le larynx s'élève en voix modale (Cornut 2009), ou lorsqu'on chuchote (sans activité laryngale vive).

D'un côté, les modifications à différents niveaux bio-mécaniques sont relativement indépendantes les unes des autres. Cela est démontré par le fait que dans un discours, le locuteur fait une alternance spontanément entre différents modes de phonation, en fonction des traits phonologiques (+/- sonore, aspirant, etc.) (Ladeforged et Maddieson 1996). Mais de l'autre côté, les liens entre les composantes linguistiques et les activités subglottiques, glottiques et supraglottiques soumettent ces dernières aux règles phonético-phonologiques. Par exemple, selon Catford (1977, cité par Ridouane *et al.* 2011 : 12), la syllabe est « *une unité du contrôle temporel des mouvements glottiques et*

[34] Cette recherche constate qu'entre différents modes de phonation, l'amplitude de vibration des plis vocaux connaît de grandes différences.

supraglottiques en interaction avec le pied rythmique, unité d'organisation supérieure, associée à l'activité sous-glottique ». Cette notion de syllabe illustre parfaitement une coordination entre des activités physiologiques et les règles de structuration des composantes linguistiques.

Tournons-nous maintenant vers les paramètres aérodynamiques qui interviennent dans la phonation. Dans le cadre d'un groupe rythmique, la pression d'air subglottique diminue graduellement. Pourtant, dans le cadre d'un segment sonore, elle ne manifeste pas forcément une diminution importante. L'intensité acoustique d'un son, qui reflète la puissance que l'onde transporte, représente la pression acoustique émise dans une direction donnée. En parole, l'intensité acoustique est déterminée par le différentiel transglottique de la pression. Le fait est que plus la vibration des plis vocaux est ample, plus le son est intense. Cela implique que la pression d'air subglottique n'est pas le facteur unique dans l'évaluation de l'intensité. La masse des plis vocaux influence également le niveau de l'intensité. Ainsi, par des activités musculaires spécifiques, il est possible de contrôler l'intensité du son.

Dans l'ouvrage Calliope et Fant (1989), on trouve un schéma de rapports entre ces paramètres comme suit :

Tension des plis vocaux T → Fréquence laryngienne

Pression sous-glottique P_S → Intensité

Titze (1994) a posé que l'intensité sonore du son est issue de trois niveaux anatomiques : glottique, sub- et supraglottique. Au niveau glottique, l'intensité peut être modifiée par l'ajustement de la largeur de la glotte, en prenant en compte la distance entre les plis vocaux et celle entre les cartilages aryténoïdiens ; au niveau sub-glottique, l'intensité peut être régularisée par la pression aérodynamique du flux pulmonaire ; au niveau supraglottique, l'intensité peut varier en fonction de l'ajustement des formants et des coïncidences entre les formants et les harmoniques de source. Rappelons ici que l'ajustement des formants et des coïncidences entre les formants et les harmoniques de source dépendent largement de la longueur du conduit vocal, de la configuration des cavités supraglottiques et des affiliations entre ces cavités, lors de la production de la parole (voir *infra*).

Étant donné que dans cette recherche, nous nous intéressons particulièrement aux rapports entre les traits tonals et les gestes liés à ces traits. Nous prêterons ici une attention particulière aux conséquences articulatoires et acoustiques de deux modes de phonation, c'est-à-dire le voisement et le chuchotement, puisque ces deux présentent respectivement la présence et l'absence de F0.

Le voisement

Lorsqu'on emploie une voix modale/normale, le mode de voisement est utilisé pour réaliser le trait [sonore] ou les traits fondés sur ce dernier. Dans ce mode de phonation, les plis vocaux sont suffisamment en contact l'un avec l'autre pour former une glotte fermée qui gêne le passage du flux d'air subglottique, comme l'illustre la figure 11.

(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 11 : La glotte en position de phonation/voisement (Pernkopf 1952, cité *in* Calliope et Fant 1989 : Fig. II. 10. *c)*).

Ce blocage crée en peu de temps un décalage de la pression d'air entre la cavité supraglottique et la cavité subglottique qui finira par faire écarter les plis vocaux rapprochés. Une fois le passage d'air débloqué, le décalage de pressions sub- et supralottiques diminue et disparaît. L'élasticité des plis vocaux et l'effet d'aspiration provoqué par le passage d'air vont faire se rapprocher les plis vocaux, d'abord sur leur base, puis sur toute leur hauteur. Le passage d'air est donc de nouveau gêné jusqu'au prochain moment de déblocage par le décalage de pressions sub- et supraglottiques. Ainsi les plis vocaux sont en vibration périodique, et cela produit une onde acoustique qui va traverser la cavité supraglottique afin de créer un son sonore de parole (Rousselot et Laclotte 1911, Durand 1956).

Cette onde acoustique présente une harmonique issue de la vibration périodique des plis vocaux, soit la « fréquence fondamentale » (F0). Lorsque l'onde traverse la partie

supraglottique du conduit vocal sans obstruction, elle va connaître des harmoniques dans cette région. Les zones de ces harmoniques dépendent de la forme de cette partie du conduit vocal, surtout de sa longueur. On appelle les zones de fréquences où les harmoniques sont les plus intenses les « formants ». Lorsque le diamètre de cavité est constant tout le long du tube du conduit vocal (ce qui est le cas lorsqu'on produit la voyelle [ə]), les longueurs d'onde des harmoniques doivent être des multiples entiers impairs d'un quart de la longueur du tube. C'est-à-dire que si la partie supraglottique du conduit vocal mesure 17,5 cm, les longueurs d'onde de ses harmoniques sont autour de 70 cm, 23,33 cm, 14 cm, 10 cm…, correspondant respectivement aux fréquences 500 Hz, 1500 Hz, 2500 Hz, 3500 Hz… Ces dernières fréquences sont donc les fréquences centrales des formants (Zhu 2010). Les fréquences des formants varient donc lorsque la forme du tube du conduit vocal connaît une modification. En revanche, dans le spectre, F0 est toujours la plus basse et la plus intense parmi tous les formants.

En raison des différences physiologiques entre les individus, pour produire le même segment, le spectre des formants a différentes qualités selon les locuteurs. En général, le larynx d'un homme est plus long, situé plus bas que celui d'une femme. Cela donne une fréquence fondamentale plus basse chez l'homme (environ 100 Hz), par rapport à la femme (environ 200 Hz), mais également un spectre plus riche en harmoniques dans le même cadre auditif chez celui-ci.

La valeur de la fréquence fondamentale est déterminée par les conditions physiologiques de chaque individu. Elle est modifiée selon les mouvements musculaires du larynx. Par conséquent, il n'est toujours aisé d'expliquer la modification de la fréquence fondamentale. En général, la longueur du larynx est considérée comme étant corrélée à la fréquence fondamentale. Ohala (1972) a constaté, après une observation des données radiographiques et électromyographiques, que l'élévation de la combinaison larynx-os hyoïde est inversement proportionnelle à la période de la fréquence fondamentale dans la production de la parole. Barbier (1979) a eu la même remarque qu'Ohala avec des données oscillographiques. Lindqvist-Gauffin (1969) ont montré que le rapport entre la hauteur du larynx et la fréquence fondamentale est « systématique dans le premier pas » dans le chant mais « accidentel » pour la parole. La longueur du larynx ne peut donc pas faire office de paramètre principal dans la modification de la fréquence fondamentale, d'autres facteurs y participent également.

F0 baisse graduellement dans l'énonciation d'une phrase, par exemple dans un énoncé affirmatif. Selon un modèle du larynx proposé par Maeda (1979), cette déclinaison naturelle de F0 s'explique par une diminution graduelle de la pression d'air subglottique et un raccourcissement des plis vocaux qui l'accompagne.

Selon les observations *in* Calliope et Fant (1989), les facteurs principaux qui influencent la fréquence fondamentale sont les suivants :

- *la pression intraglottique ;*
- *la longueur des cordes vocales, leur masse et sa répartition ;*
- *la tension et la compression latérale et la disposition ;*
- *l'effet de couplage avec les cavités sub- et supraglottiques ;*
- *l'interaction entre les cordes vocales.* (Calliope et Fant 1989 : 28)

Autre que F0, dans le spectre d'un son, surtout dans celui d'un son harmonique telle qu'une voyelle, on voit d'autres formants en forme de bandes noires sur les spectrogrammes. Ces derniers sont liés non seulement à l'état des organes articulatoires supraglottiques mais aussi à la forme de la partie du conduit vocal située au-dessus de la glotte. Plus les fréquences que les formants contiennent sont basses, plus elles transportent de l'énergie. Autrement dit, les formants de basses fréquences contribuent davantage à la perception que les formants de hautes fréquences. Au-dessus d'une certaine fréquence (5000 Hz), le système auditif devient peu sensible à ces harmoniques. Pour cette raison, les études acoustiques se centrent très souvent sur les premiers formants (de F1 à F4) d'un spectre, et ce sera aussi le cas dans notre recherche.

Il nous semble important de mentionner ici que les rapports entre les formants supérieurs à F0 et l'état des organes articulatoires ne sont pas univoques. Aujourd'hui, les chercheurs établissent souvent une approximation entre F1 et le degré d'aperture, entre F2 et la position du dos de la langue et éventuellement entre F3 et la cavité labio-dentale. Pourtant, les valeurs des formants sont déterminées par davantage de facteurs articulatoires. Pour donner un exemple, F2 est également lié au geste des lèvres (Nguyen et Adda-Decker 2013). Ainsi dans l'analyse des données acoustiques, nous ne pouvons que déduire des possibilités de mouvements articulatoires, tout en sachant qu'un seul mouvement peut avoir sa conséquence dans de multiples paramètres acoustiques. L'effet auditif que les formants provoquent sera abordé, quant à lui, dans la prochaine section.

Le chuchotement

En voix chuchotée, les plis vocaux sont en contact ou assez rapprochées, à l'exception des aryténoïdes. Ainsi, le mode de chuchotement se maintient lors de la production des segments qui sont supposés être voisés/sonores. Seuls les êtres humains sont capables de chuchoter (Fink et Demarest 1978), et cette capacité est due à la structure biomécanique particulière du conduit vocal humain. Lorsqu'on produit un son en chuchotant, la glotte n'est pas complètement fermée, comme l'illustre la figure 12. Les plis vocaux sont très proches les uns des autres dans la partie antérieure, et sont écartées dans la partie inter-aryténoïdienne. La tension sur les plis vocaux, ou bien, l'effort laryngé, est moins importante que celle en voisement, et pourtant, les plis vocaux ne présentent quasiment pas de vibration, dus à la glotte légèrement ouverte (Luchsinger et Alnold 1965, Tsunoda *et al.* 1997). Dans ce processus, l'adduction des plis vocaux reste effective (Sundberg 2010, Crevier-Buchman 2012, Robieux *et al.* 2016). Konnai (2012) a mentionné que la pression subglottique en chuchotement est plus faible que celle du voisement, lorsqu'on emploie un chuchotement faible, alors qu'elle n'est pas significativement différente de celle en voisement lorsqu'on chuchote normalement ou fort. Il a également montré que le volume (*loudness*) du son est accompagnée de celle de la pression subglottique, quel que soit le mode de phonation.

(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 12 : La glotte en position de la voix chuchotée (Pernkopf 1952, cité *in* Calliope et Fant 1989 : Fig. II. 10. *d)*).

Le flux d'air d'origine subglottique traverse la partie ouverte de la glotte et provoque une friction. Cette friction est en général un bruit blanc[35], non-périodique, et lorsqu'elle

[35] Un bruit blanc est un bruit « *qui n'a ni hauteur ni rythme, pour lequel aucune zone de fréquence ne diffère d'une autre et pour lequel aucun segment temporel ne diffère d'un autre* ». (Zwicker et Feldtkeller, 1981 : 13)

traverse la zone supraglottique, sous l'effet de filtrage de cette dernière, elle devient un bruit à bande[36].

Un discours chuchoté est accompagné non seulement d'ajustements au niveau glottique mais aussi de ceux aux niveaux sub- et supra-glottiques. Pourtant, ces ajustements semblent non synchronisés avec l'ajustement glottique. En chuchotement, la distance entre l'épiglotte et les plis vocaux est réduite par rapport au cas du voisement, et ce, avec une adduction des bandes ventriculaires (Crevier-Buchman *et al.* 2009). Ce rajustement débute tôt dans le discours et couvre même les segments non-sonores. De plus, les cavités supraglottiques connaissent également des modifications par rapport à la voix modale dans la production de la même cible phonologique. Selon l'observation des logatomes chuchotés de Crevier-Buchman *et al.* (2009), la modification de la région supraglottique a lieu non seulement durant le segment voisé mais persiste aussi durant la réalisation de tout le logatome. Tsunoda *et al.* (1994) supposent qu'il existe une corrélation entre l'ajustement supra-laryngien et l'ajustement glottique, et ce, réalisé par la coordination entre les muscles cricoaryténoïdiens postérieurs et les muscles thyro-pharyngiens. Ils ont observé un niveau d'activité élevé de ces muscles dans le chuchotement, qui empêche la vibration glottique et la constriction de la partie supra-laryngienne. Ils en concluent donc que pour passer du mode modal au mode de chuchotement, le cerveau oriente l'activation de ces muscles au début de l'expression. Ces recherches mettent en évidence que les modifications sub- et supra-glottiques peuvent se déclencher avant l'ajustement glottique et se maintenir après ce dernier : elles sont donc indépendantes de l'état physiologique de la glotte mais corrélées à l'ensemble d'ajustements activés par le mode de phonation.

L'onde acoustique du chuchotement, ce bruit de bande, est composé d'ondes sinusoïdales et d'ondes aléatoires. L'objectif d'employer le mode de chuchotement dans un discours est, bien entendu, de réduire la force que la voix porte. Dans un chuchotement dit « normal » ou « faible », l'intensité sonore d'un son chuchoté est plus basse que celle de ce son en mode de voisement, avec une différence d'environ 20 dB. Cette différence peut être moins importante dans le cas d'un chuchotement « fort » (Konnai 2012). La perte d'énergie a lieu surtout dans les fréquences basses (Ito *et al.*

[36] « *Avec un filtre de distorsion d'affaiblissement définie, on peut extraire d'un bruit blanc un autre bruit ayant un niveau de densité d'intensité acoustique non plus constant mais fonction de la fréquence… On crée des bruits à bandes étroites en filtrant un bruit blanc par un filtre à bande étroite.* » (Zwicker et Feldtkeller, 1981 : 16)

2005, Jovičić et Šarić 2008). Pourtant, différent du murmure qui est dans le même objectif de perception (c'est-à-dire la réduction de l'énergie de la voix), le chuchotement se caractérise par la disparition totale de la fréquence fondamentale des sons voisés/sonores. De plus, la structure spectrale est modifiée en voix chuchotée, par rapport à la voix normale (Higashikawa *et al.* 1996, Tartter, 1991). Les formants des voyelles et des consonnes voisées sont aplatis et les formants des voyelles connaissent une élévation par rapport à la voix modale (Sharifzadeh *et al.* 2009). Dans la prochaine section, nous discuterons les conséquences perceptives de ces modifications acoustiques.

3.2. Le système auditif et la perception du pitch tonal

Comme il a été montré dans la section précédente, la qualité de l'onde acoustique de la parole est directement liée à l'état physique de tous les niveaux du conduit vocal du locuteur. Parmi les paramètres du signal acoustique, plusieurs sont en corrélation directe ou indirecte avec les structures tonales : les formants dans le spectre, l'intensité acoustique, la durée du segment voisé, etc. Dans le processus de perception de la parole, ces paramètres présentent des informations qui seraient traitées dans le système auditif de l'auditeur.

3.2.1. Le système auditif

Pour comprendre le fonctionnement des mécanismes de l'audition, il faut prendre en compte les fonctionnements de ses deux parties : le système auditif périphérique et le système auditif central. Les figures 13 et 14 illustrent respectivement l'anatomie de ces deux parties du système auditif.

Le système auditif périphérique

Le système auditif périphérique «*s'arrête au niveau des premiers neurones du nerf auditif, et correspond à ce que l'on entend communément par « l'oreille »* » (Calliope et Fant 1989 : 150). Cette partie est responsable de la transformation du signal acoustique en impulsions nerveuses.

Certaines caractéristiques du système auditif périphérique ont été observées. Cette partie manifeste un pouvoir sélectif des fréquences, une limitation en dynamique, l'adaptation à court terme et l'analyse des influx nerveux (Delgutte 1984).

Le processus de transmission du son de la parole dans le système auditif périphérique a quatre phases, indiquées par les flèches bleues dans la figure 13 :

- *transmission aérienne jusqu'au tympan (oreille interne),*
- *transmission mécanique jusqu'à la fenêtre ovale (oreille moyenne constituée d'une chaîne de trois osselets),*
- *transmission hydromécanique au niveau de la membrane basilaire (oreille interne appelée aussi « limaçon » ou « cochlée »),*
- *transmission chimique au niveau des cils des cellules ciliées (qui forment l'organe de Corti située sur la membrane basilaire), responsable du déclenchement des influx nerveux sur les fibres du nerf auditif* (Sorin 1986 : 3).

Les activités électriques sur les fibres nerveuses sont sous forme d'impulsions brèves à une amplitude constante. Elles se produisent même en l'absence d'un son. Les nerfs auditifs, dont les points d'innervation sont reliés à la cochlée, répondent sélectivement aux vibrations dont les fréquences sont proches de leurs « fréquences caractéristiques ». Lorsqu'une stimulation se transmet dans le liquide cochléaire (appelée endolymphe), la pression des fréquences renforcées active les points d'innervation des fibres qui correspondent à ces fréquences, mais aussi ceux des fibres voisines. Cela permet au système auditif périphérique de fonctionner comme des filtres passe-bandes.

De plus, la création d'une sensation de son dans les nerfs auditifs a des « seuils de décharge » qui exigent la stimulation acoustique minimale, ainsi que des « seuils de saturation » qui empêchent une stimulation acoustique de créer plus d'impulsions électriques que le système nerveux puisse en supporter. Toutes les fibres nerveuses n'ont pas le même seuil de décharge, ni le même seuil de saturation pour produire une augmentation d'activité électrique (Rouiller 1992, Virole 2006).

Les réponses des fibres sont des impulsions nerveuses isolées. Le système auditif périphérique compte leur nombre chaque 5-10 ms et en déduit des cadences moyennes de décharge des fibres. Ainsi, entre le début de la stimulation acoustique et le déclenchement de la sensation sonore, il y a ce décalage de quelques millisecondes. *Idem* entre l'arrêt de la stimulation et la disparition de la sensation. D'ailleurs, une certaine régularité a été observée dans les intervalles temporels qui séparent les impulsions isolées. Elle est corrélée au spectre du stimulus acoustique. C'est la « synchronisation des flux » qui permet d'analyser les impulsions avec des fenêtres

d'analyse plus fines que précédemment. En l'occurrence, au moins cinq systèmes de neurones ont été observés dans le système auditif. Ils fonctionnent en parallèle et présentent des caractéristiques différentes dans la synchronisation des décharges. En prenant en compte les cadences moyennes de décharge et la répartition temporelle fine, le système auditif périphérique définit la fréquence de la réponse dominante sur les fibres (Sorin 1986).

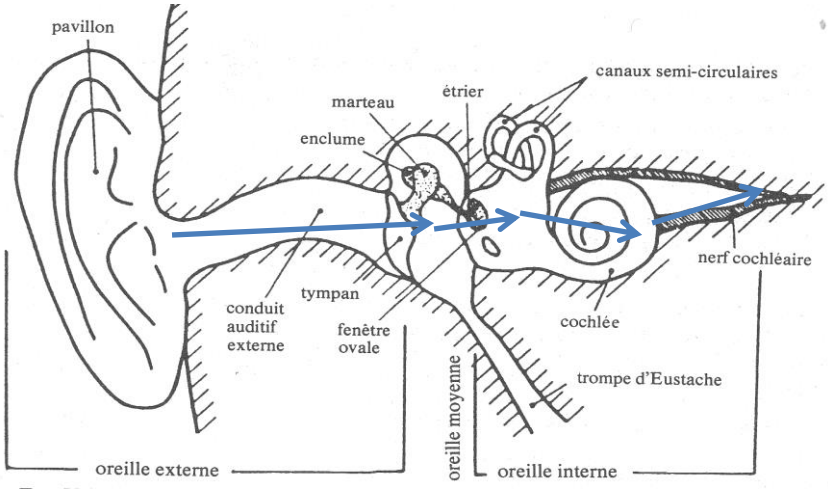


Figure 13 : Schéma anatomique du système auditif périphérique (adapté de Dolmazon 1980).

(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 14 : Schéma d'une coupe transversale d'un tour de cochlée (Dolmazon 1980, cité *in* Calliope et Fant 1989 : Fig. V. 3.).

Le système auditif central

Le système auditif central va des premiers neurones jusqu'au cortex cérébral. Dans cette partie du système, s'effectue le traitement des informations sonores aux niveaux supérieurs. Le cortex contient lui-même un système « afférent » de fibres nerveuses de l'oreille au cortex et un système « efférent » du cortex à la périphérie (Calliope et Fant 1989 ; Simon *et al*. 2009). La figure 15 donne une vision schématique de l'ensemble du système auditif, dans laquelle se présentent les organes engagés dans le traitement d'informations auditives dans le système auditif central.

Les rapports entre les stimuli acoustiques et les impulsions nerveuses créées dans le système auditif périphérique ne sont pas linéaires alors que les rapports entre les impulsions et les informations perçues par le cerveau dans le système auditif central sont plutôt en relation linéaire. Les fibres afférentes primaires lient la cochlée au tronc

cérébral. Les informations s'adressent en premier temps aux noyaux cochléaires et au complexe olivaire, puis aux noyaux du lemnisque latéral et au colliculus inférieur. Passant ensuite les corps genouillés médians du diencéphale, à travers les radiations thalamo-corticales, les informations aboutissent au cortex auditif primaire. Toutefois, il existe de nombreuses voies pour les informations auditives (Kaas et Hackett 2000, Guiraud 2007). Malgré tout, il est toujours problématique de connaître le cheminement et le traitement des informations du son dans cette partie du système auditif.

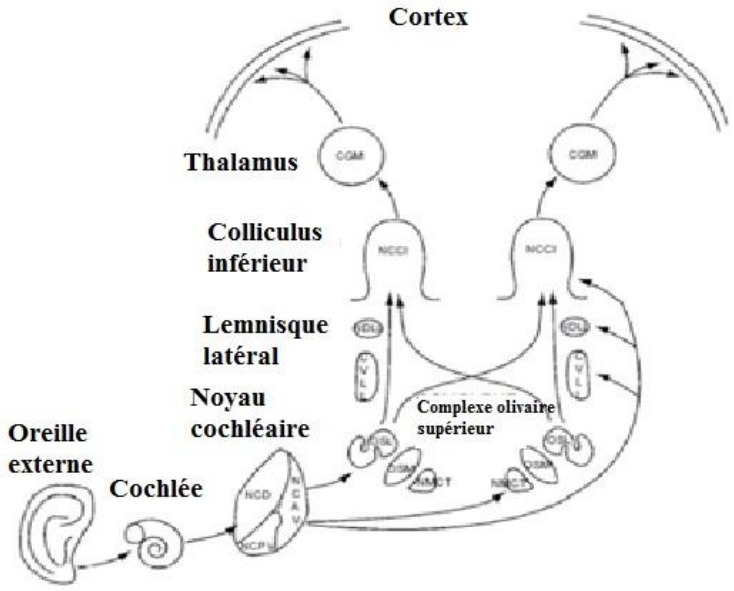


Figure 15 : Représentation schématique des voies auditives (adapté de Glendenning et Hutson 1998).

Circuit du fonctionnement du système auditif et traitement des informations du pitch

La figure 16 illustre le schéma du fonctionnement du système auditif total, avec les flèches ascendantes correspondant au système « afférent » et les flèches descendantes au système « efférent ».

(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 16 : Représentation très schématisée du système auditif central (Calliope et Fant 1989 : Fig. V. 2.: Représentation très schématisée du système auditif central : les flèches ascendantes correspondant au système afférent, les flèches descendantes au système efférent).

Toutes les opérations que le système auditif est capable d'effectuer ne sont pas préfixées à la naissance. D'un côté, les organes du système lui permettent d'avoir la sensibilité innée au spectre du son. De l'autre côté, le système a une flexibilité. Il évolue avec l'expérience de tout type de trait pertinent, jusqu' à ce qu'il soit capable d'effectuer de nouvelles opérations, telle que la localisation du son (Merzenich et Jenkins 1983, Sorin 1986).

Selon la théorie duplexe de la perception du pitch (Licklider 1951), la perception du pitch a une duplicité dans le processus du traitement auditif. La première phase du traitement est une analyse fréquentielle du spectre, réalisée par la cochlée (qui fait partie du système auditif périphérique). Dans cette phase, les composantes du spectre du stimulus sont distribuées aux différentes chaînes de fréquence. Dans la deuxième phase du traitement, le système nerveux effectue une analyse autocorrélationelle du signal sur chaque chaîne de fréquence. À travers ces diverses opérations (multiplication, intégration, etc.), le système nerveux récupère des corrélations dans le spectre.

Cette théorie présume que, dû au processus non-linéaire de l'excitation neurale entre le stimulus et l'autocorrection, cette dernière intervient dans la perception du pitch. Plus précisément, les circuits de neurones qui fonctionnent selon le modèle autocorrélationnel complètent l'analyse fréquentielle dans la cochlée. Lorsque l'analyse

fréquentielle dans la cochlée ne fournit pas suffisamment d'information sur le pitch, telle que celle dans la perception d'un discours chuchotée, les informations sur le pitch issues de l'analyse autocorrélationnelle favorisent la perception d'un pitch.

Le résultat final du traitement du stimulus acoustique dans le système auditif est une « sensation du pitch », sous forme d'influx nerveux qui s'adresse au cerveau. Nous présenterons *infra* quelques règles de la transformation du signal acoustique en impulsions nerveuses.

3.2.2. Règles du traitement du signal acoustique dans le système auditif (périphérique)

Nous prêtons ici une attention particulière aux aspects du fonctionnement du système auditif qui concernent davantage notre recherche, en nous focalisant particulièrement sur ceux qui dominent dans la perception (ou la reconstitution) du pitch. Les informations exploitables pour la reconnaissance du pitch, ainsi que la plupart de leurs déficits, sont issues des analyses spectrales effectuées dans le système auditif périphérique (Montandon 1976). Ainsi, les notions auxquelles nous référerons ici renvoient aux caractéristiques des influx nerveux produits dans le système auditif périphérique.

Ce paragraphe doit énormément à l'œuvre de Zwicker et Feldtkeller de 1980, traduit en français en 1981. Cette œuvre nous présente un panorama des aspects psychoacoustiques de l'ouïe.

Modulation du son

Il a été mentionné dans la section précédente que les sons produits dans le mode de la voix modale et dans le mode du chuchotement n'ont pas la même nature phonique. Théoriquement, en voix modale, la vibration du larynx produit un son périodique. Ce dernier subit l'effet du filtrage que le conduit vocal lui impose dans sa diffusion, et se transforme en un son complexe (celui qui présente une gamme des harmoniques dans le spectre). En voix chuchotée, un bruit blanc se produit au niveau glottique, qui devient un bruit de bande dans sa diffusion. Ce bruit présente, toutefois, une série de bandes dans son spectre qui ressemblent aux bandes formantiques du son complexe sinusoïdal. Zwicker et Feldtkeller (1981 : 16) ont précisé que «*Avec un filtre de distorsion*

d'affaiblissement définie[37]*, on peut extraire d'un bruit blanc un autre bruit ayant un niveau de densité d'intensité acoustique non plus constant mais fonction de la fréquence.* ». En outre, « *les oscillogrammes des bruits de bande sont comparables à des oscillogrammes de vibrations sinusoïdales modulées irrégulièrement en amplitude.* » (Zwicker et Feldtkeller 1981 : 17) Ainsi, avant d'étudier les caractéristiques des bruits de bande produits en voix chuchotée, il convient à préciser la notion de *modulation du son*.

La modulation d'un signal sonore résulte de la superposition du signal original et d'un signal modulant. Dans le domaine des télécommunications, les signaux sonores à transmettre sont modulés dans l'objectif de minimaliser les déficits d'origine du canal de transmission. Il existe en général deux types de modulation : la modulation en amplitude (AM) et la modulation de fréquence (FM). La figure 17 illustre un exemple la forme d'un signal modulant, la forme d'un son modulé en amplitude et la forme d'un son modulé en fréquence. Les différences entre les deux signaux modulés, en bas dans la figure, démontrent que le son modulé en amplitude présente une régularité périodique dans la variation de l'amplitude de vibration alors que celui modulé en fréquence présente une régularité périodique dans la variation de la fréquence de vibration. La périodicité de la variation en amplitude dans le premier son modulé correspond à celle de l'amplitude du signal modulant ; et la périodicité de la variation en fréquence dans le deuxième son modulé correspond à celle du signal modulant.

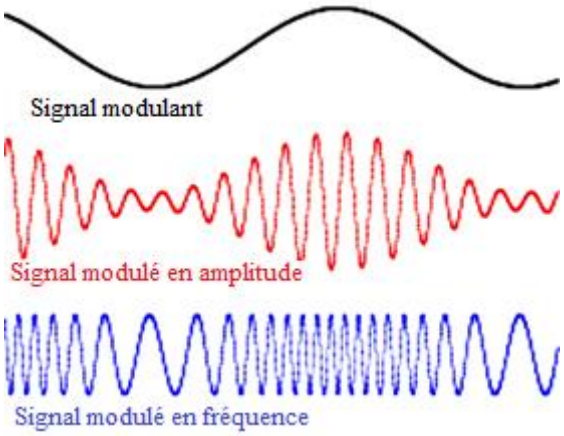


Figure 17 : Un exemple de la modulation en amplitude et de la modulation en fréquence, avec un signal modulant à une fréquence basse superposé à des signaux à des fréquences hautes (adapté de Duffy *et al.* 2013).

[37] Pour plus d'informations sur la notion de distorsion, voir Rossi (1986 : 10.2.12).

Le signal d'un bruit de bande combine ces deux types de modulation, et « *...l'ouïe perçoit une modulation en amplitude comme une variation de force sonore du son et une modulation de fréquence comme une variation de hauteur, ...* » (Zwicker et Feldtkeller 1981 : 18). Dans un bruit de bande, la variation d'amplitude varie de manière plutôt irrégulière, et la variation de fréquence varie de manière périodique. Plus la bande est étroite, plus le bruit de bande ressemble à un son sinusoïdal, et « *plus sera petite la vitesse de variation de l'amplitude* » (Zwicker et Feldtkeller 1981 : 17).

Lorsque nous étudions un son complexe, ou un bruit de bande complexe, les caractéristiques acoustiques de chaque bande doivent être prises en considération.

Filtre auditif et bandes critiques

Le concept du filtre auditif a été proposé par Fletcher (1940). D'après lui, le système auditif fonctionne comme *« un banc de filtres qui se chevauchent et dont les fréquences centrales s'échelonnent continûment »* (*in* Calliope et Fant 1989). La largeur de chaque filtre est appelée *bande critique*. La fonction des bandes critiques est de permettre à l'oreille de discriminer différentes harmoniques dans le même son complexe. Elle implique un écartement nécessaire en fréquence entre deux harmoniques discriminables à la perception. En l'occurrence, l'ouïe est capable d'établir une bande critique autour de n'importe quelle fréquence centrale. La position de la bande critique sur l'échelle des fréquences n'est donc pas préfixée mais dépendante des fréquences où se trouve le maximum de l'énergie sonore. Dans la zone de fréquence de 20 Hz à 16 kHz, 24 bandes critiques ont été reconnues.

Du point de vue neurologique, ce filtrage est issu du fait mentionné *supra*, que les fibres du nerf auditif répondent de manière sélective aux sons dont les fréquences sont proches des leurs.

Afin de mesurer la largeur d'une bande critique, Zwicker (1961) a établi l'échelle Bark. Elle vaut de 100 à 500 Hz et au-delà est égale à environ 20% de la fréquence centrale, équivalente à environ 1/3 octave. Au-dessous de 500 Hz, un Bark égale à 100 Mels (la notion de « Mel » sera immédiatement présentée dans le paragraphe suivant). Traunmüller (1990) a proposé les formules suivantes pour l'estimation de Bark à partir de la fréquence du son :

$$Critical\ band\ rate\ (Bark) = [(26{,}81f)/(1960 + f)] - 0{,}53$$

Si résultat < 2, ajoute 0,15*(2-résultat)

Si résultat > 20,1, ajoute 0,22*(résultat-20,1)

$$Critical\ bandwidth\ (Hz) = \frac{52548}{z^2 - 52{,}56z + 690{,}39}$$

Avec z = nombre de Bark.

Rossi (1986) a précisé qu'« *...à l'intérieur d'une bande critique, la sonie*[38] *dépend essentiellement de la valeur efficace de la pression acoustique, alors que la sonie totale s'obtient par combinaison, ..., des sonies des différentes bandes critiques.* » (Rossi 1986 : 528)

Ainsi, lorsque la largeur d'une bande (de formant ou de bruit) dépasse celle de la bande critique qui correspond à sa fréquence centrale, les fréquences latérales qui tombent hors de la bande critique seront « masquées » par le système auditif périphérique.

Seuil de détection de la variation sonore

À part les bandes critiques, le système auditif périphérique connaît d'autres contraintes dans la détection des caractéristiques d'un son. Parmi ces contraintes, celles qui nous intéressent particulièrement sont *les seuils de détection de la variation sonore*. Dans la perception d'un son, les plus petites variations audibles, appelées *les seuils différentiels*, existent au niveau temporel, au niveau de l'intensité, au niveau de fréquence, etc. Un certain niveau d'interaction existe entre ces seuils.

Pour percevoir la hauteur d'un son isolé de manière assez précise, le son doit non seulement atteindre un certain niveau de l'intensité acoustique mais aussi avoir une durée supérieure à 10 ms.

Pour les niveaux d'intensité sonores compris entre 40 et 70 dB (ceux qui correspondent aux signaux enregistrés dans notre recherche), le seuil différentiel de variation d'intensité est de 1 dB. Aux mêmes conditions de l'intensité sonore, le seuil de variation vaut 1,8 Hz lorsque la fréquence centrale est en dessous de 500 Hz. Il fait environ 3,5‰ de la fréquence centrale lorsque cette dernière dépasse 500 Hz (Buser et Imbert 1987, Zwicker et Feldtkeller 1981).

[38] Le terme « sonie » définit le volume du son que l'individu perçoit (Zwicker et Feldtkeller 1981, Ganévet *et al.* 1981, Scharf *et al.* 1983)

Dans la perception d'un bruit de bande, le seuil différentiel de la variation de fréquence est naturellement supérieur à celui d'un son pur, puisque la pression acoustique fluctue et la perception de la translation en fréquence est perturbée par la modulation propre du bruit. (Zwicker et Feldtkeller 1981, Rossi 1986). Il est toutefois problématique de préciser ce seuil dans la perception d'un bruit de bande. D'après Zwicker et Feldtkeller (1981), s'il s'agit un bruit de bande passe-haut, le seuil sera indépendant du niveau de l'intensité, comme celui dans un son pur ; et s'il s'agit d'un bruit de bande passe-bas, le seuil augmente rapidement avec le niveau de l'intensité[39]. Les figures ci-dessous donnent les seuils différentiels de variation de fréquence détectés pour des bruits de bande passe-haut et passe-bas limités à 1000 Hz. La figure 18 montre la variation du seuil en fonction de la fréquence de modulation, et la figure 19 la variation du seuil en fonction du niveau de l'intensité.

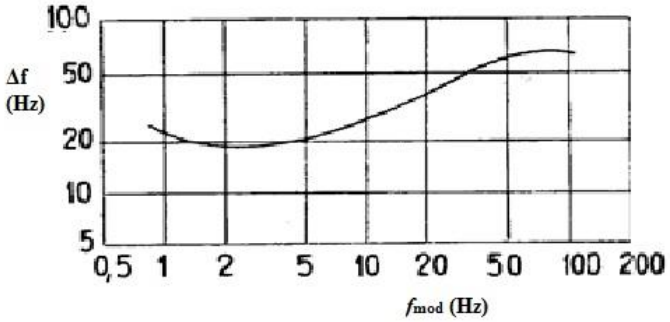


Figure 18 : Seuil différentiel de fréquence (Δf) de bruit de bande passe-bas ou passe-haut, de fréquence de coupure 1000 Hz, en fonction de la fréquence de modulation (f_{mod}) (adapté de Zwicker et Feldtkeller 1981).

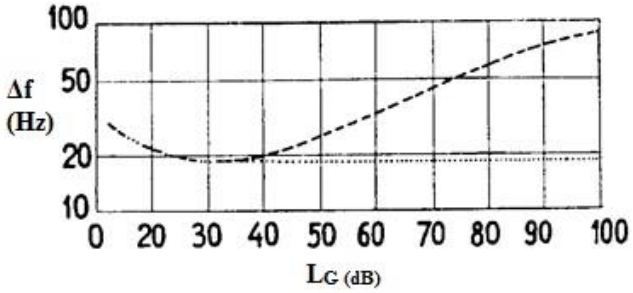


Figure 19 : Seuil différentiel de fréquence (Δf) de bruit de bande passe-bas (tiret) ou passe-haut (pointillés), de fréquence de coupure 1000 Hz, en fonction du niveau de l'intensité (L_G) (adapté de Zwicker et Feldtkeller 1981).

[39] Un bruit de bande passe-haut est un bruit qui préserve les hautes fréquences et éliminent les basses fréquences, alors qu'un bruit de bande passe-bas est le contraire : il préserve les basses fréquences et éliminent les hautes fréquences.

Hauteur du son complexe

Un son harmonique produit dans la parole humaine est un son complexe, contenant une échelle d'harmoniques. Bien que ses harmoniques contiennent des fréquences différentes, ils contribuent dans le système auditif à la formation d'une seule sensation de hauteur sonore. En revanche, une série inharmonique peut donner à l'oreille une sensation de hauteur ambiguë ou une sensation de hauteurs multiples (Demany 1987).

La relation entre la sensation de hauteur et la fréquence du son qui stimule le système auditif suit un ordre logarithmique[40]. L'échelle de Mel (Stevens *et al.* 1937) a été établie pour quantifier cette sensation harmonique. La conversion d'Hertz en Mel se fait avec la formule suivante :

$$m = 2595 * log_{10}\left(1 + \frac{f}{700}\right)$$

La sensation de hauteur d'un son complexe est décrite comme la « hauteur mélodique ». Elle est conséquente du traitement d'un ensemble de paramètres acoustiques dans le système auditif : les harmoniques se fondent les unes avec les autres à l'oreille lorsqu'elles sont entendues simultanément, ou l'une après l'autre, formant cette hauteur mélodique. Elle ne correspond pas forcément à la hauteur de l'une des harmoniques du son et, dans la situation où elle ne correspond à aucune hauteur harmonique, sa valeur doit être recalculée. Cela est valable non seulement dans l'analyse d'un son complexe harmonique mais aussi dans l'analyse d'un bruit de bande étroite. Une condition doit être atteinte pour réussir cette modulation harmonique : le son complexe en question doit se composer d' « *une série de son où la fréquence du son adjacent plus aigu peut être déduite de la fréquence du son précédent par une simple multiplication par un facteur constant* » (Zwicker et Feldtkeller 1981 : 80).

Pour définir la hauteur et la grandeur sensorielle d'un son, le terme « tonie » a été employé, avec le Mel comme unité de mesure. Quand on analyse un son pur à une fréquence en dessous de 500 Hz, on considère que la valeur de sa tonie est égale à celle de sa fréquence. Au-dessus de 500 Hz, le rapport entre la tonie et la fréquence suit l'ordre logarithmique. Leur rapport peut être déduit à l'aide d'une courbe comme celle

[40] Selon la loi JND (*Just Noticeable Difference*) de Fechner et selon la loi de Weber, toutes les sensations suivent une loi logarithmique dans leur augmentation (Stevens 1975).

illustrée dans la figure 20. Il y a 620 échelons de tonie estimés dans la zone entre 50 Hz et 20 kHz, chacun couvrant environ 4 Mels.

(Image manquante pour protéger le droit d'auteur)

Figure 20 : Tonie Z en mel d'un son pur en fonction de sa fréquence (Zwicker et Feldtkeller 1981 : Figure (31, 1)).

Si nous concentrons sur la méthodologie de l'étude de F0 dans un son de la parole, il existe plusieurs échelles sur lesquelles la hauteur mélodique de F0 pourrait s'exprimer. Par exemple, la hauteur mélodique s'exprime souvent en demi-tons dans le domaine de la prosodie, avec *St* comme l'unité minimale. L'échelle de demi-tons est d'origine de la culture musicale occidentale classique, avec une octave divisée en 12 intervalles égaux, ou bien, en 12 demi-tons (Kuttner 1975).

La valeur de F0 en Hz pourrait être convertie en une hauteur mélodique relative en demi-tons, avec une valeur de référence. Fant *et al.* (2002) ont donné la formule de cette conversion, celle qui suit aussi un ordre logarithmique, comme la suivante :

$$St = 12[\ln(\frac{Hz}{100})/ln2]$$

Cette formule propose donc une valeur de référence à 100 Hz.

De Looze et Hirst (2010) ont proposé une autre échelle qui exprime la hauteur mélodique de F0 sur une base d'octave : l'échelle OME (*Octave-MEdiane*). Cette échelle permet de calculer la variation de la hauteur mélodique à partir de la médiane de F0 dans un contour de F0 complexe. Elle est intéressante notamment pour des études sur les étendues du registre dans lesquelles s'inscrivent les composantes prosodiques.

Perception du pitch tonal en voix modale et en voix chuchotée

Lehiste (1970) a constaté que les traits distinctifs prosodiques s'appuient sur un éventail de caractéristiques acoustiques, tels que la fréquence fondamentale, l'intensité et la durée. Les traits réalisés à travers ces caractéristiques du son sont considérés comme étant superposés sur le trait du voisement qui est un trait inhérent dans le langage. De plus, elle a souligné une différence importante entre la fonction des traits segmentaux et celle des traits suprasegmentaux. Elle explique ce constat par le fait que les valeurs phonologiques des traits segmentaux existent en elles-mêmes, et que celles des traits suprasegmentaux sont relativisées par rapport au contexte, ou bien, par rapport à l'entourage. Dans un énoncé, on peut distinguer, par exemple, les occlusives sonores des occlusives sourdes par le simple geste du voisement. En revanche, on ne peut pas savoir à quel niveau prosodique une mélodie aiguë à la fin de l'énoncé correspond, avant de connaître sa position dans la structure prosodique de tout l'énoncé et de la comparer avec d'autres séquences mélodiques dans la même structure.

De ce fait, la valeur tonale n'existe pas en valeur absolue au niveau de F0 mais plutôt en termes de qualité de contraste au niveau de ce F0 dans la réalisation des différentes unités tonales. Il a été démontré d'ailleurs que non seulement la hauteur et la direction de la variation de F0 sont à prendre en compte dans le jugement du ton, mais aussi le timing de la variation de F0 (Shen 1990). D'autres recherches sur la corrélation entre la durée et le ton ont été citées dans le chapitre précédent (*cf.* Section 2.3.), et donc ne seront pas répétées ici.

Autre que F0 et la durée, l'intensité acoustique est aussi considérée comme ayant certaines corrélations avec le ton en parole. Lin (1965) a observé les contours de l'intensité et ont conclu que le ton 3 présente l'intensité la plus basse et le ton 4 la plus haute. Whalen et Xu (1992) ont prêté leur attention plutôt au contour de l'intensité, et ont trouvé que le ton a un effet sur le niveau de l'intensité. Fu *et al*. (1998) ont étudié la contribution de l'intensité acoustique à la perception, et ont conclu que ce paramètre a un impact perceptif uniquement dans la distinction du ton 3 et du ton 4, et que l'utilisation des indices au niveau de l'intensité varie largement entre différents individus.

Toutefois, Lin (1988) a constaté dans son étude qu'une manipulation du contour de l'intensité dans les signaux synthétiques n'a pas d'influence remarquable sur le résultat

de perception. Cette conclusion a été revisitée par Whalen et Xu (1992), qui considèrent que dans l'expérience de Lin, la présence de F0 a peut-être perturbé la perception. D'après nous, cela nous indique que F0 fournirait au système auditif les indices primaires qui sont prioritaires, mais avec lesquels les indices secondaires ne s'accordent pas nécessairement.

Dans notre recherche, la structure formantique nous intéresse particulièrement comme fournisseur d'indices tonals. La production du ton exige des mouvements des organes (surtout dans la direction verticale) au niveau du larynx (Hirai *et al.* 1994, Honda *et al.* 1999). Ce processus modifie non seulement l'activité vibratoire des plis vocaux mais également la longueur du conduit vocal. Dans cette situation-là, le spectre des formants (y compris les harmoniques autre que F0) varie donc de manière passive, en fonction du ton. Malgré cela, la structure formantique n'influence pas de manière systématique le jugement du ton perçu en parole, et ce, en voix modale (Tseng *et al.* 1986). Pourtant, son effet reste inconnu dans la perception du ton chuchoté.

D'autres études (relativement récentes) s'intéressent davantage aux poids de la modulation de l''amplitude et à ceux de la modulation de la fréquence dans la perception du ton, se centrant plus souvent sur deux facteurs importants du son pour l'ouïe : *temporal envelope,* qui réfère au parcours de fluctuation de la pression acoustique sur l'axe temporel, et *fine structure,* qui réfère à la variation instantanée du signal modulant (Flaganan 1972, O'Shaughnessy 1987, Sheft *et al.* 2008, Fu *et al.* 1998, Fu et Zeng 2000). D'une part, ces deux facteurs sont considérés comme étant indispensables pour l'intelligibilité d'un son de la parole. Lorsque l'*envelope* de la parole est filtrée, les informations fournies par la seule *fine structure* ne sont pas suffisantes pour rendre la parole intelligible (Drullman *et al.* 1994a, 1994b). D'autre part, la *fine structure* est supposée avoir plus de contribution que l'*envelope* à la perception des mélodies complexes. Xu et Pfingst (2003) ont trouvé, à partir de tests de perception, que la perception des tons du mandarin s'appuie plus souvent sur les indices de la *fine structure* et moins sur ceux de l'*envelope,* et que la *fine structure* préside dans la perception mélodique. Cela correspond aux constats de Smith *et al.* (2002, cité par Xu et Pfingst 2003) dans la perception de l'anglais. Moore (2008) a confirmé que les informations transmises par *envelope* et par *TFS (temporal fine structure)* sont toutes présentes dans le timing des charges neurales, et que les indices dans *TFS* jouent un rôle

important dans le masquage du son, dans la perception du pitch, ainsi que dans la perception de la parole.

Quant à la perception du pitch en parole chuchotée, malgré qu'Abramson (1972) ne considère pas que les tons soient suffisamment reconstitués en voix chuchotée, une majorité des recherches sur la parole chuchotée confirme que le chuchotement préserve quand même certains effets acoustiques des traits tonals. Ces effets peuvent fonctionner en tant qu'indices acoustiques dans la perception de la parole chuchotée. En général, les traits prosodiques peuvent s'appuyer sur le contraste entre les voisés et les non-voisés[41], à différents axes, ou sur le contraste entre les voisés divergentes.

La problématique de juger le ton dans un discours chuchoté reste compliquée en raison de l'absence de F0, ce qui est considéré comme étant critique pour la réalisation des traits tonals. Segerbäck (1965) considère cependant, à travers son étude sur le suédois, que l'activité vibratoire des plis vocaux n'est pas indispensable pour la compréhension, même dans une langue tonale. Autrement dit, F0 n'est pas irremplaçable dans la réalisation et la perception d'un ton lexical. Liu et Samuel (2004) ont observé la capacité des auditeurs sinophones à utiliser des indices secondaires (étant donné que F0 fournit des indices primaires) de manière flexible, dans le jugement du ton. Ces indices secondaires, dus au fonctionnement de différents agents, contribuent ainsi à la conservation et à la représentation de la valeur tonale en l'absence de F0.

Certains chercheurs considèrent que le contexte linguistique contribue principalement au jugement du ton, tels que Miller (1934) et Panconcelli-Calzia (1955, cité par Abramson 1972). D'autres chercheurs trouvent, toutefois, que cette présomption exagère la fonction sémantique que peut avoir ce contexte. À travers les tests de perception de la parole chuchotée, ils ont trouvé qu'au moins une partie des informations prosodiques est retenue à l'intérieur du segment qui porte les traits prosodiques. Wise *et al.* (1957) constatent que les auditeurs sont capables de reconnaître 62% des tons dans des paires minimales tonales du mandarin alors que chez Kloster Jensen (1958), ce taux est plus élevé, entre 73% et 85%. Abramson (1972) a démontré que les tons portés par les mots isolés du contexte en thaïpeuvent être bien reconnus en voix chuchotée.

[41] Par exemple, les contrastes temporel et aérodynamique entre les consonnes sourdes et sonores existe en voix modale et il est conservé dans la voix chuchotée (Mernadier et Gaydina 2012).

D'après certaines observations, les paramètres temporels connaissent des variations en fonction du ton, même en parole chuchotée. Ces variations s'apparentent à celles remarquées dans un discours en voix modale, mais elles sont toutefois moins importantes en parole chuchotée (Chang et Yao 2007). Par ailleurs, d'après la même étude, les paramètres temporels segmentaux ne varient pas de la même manière d'un individu à l'autre.

Nous nous demandons ainsi, en parole chuchotée, de quelle manière se reconstitue l'impression du pitch tonal. Miller (1934) a mentionné, mis à part l'importance du contexte linguistique, que les changements de l'énergie de l'onde acoustique contribuent au jugement du ton. Pike (1949) a confirmé l'importance de l'intensité sonore dans la perception de la variation du pitch en voix chuchotée, démontrant que la modification de l'intensité peut avoir le même effet acoustique que la variation de la fréquence fondamentale. Giet (1956, cité par Abramson 1972) considère qu'en mandarin, les contrastes tonals sont maintenus, et sont perceptibles à travers les modifications d'autres caractéristiques acoustiques que le pitch, telles que la qualité vocalique et l'énergie du flux d'air. Cette conclusion a été soutenue par des recherches sur l'intonation et l'accentuation en chuchotement : la trajectoire de la variation de l'intensité sonore est en fonction de la variation du pitch, et les zones des formants à des hautes fréquences, surtout F3 et F4, sont modifiées en fonction du pitch. Par ailleurs, de la friction a été observée dans la partie supérieure du spectre (Meyer-Eppler 1957 sur l'allemand, Fónagy 1969 sur le hongrois)[42]. Whalen et Xu (1992) ont précisé qu'en l'absence de F0, le contour de l'intensité permet de reconstituer les tons 2, 3 et 4 du mandarin, mais difficile de reconstituer le ton 1, puisque ce dernier a un contour du pitch plat. Ainsi, ils supposent qu'il est possible que l'auditeur utilise la significativité de la corrélation entre le contour de l'intensité et le ton comme une indication pour distinguer le ton 1 des autres tons.

Nous avons constaté que l'importance perceptive des indices dans la structure formantique a été reconnue dans des études relativement récentes, et ce surtout pour la perception de la parole dans un contexte bruité. Higashikawa *et al.* (1999) ont démontré la contribution du spectre formantique à la perception du pitch tonal. Pourtant, ils supposent, dans leur étude sur les « accents toniques » chuchotés en japonais, que la

[42] Léon (2011) a mentionné que Marguerite Durand avait émis, en 1946, l'hypothèse que la hauteur de la voix perçue en voix chuchotée serait en rapport avec les résonances à hautes fréquences.

perception du ton chuchoté est influencée par une variation simultanée de F1 et de F2. Kong *et al.* (2006) ont précisé que dans un discours en voix modale en mandarin, l'auditeur est capable d'utiliser simultanément les indices de l'*envelope* et de la *fine structure* pour distinguer le ton ; mais dans la perception d'un signal bruité (tel que celui observé pour le chuchotement), les indices de l'*envelope* sont moins efficaces que ceux de la *fine structure,* car les premiers ont des performances plus faibles dans le bruit (cet affaiblissement a aussi été rapporté par Chang et Yao 2007). Moore (2008) a également confirmé l'importance de TFS (*temporal fine structure*) dans l'analyse d'un mélange du bruit non-linguistique avec le son de la parole. Eaves *et al.* (2011) ont fait les mêmes constats que ces chercheurs, constatant que la perception de la parole dans un bruit stable et modulé s'améliore lorsque le TFS informatif est présent, et ce, même lorsque l'*envelope* est contrôlée.

3.3. Quelques courants théoriques en perception de la parole

Parmi les études consacrées au traitement de la parole dans le système cognitif de l'humain, la majorité a prêté son attention à la généralisation du traitement des unités linguistiques, ainsi que sur le contrôle des gestes réalisés dans la production de la parole. Ces deux aspects du traitement de la parole présentent, d'après Hickok (2012), des opérations cognitives à différents niveaux. Aujourd'hui, les chercheurs tentent de rassembler les résultats des recherches existantes sur tous les paliers du traitement de la parole, et ce, à travers des perspectives neuroanatomiques.

Dans cette section, nous nous référons essentiellement à quelques courants théoriques sur la perception de la parole, sans toutefois ignorer les interactions constantes, voire les couplages étroits entre la perception et la production de la parole.

3.3.1. La Théorie Motrice de la Perception

Cette théorie focalise sur l'organisation des activités physico-mécaniques dans le traitement de la parole. Elle a été développée par Liberman *et al.* (1967), Liberman et Mattingly (1985).

Liberman *et al.* (1967) ont argumenté que le percept de chaque phonème repose sur plus qu'un indice sonore. Le signal acoustique varie en fonction du contexte, et il n'existe pas de segment acoustique commutable avec les phonèmes. Ils supposent donc que les

primitives de ce percept soient les gestes articulatoires. Le codage et le décodage ont lieu au niveau des commandes neuromotrices envoyées aux muscles du système articulatoire. Plus tard, Liberman et Mattingly (1985) ont revisité cette théorie. Ils ont proposé le concept d'un système biologique, ou bien, d'un « module », spécialisé en détection des gestes potentiels du locuteur sur lesquels se reposent les catégories phonologiques. Les informations acoustiques de la parole sont traitées dans ce module, en fonction des corrélations entre les gestes articulatoires et les patterns acoustiques.

Ainsi, sur le plan général, cette théorie suppose les points suivants : *a*) Les cibles, ou bien les objets de la perception de la parole, sont des gestes phonétiques planifiés du locuteur. Ces gestes sont représentés en tant que commandes neuromotrices d'invariants dans le cerveau qui commandent les mouvements des articulateurs. *b*) Si la perception et la production de la parole partagent une même série d'invariants, elles doivent avoir des liens innés entre elles.

Plus précisément, Liberman et Mattingly (1989) ont distingué deux catégories de modules cognitifs dans le système auditif : les modules « ouverts » (*open*) et des modules « fermés » (*closed*). Les deux se distinguent par la forme des représentations qu'ils produisent et la manière à laquelle ils répondent aux influences de l'environnement.

Les modules « ouverts », qui sont pour la perception du pitch, du volume et du timbre, établissent un lien direct entre le percept et une dimension acoustique du signal : pitch - F0, volume - intensité, timbre - structure formantique. Les représentations que chaque module produit sont « homomorphiques ». Liberman et Mattingly (1989) considèrent que le fonctionnement de ces modules correspond plus ou moins aux aspects du système auditif qui sont « projectionnels », selon la classification neurobiologique de Konishi (1986). En d'autres termes, le système auditif préserve les relations spatiales des réponses. Les influences de l'environnement ne peuvent pas modifier le fonctionnement interne de ces modules, mais seulement la manière dont les représentations sont associées aux événements particuliers à la dimension acoustique concernée.

Les modules « fermés », eux, produisent des percepts « hétéromorphiques », c'est-à-dire que le percept n'est pas lié à une seule dimension du signal acoustique. Par exemple, le travail de Harris *et al.* (1958) a montré que, lorsque les auditeurs écoutent une série de stimuli synthétiques qui présentent un continuum entre /da/ et /ga/, ils perçoivent soit

une catégorie phonémique claire, soit un son ambigu au niveau de la catégorie. En fait, les auditeurs ont rapporté la perception d'une catégorie claire lorsqu'ils écoutent l'extrait d'un stimulus proche d'un extrême du continuum, et ont rapporté la perception d'un son ambigu lorsqu'ils écoutent un stimulus extrait du milieu du continuum. Sock (1998) a mentionné, suivant les dires mêmes de Liberman (1984), que les auditeurs n'arrivent pas à reconstituer le percept lorsqu'ils écoutent des stimuli situés au milieu du continuum, parce qu'ils ne peuvent intégrer les différentes composantes du percept que dans un classement catégoriel phonétique. Cette catégorie est de nature gestuelle. Autrement dit, une transmission acoustique directe ne suffirait pas pour le décodage dans les modules fermés. Ces modules adaptent les primitives hétéromorphiques perçues aux événements articulatoires, ou aux dérivations de ces derniers (Liberman et Mattingly 1989). D'ailleurs, dans la perception de consonnes et de voyelles, le module fonctionne à un ordre de bas en haut (*bottom-up*). C'est ainsi que le traitement des composantes du percept se prive de la perturbation éventuelle venant des modules de décodage de haut niveau.

En outre, Liberman et Mattingly (1989) ont mentionné le cas où en parole, les représentations produites par les deux types de modules pourraient se former dans la même dimension acoustique et cela provoquerait une « *duplex perception* ». Ils ont présumé l'existence d'une telle architecture qui permettrait aux modules fermés d'anticiper seules les informations qui les concernent, tout en empêchant ces informations d'atteindre les modules ouverts. Par exemple, dans la tâche de discrimination entre /da/ et /ga/, ils ont trouvé qu'en baissant l'intensité à un certain niveau, les auditeurs perçoivent clairement /da/ et /ga/, même si la valeur de F3 est médiane entre les deux ; alors qu'en augmentant l'intensité à un certain niveau, les auditeurs vont distinguer clairement /da/ et /ga/, mais peuvent aussi percevoir un sifflement qui correspond à F3 isolé. Sur la base de ce fait, les auteurs supposent que l'action du module phonétique ressemble à un filtre inversé qui diminue certains effets des articulateurs, tout en laissant passer d'autres informations phonétiques et paraphonétiques.

Leur hypothèse est proche de celle de Fowler et Salzman (1993) qui présument que les auditeurs emploient une « constellation » de conséquences acoustiques de gestes linguistiquement signifiants, tout en gardant une flexibilité et une sensibilité au contexte. Sock et Vaxelaire (2001) constatent également que le système de production

et de perception de la parole combinerait un espace de contrôle moteur avec un espace de contrôle acoustique, sans pour autant parler d'invariants, ni au niveau acoustique, ni au niveau articulatoire ou gestuel.

Des études sur la perception du ton lexical soutiennent cette supposition de séparation entre les modules fermés et les modules ouverts. Chen (1999) constate, suite à une observation de (*lapsus linguae*) glissements de la langue dans la production orale en mandarin, que les erreurs segmentales sont fréquentes mais que les erreurs tonales sont rares. Il suppose ainsi que la production du ton serait planifiée différemment par rapport à celle des segments. Mattock *et al.* (2008) trouvent, en comparant les performances des bébés dans la perception du ton lexical, que le développement de la capacité à percevoir le ton n'est pas compatible avec celui de la discrimination des voyelles.

Ces résultats rejoignent ceux relatifs à l'observation de certaines activités neuronales. Ainsi, Wang et Chang (2001) et Yang (1991) ont constaté, à travers leurs études, que le traitement des informations tonales en parole privilégie l'hémisphère gauche. Cependant, cela ne serait pas le cas dans la perception des tons sans informations segmentales (Van Lancker et Fromkin 1973). Plus précisément, lorsque les tons sont perçus comme composantes linguistiques (par ex. la perception des tons par des natifs), les structures de l'hémisphère gauche ont présenté davantage d'activités alors que c'est l'hémisphère droit qui est engagé dans la perception des tons comme phénomènes non-linguistiques (par ex. la perception des tons par les auditeurs sans expérience en langues tonales) (Klein *et al.* 2001, Gandour *et al.* 1998, Gandour *et al.* 2000).

3.3.2. La Théorie Quantique des traits

Cette théorie, développée par Stevens et ses collègues (voir Stevens 1972, 1989, Stevens *et al.* 1986, 2002, 2005), est inspirée de la Théorie des quanta de Planck dans le domaine de la Physique. Le terme « quantique » est employé dans cette théorie afin de marquer une non-linéarité entre des variations physiques et son produit acoustique. Pour un même quantum de variation selon une dimension physique spécifiant la production, le produit acoustique reste stable ou change brutalement.

Plus précisément, Stevens présume qu'une hiérarchie des traits phonologiques existe. Elle participe à la structuration du lexique. De plus, il existe en correspondance une

représentation directe de ces traits sous forme de caractéristiques acoustiques invariantes dans le signal de parole (Stevens *et al.* 1986, Stevens 1991).

Un trait est un ensemble de propriétés qui possèdent des valeurs discrètes et correspondent aux patrons prototypiques internes. Les traits distinctifs de la parole sont définis à certaines dimensions articulatoires et acoustiques[43]. Stevens (1972) constate que lorsque les configurations du conduit vocal mènent à une production des résonances acoustiques stables, elles couvrent une gamme de positions de constriction. Ces régions quantiques sur un plan articulatoire-acoustique sont à la base des traits distinctifs. Par des principes quantiques, à l'intérieur de ces dimensions, malgré la dynamique du système de production de la parole, la variation de position des organes articulateurs et leurs déplacements ne provoquent pas de conséquence perceptive significative. Pour certains types de mouvements articulatoires, lorsqu'ils sont perturbés, les propriétés du signal acoustique seront relativement insensibles à cette perturbation, à conditions que les mouvements ne dépassent pas les dimensions auxquelles le trait correspond (Stevens, 1972). Dans ce but, le locuteur doit apprendre les modèles de coordination des organes articulatoires qui satisfont l'exigence acoustico-auditive (Stevens 1991).

Cette théorie explique la correspondance non-linéaire entre les événements articulatoires et la variabilité des représentations phonétiques dans la production de la parole. D'après cette théorie, les traits distinctifs ont une « base auditive ». Le contrôle de la réalisation de traits est au niveau acoustique et son objectif est de doter les signaux acoustiques d'indices spectraux et temporels invariants. Le locuteur doit adopter les stratégies de coordination des mouvements afin d'atteindre cet objectif. Ainsi, les indices acoustiques que les signaux fournissent sont directement liés aux traits correspondants.

Toutefois, Sock (1998) a rappelé qu'il fallait passer d'un invariant statique à un invariant dynamique pour pouvoir rendre compte de distinctions phonologiques plus fines. En outre, Blumstein (1986) considère qu'il existe une invariance acoustique qui correspond aux traits phonétiques d'une langue. Selon elle, l'invariance se présente en modèles acoustiques qui correspondent à la dimension phonétique de la langue. Ces modèles sont corrélés aux segments linguistiques et aux traits phonétiques. Leurs invariants se

[43] Des relations quantiques existeraient également entre des commandes neurales et des gestes articulatoires (Perrier 1990, Kakita et Fujimura 1977, cités par Schwartz *et al.* 1997).

maintiennent même entre différents locuteurs, entre différents contextes phonétiques et entre différentes langues.

Dans l'objectif de compléter cette théorie, Stevens a développé la Théorie du Renforcement Acoustique (Stevens *et al.* 1986, Stevens et Keyser 1989) qui suggère que les traits primaires, relativement faibles en perception, peuvent être renforcés par des traits redondants. Cette théorie repose sur trois hypothèses : premièrement, les représentations des sons de la parole se construisent en une série de traits distinctifs, et des groupes de traits semblent installés de manière simultanée pour construire des segments. Deuxièmement, les manifestations acoustiques de certains traits distinctifs sont plus saillantes que celles des autres. Troisièmement, un trait distinctif donné peut avoir des représentations à différents « puissances » (*strengths*) ; lorsqu'il se réalise avec moins de puissance, sa puissance peut être renforcée par d'autres traits coexistants.

Nous prenons l'étude de Stevens et Keyser (1989) sur les consonnes pour exemple. Cette étude constate que parmi les langues du monde, certaines combinaisons des traits apparaissent plus fréquemment que d'autres, pour les consonnes, puisque ces combinaisons maximalisent la distinction perceptive, d'après le mécanisme de renforcement des traits. Ils présument que l'effet du renforcement a une corrélation directe avec la notion de saillance (*markedness*).

Un nombre d'études de diverses problématiques soutiennent la proposition de Stevens (1989). Par exemple, Johnson et Babel (2010) constatent que les auditeurs néerlandais et américains jugent différemment la distinction pour la même paire de consonnes, et que les jugements sont faits sur la base de similarités auditives. Kuhl (1983) montre, dans son étude sur la capacité de perception catégorielle des bébés à 6 mois, que ces bébés sont déjà capables d'établir des catégories vocaliques après un entrainement auditif, avec des voyelles synthétisées. Par ailleurs, Schwartz *et al.* (1997) et Greenberg (1996) ont tous mentionné, dans leurs théories de production et de perception de la parole, une base auditive dans la perception des traits. Selon Pfordresher et Brown (2009), la dimension auditive est spécialement importante pour la perception et l'imitation du pitch musical.

Massaro (1988, 1990, 2001) a proposé le *Modèle de perception à logique floue* qui négocie entre la supposition d'une base motrice de la perception de la parole et celle d'une base auditive. Ce modèle s'attache à la dimension multimodale de la perception

de la parole (Dubois 2009). Ce modèle suppose que les traitements perceptifs soient constitués par un ensemble de structures indépendamment du type de percepts, et que le cerveau traite tous les types d'informations sensorielles de la même manière.

Dans ce modèle, Massaro considère que la voie de la perception d'un stimulus sensoriel et le choix d'un concept correspondant dans le cerveau suit l'ordre de l'évaluation des traits – l'intégration des traits – la décision du concept. Pour ce qui concerne l'évaluation des traits, il s'agit de convertir les informations sensorielles en traits. L'intégration des traits est un processus d'exploitation de tous les traits disponibles afin d'avancer dans la précision du concept correspondant. À l'étape de la décision, l'individu établit une corrélation entre le stimulus et le concept/les prototypes.

Ce modèle rejoint les autres théories qui ont contribué à la variabilité en parole sur le point de la perception catégorielle à base des traits. Ce qui nous intéresse particulièrement dans ce modèle est son explication des poids perceptifs de multiples paramètres sensoriels. Le modèle précise que parmi plusieurs sources d'informations, l'influence d'une source s'amplifie lorsque les informations fournies par les autres sources sont neutres ou ambiguës.

Un bon exemple qui illustre ce modèle est l'effet McGurk, qui présente une interférence entre l'audition et la vision dans la perception de la parole. Lorsque l'auditeur reçoit des stimuli auditifs et visuels qui ne s'accordent pas, il essaie d'intégrer les traits perçus dans une catégorie phonologique qui pourrait combiner le maximum d'informations auditives et visuelles reçues.

3.3.3. La Théorie de la Variabilité Adaptative

Cette théorie de Lindblom (1987, 1990) présente une corrélation intrinsèque entre la perception et la production de la parole. Elle traite d'ailleurs principalement du sujet de la variabilité et de l'invariance en parole. Perkell et Klatt (1986) ont remarqué un manque d'invariance fréquemment manifeste dans les signaux de la parole. D'après Lindblom (1987, 1990) et MacNeilage (1970), ce manque est la conséquence d'une organisation adaptative en production de la parole. Le locuteur peut modifier sa performance selon les besoins communicatifs et situationnels, à travers le contrôle de l'interaction entre les facteurs orientés par la production et les contraintes, orientées par l'effet acoustique. L'étude de Verbanck *et al.* (2010) donne illustration de ce contrôle,

montrant que le locuteur natif, face à un interlocuteur non-natif, modifie certains aspects acoustiques de sa parole (rapports des triangles vocaliques, variation significative de la monotonie du pitch, etc.), et ce afin de s'adapter au besoin de communication. Ce contrôle articulatoire montre une prise de conscience, par le locuteur, de l'accès de l'auditeur aux informations acoustiques produites. Le locuteur produit donc le signal en estimant en même temps les besoins perceptifs en cours. Autrement dit, au lieu de chercher une invariance phonétique, on devrait plutôt chercher les seuils/les critères d'une discriminabilité suffisante dans les signaux de la parole.

Pourtant, autre que l'exigence de distinctivité perceptive de la part de l'auditeur, le locuteur devrait aussi prendre en compte le « principe d'économie » de sa part. De ce point de vue minimaliste, le locuteur fait un effort dans l'objectif de trouver une « diagonale idéale » qui présente un point d'équilibre optimal entre toutes les contraintes à respecter, entre production et perception de la parole. La conséquence est que cet effort mène à une production appartenant à un continuum entre hyper- et hypoarticulation. Lindblom a mentionné, par exemple, que dans un contexte bruité, le locuteur devrait privilégier la distinctivité perceptive (ce qui peut l'amener à un cas d'hyper-articulation).

La figure 21 illustre une adaptation mutuelle entre le locuteur et l'auditeur dans la communication, avec l'axe horizontal représentant la quantité d'information explicite dans le signal sous le contrôle du locuteur, et l'axe vertical la quantité d'information préalable à toute locution.

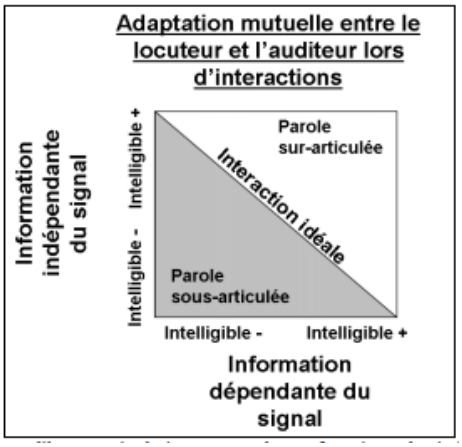


Figure 21 : Domaines d'hyper- et d'hypo-articulation en parole, en fonctions des informations du contexte et des informations dans le signal, selon la Théorie de la Variabilité Adaptative (adaptée de Lindblom 1987).

Lindblom (1987) soutient l'idée que le locuteur adopte une stratégie de variabilité adaptative, tout en prenant en compte la compétence et l'exigence de l'auditeur, et qu'il fait un effort pour s'approcher au maximum de la diagonale idéale.

Ohala (1988) a fait des commentaires sur cette théorie, proposant d'ajouter à cette théorie une adaptabilité de la part de l'auditeur dans la communication. Il a mentionné que le rôle de l'auditeur n'est pas passif : l'auditeur fait un effort de sa part dans l'analyse du signal acoustique afin de « donner un sens » à ce qu'il a entendu.

Dans la même étude, Ohala a rappelé aussi que la variabilité adaptative en production de la parole ne signifie pas une variation aléatoire. Il a repris la problématique des variations « fossilisées » en parole que Lindblom avait mentionnée, supposant que la formation de ces variations « fossilisées » soit mécanique, sans objectif. La variabilité adaptative qu'on observe existe plutôt dans la forme de ces variations « fossilisées » alors que ces dernières elles-mêmes ne connaissent pas nécessairement de la variabilité adaptative. Il en a donné des exemples dans son étude de 1993 sur la coarticulation. Dans l'exemple suivant :

> Bas Latin *Slavo* (esclave) > **stlavo* > *sklavo* > Italien *schiavo (Ohala 1993 : 160)*

D'après Ohala, le fait que [sl] devient [stl] est dû à une obstruction créée pour la « raison d'être coarticulatoire » ou par la transition articulatoire. Dans la production de [s] et de [l], les points de contact entre la langue et le palais sont complémentaires : pour produire [s], le contact a lieu sur les côtés de la zone alvéolaire mais pas au milieu ; et pour [l], le contact a lieu au milieu de la zone alvéolaire mais pas sur les côtés. Ainsi, une obstruction dans toute la zone alvéolaire pourrait avoir lieu lorsqu'on passe de [s] à [l]. Ce genre de cas de coarticulation fossilisée ne fait pas partie des résultats relatifs aux interactions locuteur-auditeur.

D'ailleurs, Sock (1998) a rappelé que la notion d'adaptabilité du locuteur, sur laquelle repose cette théorie, fait rejeter toute notion d'invariants physiques dans le signal, mais ne propose pas explicitement des informations sur l'approche concrète à adopter en vue d'une modélisation d'interactions locuteur-auditeur.

D'autres chercheurs supposent que la préoccupation dans l'interaction conversationnelle est les compromis que les interlocuteurs trouvent et rectifient à travers leur dialogue.

Plus précisément, "*perception-behavior link posits the existence of a natural and nonconscious connection between the act of perceiving and the act of behaving, such that perceiving an action being done by another makes one more likely to engage in that same behavior*" (Chartrand et Bargh 1999 : 900). Un tel comportement d'imitation mutuelle a aussi été observé au niveau lexical (Goldinger 1998) et au niveau des représentations phonétiques (Pardo 2006). Sur la dimension phonétique, l'imitation se trouve dans plusieurs variables : F0, intensité, variation des bandes formantiques à basses fréquences, etc. (Gregory 1990, Gregory *et al*. 1997, Gregory et Webster 1996, Babel 2012). En ce qui concerne la variabilité dans l'interaction, Pardo (2006) constate, à travers son étude sur la convergence phonétique dans les dialogues interactifs, que les auditeurs présentent une sensibilité aux convergences phonétiques qui peuvent marquer des fonctions non-linguistiques dans un dialogue alors que selon Goldinger (1998), les détails perceptifs sont conservés dans la mémoire et s'intègrent dans la perception ultérieure.

3.3.4. La Théorie d'Activation diffuse (*Spreading activation theory*) et les modèles connexionnistes

Quillian (1962, 1966, 1967, 1969) a proposé une telle théorie qui explique la structuration des informations sémantiques dans le système cognitif humain. Sur la base de cette théorie, il tentait de simuler la mémorisation des informations sémantiques et la recherche de ces informations dans la mémoire. Aussi, il a appliqué cette théorie pour expliquer la compréhension sémantique de la parole. Cette théorie connexionniste propose un réseau sémantique (*semantic network*) qui consiste en un ensemble de nœuds qui représentent chacun un concept et en liens entre eux. D'après cette théorie, lorsque les informations d'origine de formes de surface accèdent au réseau, elles activent le premier nœud et ensuite gagnent tous les nœuds liés à ce premier. Cette extension du niveau d'activation continue. Lorsqu'un autre nœud activé est lié à ce nœud activé, une intersection est enregistrée entre les deux. En suivant toutes les intersections, il est possible de tracer le cheminement (*path*) qui propose le plan optimal sémantique. Ce cheminement doit être mis en évaluation avec les contraintes syntaxiques et environnementales pris en considération. Dans ce processus, les liens entre les nœuds dans la mémoire ne présentent pas nécessairement les mêmes qualités. Ils sont considérés comme pouvant devenir assez complexes afin d'enregistrer les relations entre les concepts de manière plus précise (Collins et Loftus 1975).

Les études de Rips *et al.* (1973) et de Smith *et al.* (1974) ont constaté, suite à la comparaison entre le modèle de réseau que Quillian propose et le modèle de traits, que le modèle de traits pourrait mieux s'adapter au traitement des données, puisque chaque concept présente une série des valeurs permanentes sur de multiples dimensions sémantiques. Cependant, Collins et Loftus (1975) ont indiqué, visant le résultat de cette comparaison, que le modèle du réseau sémantique présent le traitement sémantique sur un plan plus large, et que tous les traitements réalisés sur la base des traits peuvent être implémentés dans le réseau sémantique.

Une série de modèles connexionnistes sur la base de l'activation diffuse a été développée dans différents domaines qui concernent le traitement de la parole naturelle, tels que la psycholinguistique, l'apprentissage des langues, la pathologie du langage, la linguistique informatique, etc. (Diederich 1990). Ces modèles se rejoignent sur le même principe dans leur construction. C'est que les phénomènes cognitifs peuvent être simulés par l'activité d'un ensemble d'éléments simples (Feldman et Ballard 1982). En revanche, Fahlman *et al.* (1983) ont précisé trois catégories principales de modèles connexionnistes : les systèmes passe-message (*Message-passing models*), les systèmes passe-marque (*Marker-passing models*) et les systèmes passe-valeur (*Value-passing models*). Ces catégories ont été définies d'après le type d'informations communiquées et les principes du traitement de ces informations dans chaque modèle.

À partir de ce courant connexionniste, la théorie d'activation diffuse a connu son développement à tous les niveaux linguistiques du traitement de la parole. Selon Dell (1986), Dell et O'Seaghdha (1991) et Dell *et al.* (1997), il existe plusieurs niveaux du traitement linguistique dans le système cognitif : sémantique, syntaxique, morphologique et phonologique. Le traitement de la parole a lieu à ces quatre niveaux en parallèle, mais avec de l'interaction entre ces différents niveaux. À chaque niveau, le traitement doit respecter certains principes catégoriels. À part ces principes, il doit se référer à un « dictionnaire » (*lexicon*) qui consiste en un réseau connexionniste. Ce dictionnaire contient les nœuds qui les relient aux signifiés de tous les niveaux (mot, morphème, phonème, etc.), ainsi que les liens entre les nœuds. L'activation se diffuse dans ce réseau et active les nœuds concernés. À la fin du traitement, les règles d'insertion sont appliquées afin de trouver le cheminement optimal qui combine les résultats du traitement à tous les niveaux linguistiques. En général, le nœud le plus activé, qui correspond à la catégorie appropriée, sera choisi. En outre, une fois un nœud

est choisi, son niveau d'activation est considéré revenir à zéro, afin d'éviter que ce nœud soit choisi répétitivement.

Vigliocco et Hartsuiker (2002) ont fait les mêmes constats dans leur étude. D'après ces auteurs, il existe, à chaque niveau du traitement, un (ou plusieurs) module(s) à la disposition des informations qui accèdent à ce niveau. Ce module produit un type d'informations spécifiques ou de représentations qui gagnera le prochain niveau ou le prochain module du traitement. Toutefois, ils considèrent que chaque niveau, ou chaque module, reçoit un minimum nécessaire d'informations de la part du module précédent.

En ce qui concerne la production et la perception des représentations phonétiques, Hayes *et al.* (2004) montrent une illustration de la production de la parole selon le modèle de Dell (1986). Le codage phonologique sollicite l'activation des nœuds de mots, de syllabes, d'attaques, de rimes, de phonèmes et de traits. Lorsqu'on produit un mot, l'activation du nœud de ce mot s'étend aux nœuds des attaques et des rimes correspondantes. L'activation de ces derniers passe ensuite aux nœuds des phonèmes et des traits correspondants. Dans ce processus, l'activation des nœuds des attaques et des rimes va déclencher aussi l'activation des autres mots en paire minimale avec le mot à produire. Cela influence les représentations phonétiques finales (Hayes *et al.* 2004 : 352-353). Par ailleurs, ces auteurs mentionnent que dans certains modèles connexionnistes, l'activation d'un nœud empêche l'activation d'un autre nœud, ce qui est contraire à ce que le modèle de Delle pose. Tel est le cas dans le modèle TRACE[44] : à partir des traits acoustiques perçus, l'activation d'un mot empêche l'activation d'un autre mot qui partage les phonèmes avec ce premier. Hayes *et al.* (2004) ont également mentionné que dans ces modèles connexionnistes, les fréquences ont un impact sur les seuils d'activation des unités (linguistiques), dans le processus du codage : les unités utilisées à haute fréquence sont codées de manière plus fiable que les unités utilisées à basse fréquence [45].

Les gestes articulatoires liés aux traits tonals sont effectués au niveau laryngal. En voix modale, la réalisation du pitch dépend des mouvements du cricothyroïde et des mouvements du vocalis. Le signal acoustique produit est un son complexe périodique. La hauteur du son s'appuie principalement sur la fréquence fondamentale (F0). Toutefois, les études existantes ont constaté que mis à part F0, les variations sur d'autres dimensions acoustiques du signal pourraient être exploitées par l'auditeur dans la distinction des tons.

En voix chuchotée, la glotte est maintenue légèrement ouverte et les plis vocaux connaissent peu d'activité vibratoire, ce qui rend la réalisation du voisement problématique. Par conséquent, au niveau acoustique, le signal d'un segment tonique en chuchotement est un

PARTIE II

Partie expérimentale

4 *Le protocole expérimental de l'étude acoustique*

Notre recherche repose sur l'analyse de données acoustiques recueillies dans le cadre d'une expérience de production orale lancée en mars 2013 à Beijing en Chine. 13 locutrices d'origine chinoise, âgées entre 18 et 21 ans, ont pris part à l'expérience. Étudiantes en licence à l'Université Renmin de Chine, elles maîtrisent parfaitement le mandarin et le pratiquent quotidiennement sans accent dialectal.

Dans cette expérience, un seul corpus en mandarin a été établi. L'expérience exige des sujets locuteurs de produire oralement 10 répétitions de ce corpus et ce respectivement aux deux modes de phonations : voix modale et voix chuchotée. Chaque production orale a été réalisée et enregistrée sous des conditions expérimentales contrôlées similaires.

4.1. Corpus

Dans l'objectif d'exclure le maximum de facteurs linguistiques et d'assurer la comparabilité des valeurs spectrales mesurées, notre corpus se base sur le même énoncé qui contient une syllabe cible /pV/ (V=/a, i, u/), correspondant à *ba bi bu* en Pinyin, et portant le ton cible comme suit :

一个_字 /(j) í kə_pV_tsɿ/ (*Un caractère _)*

Ce choix de syllabe cible a pour objectif de limiter la réalisation du ton à l'intérieur de la voyelle qui est le seul segment sonore dans la syllabe. De plus, la structure /pV/ nous permet de trouver dans le lexique du mandarin tous les mots qui y correspondent, portant les quatre tons, bien que les mots correspondant à /pu/ sur T1 et T2 soient rarement utilisés dans la communication quotidienne. D'ailleurs, dans l'énoncé choisi, la syllabe cible se situe entre deux syllabes atones qui sont donc assez faibles au niveau prosodique, afin de ne pas subir de sandhi tonal ni d'effet progressif ou régressif d'assimilation issue de l'entourage.

Le choix de la voyelle dans la syllabe cible se limite à /a i u/. Cela dans l'objectif d'avoir un spectre relativement stable dans le segment vocalique. En mandarin, ces voyelles n'ont pas d'allophones qui risquent d'apparaître dans le même contexte syllabique. Pendant la production de /a i u/, la constriction du conduit vocal ouvert se

réalise par une position extrême du dos de la langue et elle est maintenue plus ou moins au même état (différente de celles dans la production des diphtongues ou des triphtongues).

Le tableau 6 présente une liste des mots qui correspondent à toutes les syllabes /pV/ dans le corpus, avec leurs formes écrites et leurs sens traduit en français.

Tableau 6 : Les mots correspondant aux syllabes engagées dans le corpus.

Voyelle dans /pV/	Ton 1(T1)	Ton 2(T2)	Ton 3(T3)	Ton 4(T4)
/a/	/p**ā**/ 八 *huit*	/p**á**/ 拔 *tirer*	/p**ǎ**/ 把 *tenir à main*	/p**à**/ 爸 *papa*
/i/	/p**ī**/ 逼 *forcer*	/p**í** 鼻 *nez*	/p**ǐ**/ 笔 *stylo*	/p**ì** 闭 *fermer*
/u/	/p**ū**/ 钸 *Plutonium* (mot rare)	/p**ú**/ 醭 *moisissure blanche* (mot rare)	/p**ǔ**/ 补 *rattraper*	/p**ù**/ 布 *tissu*

Dans l'expérience, le corpus a été présenté sous forme de caractères sur une feuille, illustré ci-dessous dans le tableau 7. Les sujets à qui certains mots ne sont pas familiers sont autorisés à consulter un dictionnaire avant l'enregistrement. Pendant l'enregistrement, aucune transcription phonologique n'a été exposée aux sujets.

Tableau 7 : Le corpus présenté aux sujets pendant les enregistrements.

录音内容 (Contenu de l'enregistrement)	
1.	一个八字
2.	一个拔字
3.	一个把字
4.	一个霸字
5.	一个逼字
6.	一个鼻字
7.	一个比字
8.	一个毕字
9.	一个铈字
10.	一个醭字
11.	一个补字
12.	一个布字

4.2. Biographie des sujets

13 locutrices natives chinoises ont pris part à l'expérience. Elles sont âgées entre 18 et 23 ans. Toutes sont étudiantes au département de français à l'Université Renmin de Chine à Beijing. Elles maîtrisent parfaitement le mandarin et ont des expériences linguistiques similaires dans d'autres langues (principalement le français et l'anglais). Le recrutement des sujets était volontaire, et pourtant, aucun candidat masculin ne s'est présenté au recrutement.

Avant tout enregistrement, nous exigeons de tous les sujets qu'ils remplissent un questionnaire pré-test en français, dans l'objectif de se renseigner sur la biographie des sujets. Le questionnaire se trouve dans l'Annexe 1.

D'une position déontologique de chercheur, les sujets restent anonymes dans notre étude. Seules leurs informations personnelles concernant leur compétence linguistique et cognitive ont été collectées. Les profils des sujets participants sont comme suit :

Sujet FSY, 23 ans, est étudiante en 3ème année de licence. Elle pratique l'anglais depuis 9 ans et le français depuis 3 ans, et ce, dans le cadre de ses études. D'origine de Kunming (ville du sud-ouest de la Chine), elle pratique quotidiennement le mandarin. Elle a de riches expériences dans le chant lyrique et dans l'accordéon.

Sujet GYF est étudiante en 2ème année de licence. Âgée de 19 ans, elle est d'origine pékinoise. Elle pratique l'anglais depuis 13 ans et le français depuis 2 ans dans le cadre de ses études. Au niveau de ses expériences musicales, elle pratique régulièrement le chant lyrique et joue du piano.

Âgée de 20 ans, Sujet HLT est étudiante en 3ème année de licence. Elle pratique l'anglais depuis 11 ans, le français depuis 3 ans et l'espagnol depuis 4 mois dans le cadre de ses études. D'origine du Jiangsu, elle a résidé non seulement dans le Jiangsu mais aussi dans plusieurs villes chinoises (Shanghaï et Pékin). Elle pratique quotidiennement le mandarin. En revanche, elle n'a pas d'expérience musicale.

Sujet JRX, âgée de 21 ans, est étudiante en 3ème année de licence. Elle pratique l'anglais depuis 14 ans et le français depuis 3 ans dans le cadre de ses études, ayant effectué un séjour de 4 mois en France. Elle est d'origine pékinoise et joue de la guitare et du guzheng (un instrument de musique chinois à cordes pincées) depuis quelques années.

Sujet JSQ est étudiante en 2ème année de licence. Âgée de 21 ans, elle est d'origine pékinoise. Elle pratique l'anglais depuis 12 ans et le français depuis 2 ans dans le cadre de ses études. Elle n'a pas d'activité dans le domaine de la musique.

Sujet MSH est actuellement en 2ème année de licence. Âgée de 19 ans, elle pratique l'anglais depuis 12 ans et le français depuis 2 ans dans le cadre de ses études. D'origine cantonaise, elle pratique quotidiennement le mandarin et le cantonais. Elle a des expériences dans la pratique du saxophone.

Sujet TYX est étudiante en 2ème année de licence. Âgée de 18 ans, elle est la plus jeune parmi toutes les locutrices. Elle pratique l'anglais depuis 13 ans et le français depuis 2 ans dans le cadre de ses études. D'origine pékinoise, elle a quelques années d'expériences dans le piano.

Âgée de 20 ans, Sujet WY est actuellement étudiante en 2ème année de licence. Autre que le mandarin, elle pratique l'anglais depuis 10 ans et le français depuis 2 ans dans le cadre de ses études. Elle est d'origine pékinoise mais vit dans un environnement dialectal (dialecte du nord de la Chine) lorsqu'elle rejoint sa famille. Elle joue depuis quelques années du guzheng.

Sujet ZBJ, âgée de 21 ans, est étudiante en 3ème année de licence. D'origine du Fujian (province du sud-est de la Chine), elle pratique quotidiennement le dialecte min dans la famille mais du mandarin dans ses études. Par ailleurs, elle pratique l'anglais depuis 12 ans, le français depuis 3 ans et le coréen depuis 6 mois dans le cadre de ses études. Au niveau des expériences musicales, elle joue du piano régulièrement.

Sujet ZDN est étudiante en 2ème année de licence. Âgée de 19 ans, elle est d'origine du nord de la Chine. Elle pratique un dialecte du nord de la Chine dans la famille mais le mandarin dans ses études. Elle pratique également l'anglais depuis 8 ans et le français depuis 2 ans, et ce également dans le cadre de ses études. Elle n'a aucune expérience musicale.

Sujet ZLL a 20 ans. Étudiante en 2ème année de licence, elle est d'origine du Zhejiang (province de l'est de la Chine). Elle pratique le mandarin quotidiennement dans ses études alors que dans la famille elle utilise souvent un dialecte du Zhejiang pour la communication. De plus, elle pratique l'anglais depuis 13 ans et le français depuis 2 ans dans le cadre de ses études. Elle n'a pas d'activité musicale.

Sujet ZMY est étudiante en 3ème année de licence. Âgée de 21 ans, elle est d'origine de Hai'an (ville de l'est de la Chine). Elle pratique quotidiennement le mandarin dans ses études ainsi qu'un dialecte du Jiangsu (province où se situe Hai'an) dans la communication familiale. De plus, elle pratique l'anglais depuis 13 ans, le français depuis 3 ans et l'espagnol depuis 4 mois dans le cadre de ses études. Elle a eu des expériences avec le piano durant l'enfance.

Sujet ZXF est étudiante en 3ème année de licence. Âgée de 21 ans, elle est de la même origine que Sujet FSY (ville de Kunming). Autre que le mandarin, elle pratique le dialecte de Kunming dans la famille. Dans le cadre de ses études, elle pratique plusieurs langues à part le mandarin : l'anglais depuis 9 ans, le français depuis 3 ans, le japonais depuis 4 ans et l'espagnol depuis 4 mois. Elle a de riches expériences dans le piano.

Ainsi, nous synthétisons notre échantillon de sujets locuteurs comme suit : la majorité de ce public est âgée entre 19 ans et 21 ans avec deux sujets qui sortent de cet éventail, Sujet TYX à 18 ans et Sujet FSY à 23 ans. Le public enregistré est plus ou moins homogène au niveau de l'âge.

D'ailleurs, nous avons observé que la majorité d'entre elles ont des expériences musicales. Aucune ne souffre de maladie laryngienne ou pulmonaire, ni de trouble d'audition. Cela démontre, selon nous, leur bonne sensibilité à la réalisation des composantes prosodiques des langues.

Tous les sujets sont actuellement droitiers, à part Sujet FSY qui a été gauchère à l'enfance. Dans leurs familles, il n'y a pas de gauchers sauf chez Sujet ZMY dont le grand-père, un oncle et une cousine de la part maternelle sont gauchers.

Malgré les origines géographiques différentes de nos sujets, dans les enregistrements effectués, pas d'accent dialectal a été remarqué. En outre, selon une étude préalable des propriétés acoustiques des timbres vocaliques dans ces enregistrements, les sujets pékinoises et les sujets provinciaux n'ont pas présenté de différence significative, quelle que soit la dimension acoustique étudiée. Pour cette raison, dans notre recherche, nous ne ferons pas de distinction entre les sujets selon leur origine. Les 13 sujets seront étudiés comme un ensemble de public.

4.3. Conditions d'enregistrements

Les enregistrements ont été réalisés en mars 2013 à l'Université Renmin de Chine à Beijing, dans un environnement silencieux avec très peu de bruit présent à l'intérieur du Bâtiment Mingde dans le campus.

Un enregistreur numérique portable (Marantz Professional© PMD661) ainsi qu'un microphone directionnel (Sennheiser e845 S®) ont été utilisés pour les enregistrements. Le microphone est placé à la même distance (10 cm) du sujet pendant l'enregistrement.

Un dossier est distribué à chaque sujet, contenant un accord d'enregistrement et d'exploitation de l'enregistrement, le pré-test questionnaire et le corpus. Les sujets signent l'accord et remplissent le questionnaire avant tout enregistrement.

Chaque sujet a réalisé environ 10 répétitions du corpus de manière consécutive, et ce respectivement en voix modale et en voix chuchotée. Au cas où un bruit inattendu perturberait l'enregistrement, nous demandons au sujet enregistré de répéter l'énoncé perturbé.

4.4. Recueil des données

Dans cette phase, nous avons pris en compte seules les productions qui ne sont perturbées ni par un bruit de l'extérieur ni par un état physiologique anormal. Le recueil des données acoustiques a été fait sur PRAAT.

Les mesures ont été prises suivant les paramètres suivants :

- La durée de la syllabe cible ;
- La durée du segment vocalique portant le ton ;
- La tenue consonantique de /p/ ;
- La durée du VOT (*Voice Onset Time*)[46] ;
- Le niveau de l'intensité aux points 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% de la durée totale du segment vocalique portant le ton ;
- La fréquence fondamentale aux points 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% de la durée totale du segment vocalique portant le ton ;
- La fréquence centrale de F1 aux points 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% de la durée totale du segment vocalique portant le ton ;
- La fréquence centrale de F2 aux points 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% de la durée totale du segment vocalique portant le ton ;
- La fréquence centrale de F3 aux points 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% de la durée totale de la voyelle portant le ton ;
- La fréquence centrale de F4 aux points 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% de la durée totale du segment vocalique portant le ton ;
- Les largeurs de bandes formantiques F1, F2, F3, F4 dans le spectre du segment vocalique ;
- L'intervalle temporel Δt entre les deux pics qui se situent respectivement dans deux phases voisines au même niveau de périodicité dans les signaux chuchotés.

[46] VOT, l'abbréviation de "Voiced Onset Time", connait deux définitions. L'une est donnée par Klatt (1975) qui considère que le VOT correspond au temps entre le relâchement et le début de l'état vocalique voisé (Klatt 1975). L'autre est donnée par Lisker et Abramson (1967), plus largement utilisé que la première, qui définit le VOT comme la phase entre le relâchement dans la consonne et la mise en vibration des plis vocaux. Dans cette dernière définition, la mesure du VOT peut donc avoir une valeur positive, négative ou nulle. Il est prouvé que la valeur de VOT est influencée par le lieu d'articulation (Lisker et Abramson 1967, Peterson et Lehiste, 1960, Stevens *et al.* 1986). Dans notre recherche, nous référons la définition du VOT de Klatt puisqu'elle permet au VOT d'avoir une valeur toujours positive.

Recueil des données dans les signaux acoustiques en voix modale

La figure 22 illustre les paramètres intrasegmentaux mesurés du signal acoustique de la séquence /ə_pā/ sur le ton 1, extrait de l'énoncé /(j) í kə_pā_tsɿ/ en voix modale. La tenue consonantique, indiquée par le crochet bleu horizontal dans cette figure, contient trois parties : VTT (*Voice Termination Time*)[47] après /ə/, silence et VOT avant /a/. Pour une raison de commodité, dans notre recherche, nous avons seulement pris en compte la durée du VOT ainsi que celle de la partie VTT+silence de la consonne. Dans l'analyse de la voix modale, la même opération a été effectuée sur tous les signaux en question.

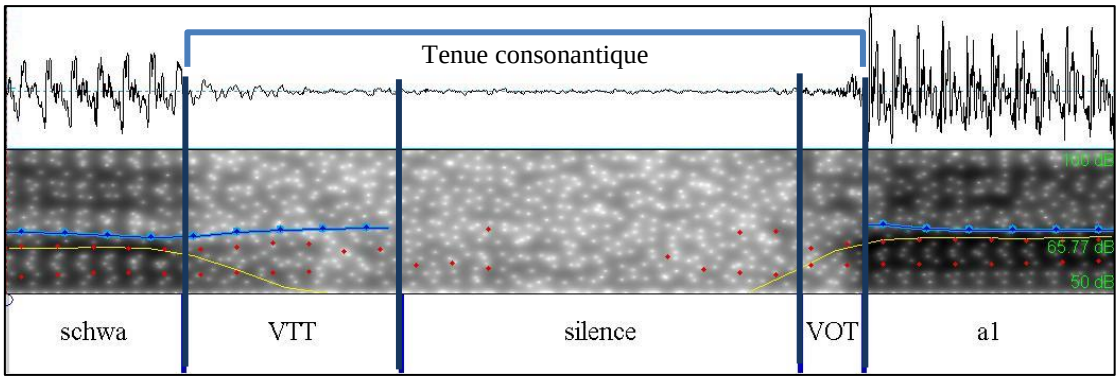


Figure 22 : Paramètres intrasegmentaux du signal acoustique de la séquence /ə_pa/ sur le ton 1 en voix modale.

La figure 23 illustre les paramètres intrasegmentaux mesurés du signal acoustique de la voyelle /ā/ sur le ton 1, extrait de l'énoncé /(j) í kə_pā_tsɿ/ en voix modale. Nous avons divisé le segment vocalique en 5 parties à durée identique, à l'aide de la fonction « Time step settings » de PRAAT.

Nous avons pris la mesure des valeurs des paramètres acoustiques aux frontières de chaque tranche, illustrées ci-dessous par les lignes bleus verticales dans la figure. La durée vocalique de /a/ correspond à celle de toute la partie visible du VVO[48] au VVT[49]. Les valeurs de F0 (*pitch*) du signal acoustique correspondent à celles

[47] VTT, l'abréviation de "Voice Termination Time", est utilisé pour définir « *le temps que mettent les cordes vocales pour s'arrêter de vibrer après closion ou constriction dans le conduit vocal* » (Calliope et Fant 1989 : 127).

[48] VVO, l'abréviation de "Vocalic Voiced Onset", est l'événement « *qui marque le début d'un état supraglottique vocalique associé à une exicitation nettement périodique, ce qui sera manifesté par une structure formantique bien définie* » (Calliope et Fant 1989 : 123).

[49] VVT, l'abréviation de "Vocalic Voiced Termination", est l'événement « *qui marque le début d'un état supraglottique vocalique associé à une exicitation nettement périodique, ce qui sera manifesté par une structure formantique bien définie* » (Calliope et Fant 1989 : 123).

marqu ées par les points bleus. Le contour de l'intensité est marqué par la ligne jaune. Les valeurs des quatre premiers formants de /a/ correspondent à celles marqu ées par les points rouges. Dans l'analyse du spectre en voix modale, la même opération a été effectu ée sur tous les signaux en question.

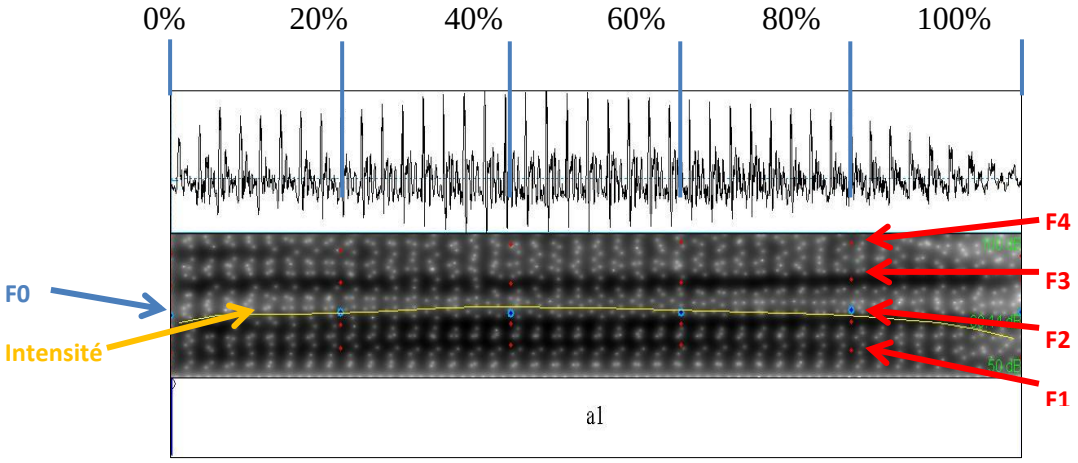


Figure 23 : Param ètres intrasegmentaux du signal acoustique de la voyelle /a/ sur le ton 1 en voix modale.

Recueil des donn ées dans les signaux acoustiques en voix chuchot ée

La figure 24 illustre les param ètres intrasegmentaux mesur és du signal acoustique de la s équence /ə_pā/ sur le ton 1, extrait de l'énoncé /(j) í_kə_pā_tsɿ/ en voix chuchot ée. La tenue consonantique, indiqu ée par le crochet bleu horizontal dans cette figure, contient trois parties : une friction irr éguli ère à la place de VTT apr ès /ə/, silence et une friction irr éguli ère à la place de VOT avant /a/. Sur les spectrogrammes, la friction irr éguli ère à la place de VTT couvre la partie du signal entre le d ébut de la disparition d'une structure formantique relativement stable et le début d'une distribution égale de l'énergie dans toutes les fréquences tandis que la friction irr éguli ère à la place de VOT couvre la zone entre la fin de la distribution égale de l'énergie dans toutes les fréquences et l'apparition d'une structure formantique relativement stable dans le signal.

Par commodit é, dans notre recherche, nous avons pris en compte seulement la dur ée de la deuxi ème friction irr éguli ère, celle à la place de VOT ainsi que la dur ée de la partie premi ère friction+silence de la consonne. La m ême op ération a ét é effectu ée sur tous les signaux acoustiques en voix chuchot ée.

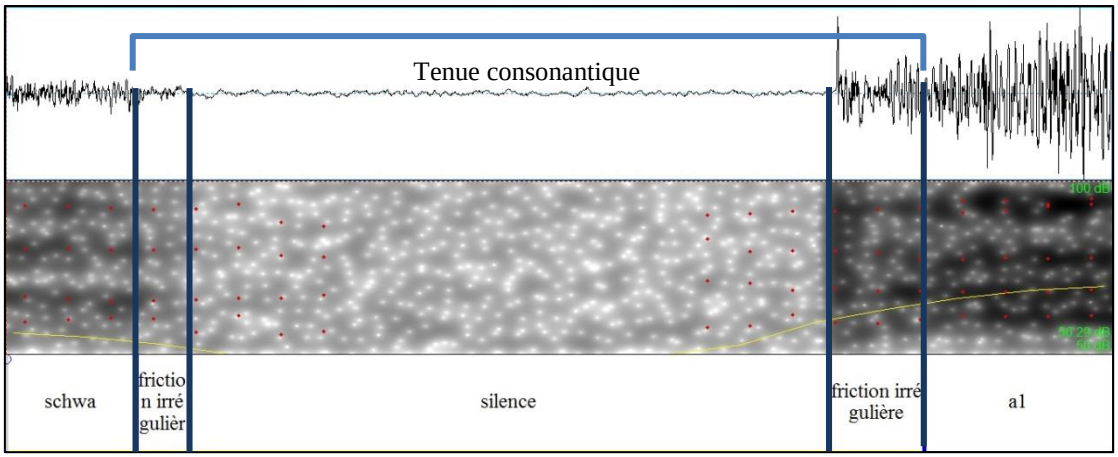


Figure 24 : Paramètres intrasegmentaux du signal acoustique de la séquence /ə_pa/ sur le ton 1 en voix chuchotée.

La figure 25 illustre les paramètres intrasegmentaux mesurés du signal acoustique de la voyelle /ā/ sur le ton 1, extrait de l'énoncé /(j) í_kə_pā_tsɿ/ en voix chuchotée. Nous avons divisé le segment vocalique en 5 parties à durée identique, comme ce que nous avons fait avec la voyelle en voix modale. Nous avons pris la mesure des valeurs des paramètres acoustiques au début, à la fin, ainsi qu'à la frontière de deux tranches voisines. La durée vocalique de /a/ correspond à celle de toute la partie visible. Le contour de l'intensité est marqué en ligne jaune et les valeurs des quatre premiers formants de /a/ correspondent à celles que les points rouges indiquent. Dans l'analyse du spectre de la voix chuchotée, la même opération a été effectuée sur tous les signaux en question.

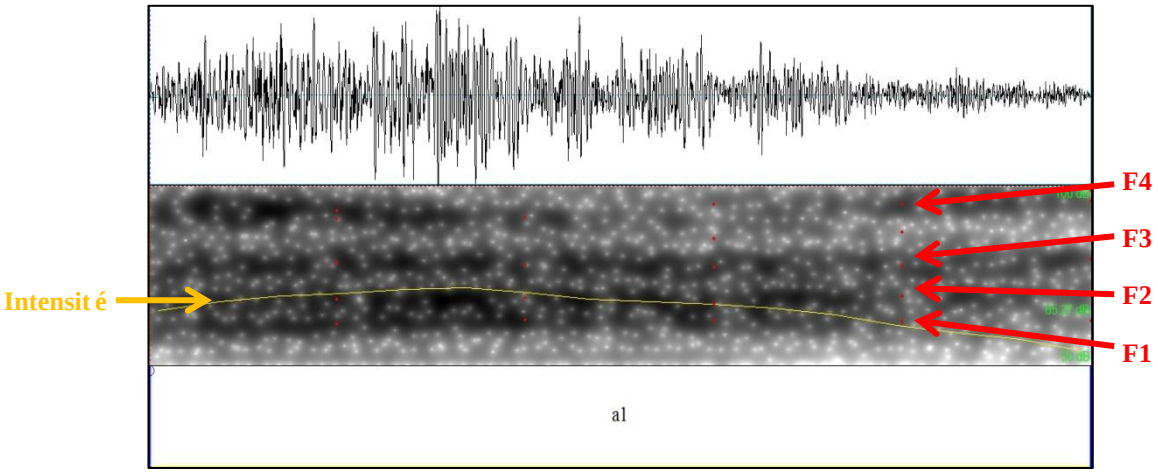


Figure 25 : Paramètres intrasegmentaux du signal acoustique de la voyelle /a/ sur le ton 1 en voix chuchotée.

Les intervalles temporels mentionnés ci-dessus correspondent aux événements articulatoires spécifiques. Plus précisément, leur correspondance est comme suit :

- La durée du segment vocalique correspond à celle de la phase où la structure formantique s'installe dans le signal de manière stable, que ce soit en voix modale ou en voix chuchotée.
- La durée du VTT correspond à l'intervalle temporel entre la disparition de la stabilité dans la structure formantique et la disparition du voisement. En voix chuchotée, à la position du VTT est apparue une friction irrégulière. La durée de cette dernière correspond à l'intervalle temporel entre la disparition de la structure formantique stable dans le bruit et la disparition du bruit.
- La durée du VOT correspond à l'intervalle temporel entre le début du burst et l'installation stable de la structure formantique dans le signal. En voix chuchotée, à la position du VOT est apparue une friction irrégulière. La durée de cette dernière correspond à l'intervalle temporel entre le début du burst et l'installation stable de la structure formantique.

Recueil des données de modulation dans les signaux en voix chuchotée

Comme il est mentionné dans la section 3.2., en raison des ajustements articulatoires, le segment vocalique peut être vu comme un bruit qui subit une modulation périodique. Ainsi dans l'étude de l'intelligibilité des tons chuchotés, il est pour nous nécessaire d'analyser les données concernées par la modulation.

La figure 26 illustre les paramètres acoustiques concernées par la modulation, mesurées dans le spectre de la voyelle /a/ au ton 1, extrait d'un enregistrement de l'énoncé /(j) í_kə_pā_tsɿ/ en voix chuchotée. Nous avons pris non seulement des mesures des fréquences centrales des formants, comme ce qui est illustré dans la figure 25, mais également de celles des largeurs des bandes formantiques (indiquées par les branches rouges), et ce, dans les signaux acoustiques en voix modale ainsi que dans ceux en voix chuchotée.

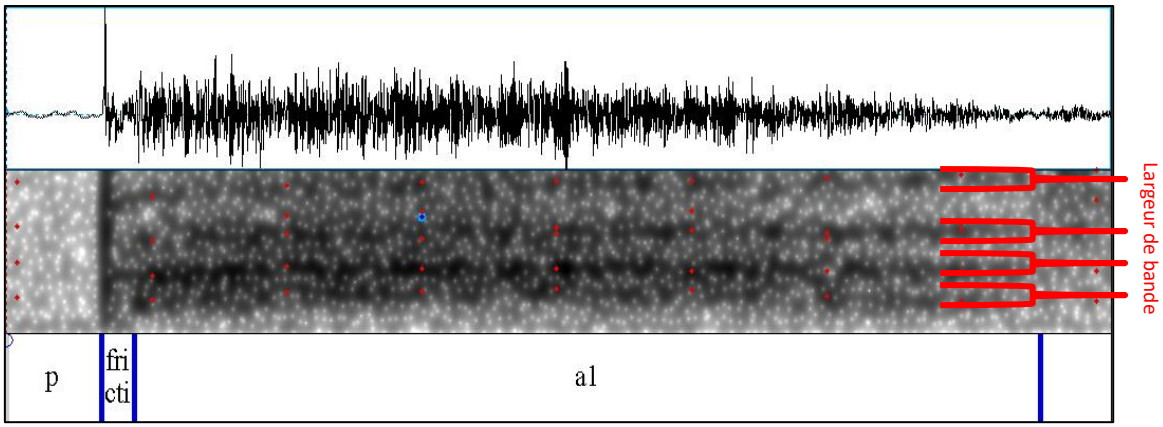


Figure 26 : Paramètres acoustiques concernés par la modulation sinusoïdale dans le spectre de la voyelle /a/ au ton 1 en voix chuchotée.

La largeur d'une bande formantique « *définit comme la largeur entre les deux points situés à -6 dB autour du pic formantique* » (Roads *et al.* 1999). Elle couvre toutes les fréquences harmoniques autour de la fréquence centrale de formant, et reflète la distribution de l'énergie à l'échelle des fréquences à l'intérieur d'une bande formantique. A l'aide de la fonction « *Get ...bandwidth* » de Praat, nous avons pris les mesures des largeurs de bande des quatre premiers formants de la majorité des signaux.

L'autre élément essentiel pour calculer le taux de modulation dans un son modulé, à part la largeur de bande, est la fréquence porteuse. À l'aide de la fonction « *Pointprocess (periodic, peaks)* » de Praat, nous avons observé une périodicité dans la partie vocalique dans la majorité des signaux, en voix chuchotée. Cette périodicité se manifeste davantage dans l'analyse HNR (*Harmonics-to-Noise-Ratio*) des signaux chuchotés, réalisé à l'aide de la fonction « *Analyse periodicity – To Harmonicity (cc)* » de Praat. La figure 27 illustre une comparaison de la périodicité détectée dans le spectre de la voyelle /a/ au ton 1, extrait d'un enregistrement de l'énoncé /(j) í_kə_pā_tsɿ/ dans les deux modes de phonation. Le cas du signal en voix modale se trouve à gauche, avec un maximum de HNR à 37 dB, et celui du signal en voix chuchotée se trouve à droite, avec un maximum de HNR à 31 dB. La périodicité du signal chuchoté n'est pas aussi régulière que celle dans le signal en voix modale.

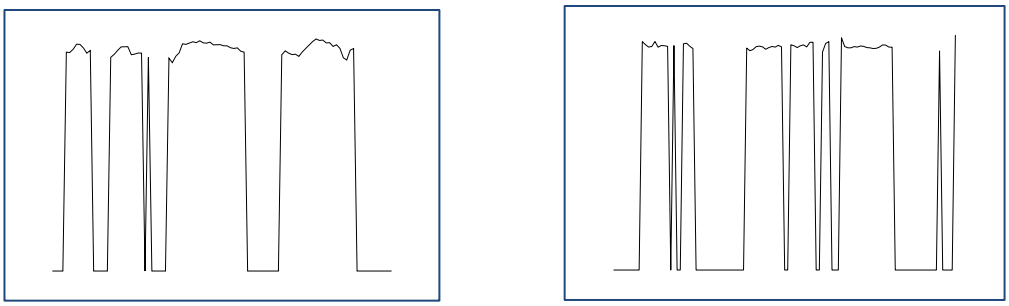


Figure 27 : Périodicité dans le signal de l'énoncé /(j)í_kə_pā_tsɣ/ en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite) (Sujet ZMY).

Nous nous concentrons sur le cas des signaux chuchotés. Dans l'analyse *PointProcess*, les valeurs minimales et maximales du pitch ont été respectivement définies comme 50 Hz et 3000 Hz. Une telle configuration du pitch est censée trouver, dans la majorité des signaux, une périodicité dans les harmoniques dont l'amplitude assure la perceptibilité de cette périodicité à l'oreille[50]. La figure 28 illustre la périodicité détectée à une telle configuration dans le spectre de la voyelle /a/ au ton 1, extrait d'un enregistrement de l'énoncé /(j)í_kə_pā_tsɣ/, en voix chuchotée. Les lignes bleues verticales dans cette figure indiquent les pics dans la périodicité. Les intervalles entre les pics ne sont donc pas égaux mais varient approximativement à un certain rythme. La fréquence de ce rythme de variation est la fréquence porteuse (f_m) que nous désirons mesurer. Malgré tout notre effort, nous avons eu de la peine à prendre des mesures de f_m de manière directe. Ainsi pour estimer ses valeurs, nous avons pris des mesures de Δt, l'intervalle temporel entre les deux pics qui se situent dans deux phases voisines, où les intervalles entre les pics sont à peu après similaires, comme ce que le crochet bleu horizontal indique dans cette figure. Δt est l'équivalent de $1/f_m$. Par exemple, dans le signal que la figure 28 illustre, Δt mesuré est à environ 12 ms, alors f_m doit être autour de 82 Hz.

[50] Malgré tout, en voix chuchotée, l'énergie qui se distribue dans la zone de fréquences inférieures à 3000 Hz est plus importante que celle dans la zone supérieure à 3000 Hz. Une telle configuration du pitch établie permet d'éviter que Praat cherche la périodicité dans la zone au-dessus de 3000 Hz. Dans l'étendue 50 Hz-3000Hz, la fréquence de périodicité que Praat confirme correspond souvent à F1 ou à F2 de la voyelle concernée.

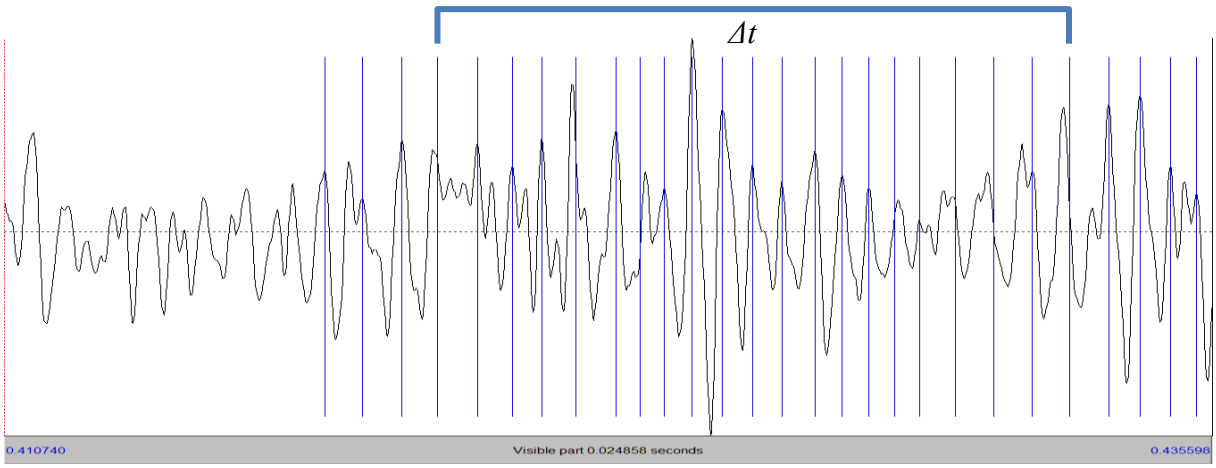


Figure 28 : Périodicité dans le spectre de la voyelle /a/ au ton 1 en voix chuchotée (Sujet ZMY).

4.5. Analyses statistiques

Les mesures des paramètres acoustiques ont été prises à l'aide du logiciel PRAAT et ont été analysé statistiquement à l'aide du logiciel Graphpad PRISM 5.

Dans l'analyse des paramètres temporels, nous avons calculé les moyennes interindividuelles (c'est-à-dire entre tous les sujets) pour le même type de données, ainsi que les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs pour le même type de données, chez l'ensemble des sujets. Dans l'étude du niveau de l'intensité, de F0 et des formants, les courbes de ces paramètres ont été définies dans Microsoft Office Excel 2010, avec les mesures prises comme repères. Chaque courbe relie à l'ordre temporel les valeurs du même paramètre acoustique mesurées à 0%, 20%, 40%, 60%, 80% et 100% du même segment.

Pour étudier l'effet psychoacoustique que les signaux peuvent évoquer en tant que stimuli acoustique, une conversion logarithmique de *Hz* à *Mel* a été effectuée sur les valeurs des fréquences centrales des quatre premiers formants de la voyelle. Nous avons également calculé le nombre de Bark auquel chaque formant correspond, selon la formule de Traunmüller (*cf.* Section 3.2.).

L'application de l'échelle de Mel et de celle de Bark n'est pourtant pas intéressante pour l'étude de F0 en voix modale, puisque F0, composé des fréquences basses et ayant un niveau d'intensité important, est bien audible dans chaque nuance. Ainsi, au lieu d'appliquer les échelles de Mel et de Bark, nous appliquerons l'échelle de demi-tons dans notre étude de F0 (*cf.* Section 3.2.). La variation de F0 sera donc exprimée

en hauteur mélodique normalisée en l'unité de *St*. Les résultats de la conversion *Hz-St* nous serviront de données de base dans la discussion de la transcription du ton.

Dans l'étude de chaque paramètre acoustique, les analyses statistiques seront effectuées sur trois axes : le mode de phonation, le ton et le contexte. Des calculs statistiques, ainsi que des analyses ANOVA (*Analyse de la Variance*) ont été conduites sur l'ensemble des données du même type. Dans la présentation des résultats des analyses ANOVA, nous donnerons le degré de la significativité entre elles, représentées par la valeur de *p*. Les résultats avec une probabilité de plus de 5% ($p > 0,05$) sont considérés comme étant non-significatifs.

Notre recherche s'appuie sur une expérience de production orale en voix modale et en voix chuchotée. 13 locutrices natives sinophones à Pékin ont pris part à cette expérience. Âgées entre 18 et 23 ans, elles maîtrisent parfaitement le mandarin. Par ailleurs, la majorité d'entre elles a une expérience dans la pratique d'instruments musicaux. Un corpus contenant les quatre tons portés par trois voyelles /a i u/ dans le même contexte phonétique a été élaboré. Le contexte est neutre au niveau sémantique afin de limiter l'impact du contexte sur le contenu perceptif linguistique. Les enregistrements ont été effectués dans les mêmes conditions, avec peu de bruit présent. Chaque sujet a réalisé 10 répétitions du corpus dans chacun des modes de phonation en question. Les mesures multiparamétriques acoustiques des signaux ont été prises à l'aide du logiciel PRAAT. Leurs valeurs ont été ensuite analysées à l'aide d'Excel 2010, ainsi qu'à l'aide de GraphPad Prism 5.

5 *Étude des paramètres temporels*

Ce chapitre est consacré aux analyses des paramètres temporels des segments qui composent la syllabe /pV/ sur les quatre tons lexicaux (pour ce qui est de la consonne, nous avons mené une étude inter-[51] et intra-segmentale[52]) et ce, en voix modale et en voix chuchotée. Nous étudierons plus précisément à l'intérieur des syllabes qui portent les tons cibles, la durée du segment vocalique, la durée du VOT, la tenue consonantique, la durée totale de la syllabe et le ratio voyelle/consonne dans la syllabe.

Nous allons comparer les durées des segments dans chaque syllabe /pV/, ainsi que les durées syllabiques et les ratios voyelles/consonnes qui indiquent la variation des rapports entres ces segments au niveau temporel. Ceci est dans l'objectif d'observer les effets que le ton lexical, le contexte syllabique et le mode de phonation imposent à ces paramètres temporels. Nous nous intéressons particulièrement à la significativité de ces effets, s'ils existent. En voix modale, les paramètres temporels des segments subissent non seulement l'effet des gestes articulatoires glottiques et supraglottiques nécessaires à la production des segments, mais aussi l'influence du ton lexical hébergé (*cf.* Section 2.2.). En voix chuchotée, ces paramètres devraient donc subir moins d'effets des mouvements biomécaniques au niveau glottique. Ainsi, cela devrait nous permettre de mieux comprendre les conséquences des gestes supraglottiques et celles de l'hébergement du ton lexical.

Dans le cadre de cette thèse, nous émettons les hypothèses suivantes sur la possibilité de divergence des paramètres temporels en fonction du ton et du mode de phonation :

- *Hypothèse 1* : dans le contexte phonologique de notre corpus, c'est la rime (voyelle) de la syllabe cible qui héberge le TBU du ton à étudier. Nous supposons ainsi que la durée de la voyelle dans la syllabe CV, ainsi que les variables temporelles relatives à la voyelle (c'est-à-dire la durée syllabique et le ratio voyelle/consonne), subiraient des modifications sous l'effet du ton porté. Ces modifications seraient plus importantes que celles que la tenue consonantique connaîtrait.

[51] Intersegmental : correspond à la durée de la tenue consonantique.
[52] Intrasegmental : correspond au silence acoustique et au VOT dans cette étude.

- *Hypothèse 2* : le VOT et le ton sont tous liés à la vibration des plis vocaux. Ainsi, nous supposons qu'en voix chuchotée, en l'absence d'activités laryngales remarquables, la durée du VOT serait réduite par rapport à la voix modale. Quant à la durée du ton (qui sera représentée dans cette recherche par la durée vocalique), ses divergences seraient, d'après nous, préservées en voix chuchotée pour une raison phonologique. Ces divergences seraient pourtant moins significatives que celles en voix modale, en raison du peu d'activité laryngale.

À partir de ces hypothèses, nous analyserons l'ensemble des données de tous les sujets, en fonction du paramètre concerné. L'étude de chaque paramètre contiendra les analyses des données dans les trois contextes syllabiques, ainsi qu'une comparaison entre ces données suivant le contexte syllabique. Une synthèse analytique des résultats sera présentée à la fin de ce chapitre.

5.1. Le contrôle temporel du segment vocalique : le cas des trois voyelles cibles dans les deux modes de phonation

5.1.1. Durée vocalique dans le contexte /pa/

La durée vocalique nous intéresse particulièrement puisque sa divergence indique, de manière claire, l'influence du ton sur le segment vocalique. La figure 29 présente une vision globale de la divergence de ce paramètre en fonction du ton et ce, à travers les moyennes interindividuelles (*Moy Inter*) des durées de /a/ en *ms* et les coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs, chez l'ensemble des sujets (*CA*)[53].

Plus précisément, nous avons remarqué que dans /pa/ : *a*) la durée vocalique connaît un allongement d'environ 17-20% en voix chuchotée par rapport à la voix modale. *b*) Quel que soit le mode de phonation employé, le timbre de /a/ a tendance à se réduire au niveau de la durée sur T1, mais allongée sur T2. En voix modale, la durée vocalique moyenne sur T1 est de 195 ms, et de 213 ms sur T2 alors qu'en voix chuchotée, elle est de 234 ms sur T1 et de 251 ms sur T2. *c*) Le timbre de /a/ présente une durée médiane lorsqu'il porte T3 ou T4 : en voix modale, il mesure 198 ms sur T3 et 203 ms sur T4 alors qu'en voix chuchotée, il mesure 239 ms sur T3 (similaire à sa durée sur

[53] À partir d'ici, nous nommons la moyenne interindividuelle et le coefficient d'asymétrie respectivement comme « Moy Inter » et « CA » par commodité.

T4 qui est de 238 ms). *d*) Les CA sont positifs sur les quatre tons en voix modale, indiquant des distributions plus importantes en dessous des médianes. En voix chuchotée, les CA sont négatifs sur T3 et T4, indiquant des distributions plus importantes au-dessus des médianes lorsque /a/ porte ces deux tons. Par ailleurs, le CA sur T1 est le plus important parmi les CA sur les quatre tons en voix chuchotée. Cela signifie que la majorité des sujets ont produit des /a/ encore plus courts que la médiane sur T1 lorsqu'ils chuchotent.

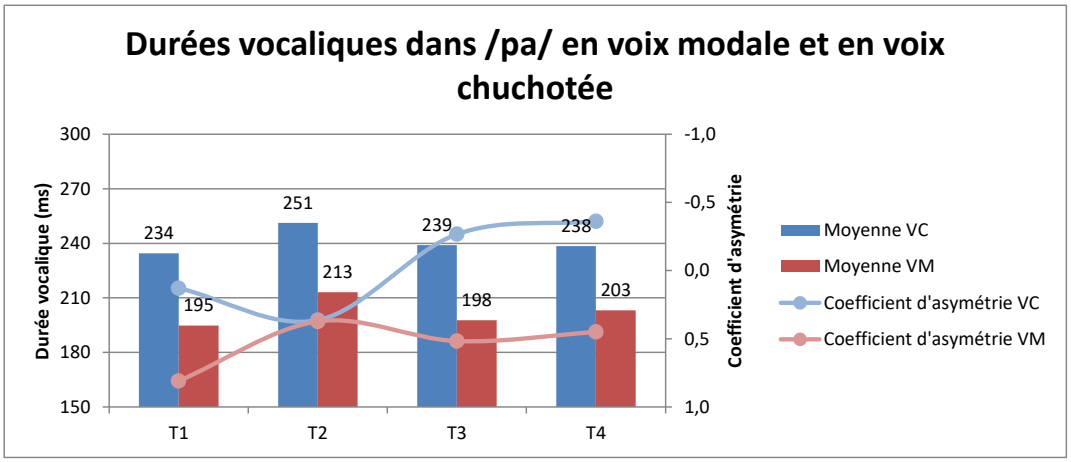


Figure 29 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées vocaliques dans /pa/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

Une analyse *Two-Way ANOVA* des durées vocaliques dans ce contexte syllabique a été effectuée, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire. À partir des résultats de cette analyse, nous pouvons constater que le mode de phonation a un effet significatif sur la durée de /a/ ($F(1,104) = 50,63$, $p < 0,0001$). En revanche, le ton n'a pas d'effet significatif sur la durée vocalique de /a/ ($F(3,104) = 1,952$, $p = 0,1265$). Les résultats de cette analyse confirment une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 8 : Significativité des divergences des durées vocaliques dans /pa/ entre les quatre tons en voix modale.

DV dans /pa/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Tableau 9 : Significativité des divergences des durées vocaliques dans /pa/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

DV dans /pa/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Deux analyses *One-Way ANOVA* ont été ensuite effectuées, respectivement sur l'ensemble des durées vocaliques en voix modale et sur celui en voix chuchotée, avec *ton* comme facteur analysé et *sujet* comme variable aléatoire. Les résultats de ces analyses, présentés ici dans les tableaux 8 et 9, montrent dans les deux modes de phonation, les divergences en durée vocalique entre les tons ne sont pas statistiquement significatives.

5.1.2. Durée vocalique dans le contexte /pi/

La divergence de la durée vocalique en fonction du ton dans /pi/ est comme celle illustrée dans la figure 30.

En observant cette figure, nous avons pu constater que : *a*) la durée de /i/ est allongée en voix chuchotée par rapport à la voix modale. Cette prolongation est environ de 20-27%. *b*) Dans les deux modes de phonation, le timbre de /i/ a tendance à se réduire au niveau de la durée sur T3 et à être allongé sur T2. En voix modale, la durée moyenne de /i/ sur T3 est de 159 ms et celle sur T2 est de 188 ms. En voix chuchotée, elle est de 195 ms sur T3, et de 228 ms sur T2. *c*) /i/ présente une durée médiane lorsqu'il porte T1 ou T4. En voix modale, la durée moyenne est de 169 ms sur T1 et T4. En voix chuchotée, elle est de 216 ms sur T1, et de 206 ms sur T4. *d*) Les CA sont positifs sur les quatre tons dans les deux modes de phonation, qui indiquent des distributions plus importantes en dessous des médianes. Toutefois, il est à signaler que les CA en voix chuchotée sont plus proches d'une valeur nulle que les CA en voix modale. Cela indique des distributions plus ou moins égales aux deux côtés des médianes en voix chuchotée. Par ailleurs, le CA de la voix modale sur T3 est le plus important, indiquant que la majorité des sujets ont produit des /a/ encore plus courtes que la médiane sur T3 en voix modale.

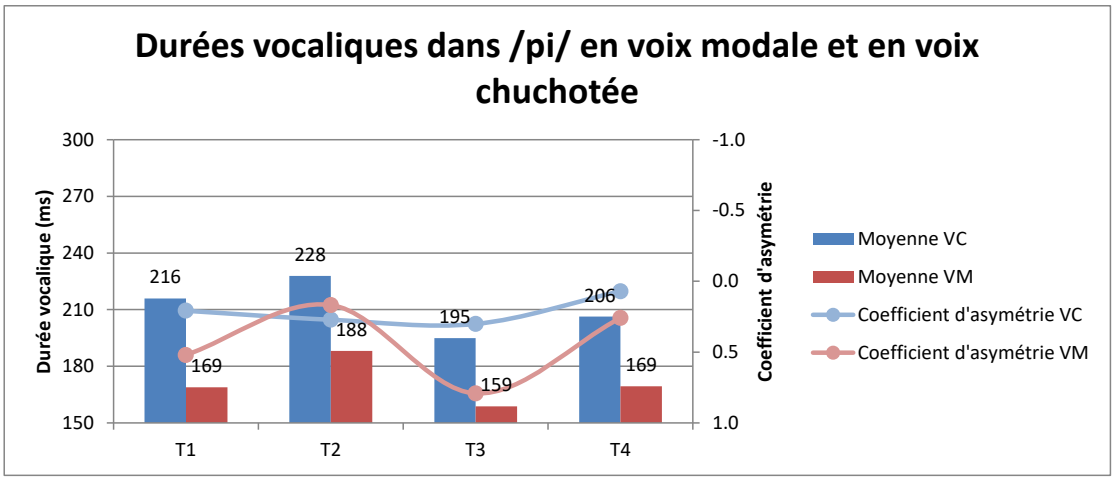


Figure 30 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées vocaliques dans /pi/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

L'analyse *Two-Way ANOVA* sur la durée de /i/, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire, montre que le mode de phonation et le ton ont tous un effet significatif sur la durée de /i/ ($F(1,104) = 41,91$, $p < 0,0001$ pour le facteur *mode de phonation*, $F(3,104) = 4,360$, $p = 0,0064$ pour le facteur *ton*). Les résultats de l'analyse confirment, d'ailleurs, une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 10 : Significativité des divergences des durées vocaliques dans /pi/ entre les quatre tons en voix modale.

DV dans /pi/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			*	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Tableau 11 : Significativité des divergences des durées vocaliques dans /pi/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

DV dans /pi/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			*	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Les tableaux 10 et 11 présentent les résultats des analyses *One-Way ANOVA* des Moy Inter des durées vocaliques dans ce contexte syllabique, et ce dans les deux modes de phonation. Ces analyses ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire. Les résultats de ces analyses montrent que seules les divergences en durée vocalique entre T2 et T3 sont significatives ($p < 0,05$) et ce, dans les deux modes de phonation.

5.1.3. Durée vocalique dans le contexte /pu/

Dans l'étude des durées vocaliques dans /pu/ (*cf.* Figure 31), nous avons constaté que : *a*) la durée de /u/ dans ce contexte est allongée d'environ 14-21% en voix chuchotée par rapport à la voix modale. *b*) Le timbre de /u/ a tendance à se réduire au niveau de la durée moyenne sur T3, alors qu'il a tendance à être allongé sur T2. En voix modale, la durée moyenne de /u/ sur T3 est de 154 ms et celle sur T2 est de 178 ms. En voix chuchotée, la durée moyenne est 186 ms sur T3, et 215 ms sur T2. *c*) Le timbre de /u/ présente une durée médiane lorsqu'il porte T1 ou T4. En voix modale, sa durée est de 169 ms sur T1, et de 164 ms sur T4. En voix chuchotée, sa durée est de 205 ms sur T1, et de 188 ms sur T4 (proche de celle sur T3). *d*) Les CA sont tous positifs dans les deux modes de phonation, à l'exception du CA sur T1 en voix chuchotée. Cela signifie que parmi toutes les /u/ produites, les distributions sont égales aux deux côtés des médianes, sauf qu'en voix chuchotée, les durées de /u/ sur T1 sont souvent plus allongées que leur médiane.

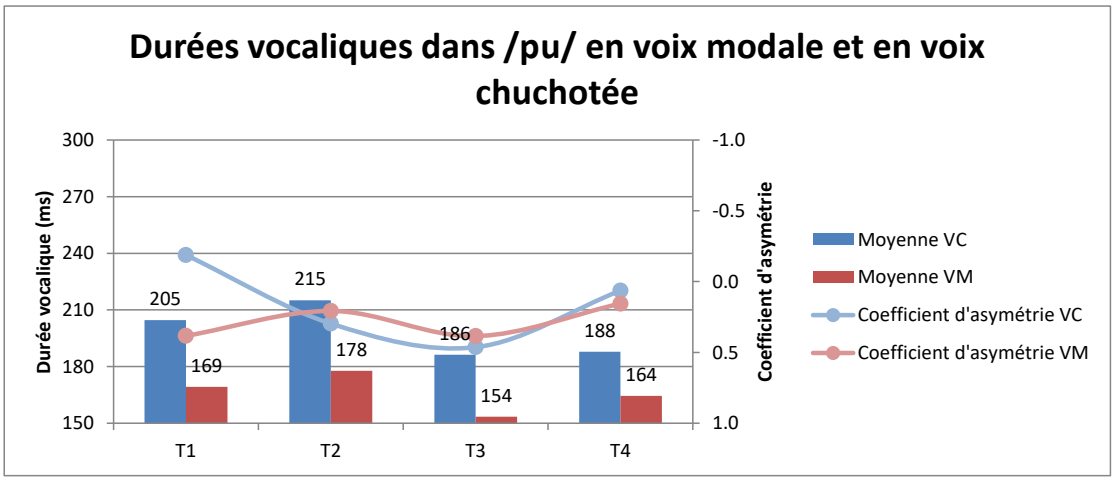


Figure 31 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées vocaliques dans /pu/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

Les résultats de l'analyse *Two-Way ANOVA* des durées vocaliques dans /pu/, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire, montrent que le mode de phonation et le ton ont tous un effet significatif sur la durée de /u/ ($F(1,104) = 30,09$, $p < 0,0001$ pour le facteur *mode de phonation*, $F(3,104) = 3,999$, $p = 0,0099$ pour le facteur *ton*). En même temps, les résultats confirme une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 12 : Significativité des divergences des durées vocaliques dans /pu/ entre les quatre tons en voix modale.

DV dans /pu/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Tableau 13 : Significativité des divergences des durées vocaliques dans /pu/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

DV dans /pu/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Les tableaux 12 et 13 présentent les résultats des analyses *One-Way ANOVA* des durées vocaliques dans /pu/ dans les deux modes de phonation, avec *ton* comme facteur analysé et *sujet* comme variable aléatoire. Ces résultats montrent que les divergences au niveau de la durée vocalique ne sont pas significatives lorsque le ton varie.

5.1.4. Comparaison des durées vocaliques dans les trois contextes syllabiques

D'après notre analyse contrastive des durées vocaliques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/, la durée de la voyelle /a/ est considérablement plus longue que celle de /i/ alors que cette dernière est souvent plus longue que la durée de /u/, quel que soit le mode de phonation employé.

Plus précisément, la figure 32 illustre les Moy Inter et les CA des durées vocaliques dans les trois contextes syllabiques en voix modale. À partir de cette figure, nous pouvons constater une tendance générale des durées vocaliques en fonction du ton. Les voyelles portant T2 sont allongées au niveau de la durée, par rapport aux voyelles portant les autres tons. La durée moyenne de /a/ sur T2 est de 213 ms, celle de /i/ est de 188 ms et celle de /u/ est de 178 ms. En revanche, les durées vocaliques en moyenne sont relativement réduites sur T3 : 193 ms pour /a/, 159 ms pour /i/ et 154 ms pour /u/. Par ailleurs, nous avons remarqué que la durée de /a/ est davantage réduite sur T1 que sur T3 : 195 ms en moyenne. Les CA sont tous positifs, quel que soit le contexte syllabique. Pour la même voyelle, les valeurs de CA ont tendance à être élevées sur T1 et T3, et à être basses sur T2 et T4. Cela indique que les distributions

des durées vocaliques sont davantage équilibrées autour de leur médiane sur T2 et T4, par rapport aux distributions sur T1 et T3.

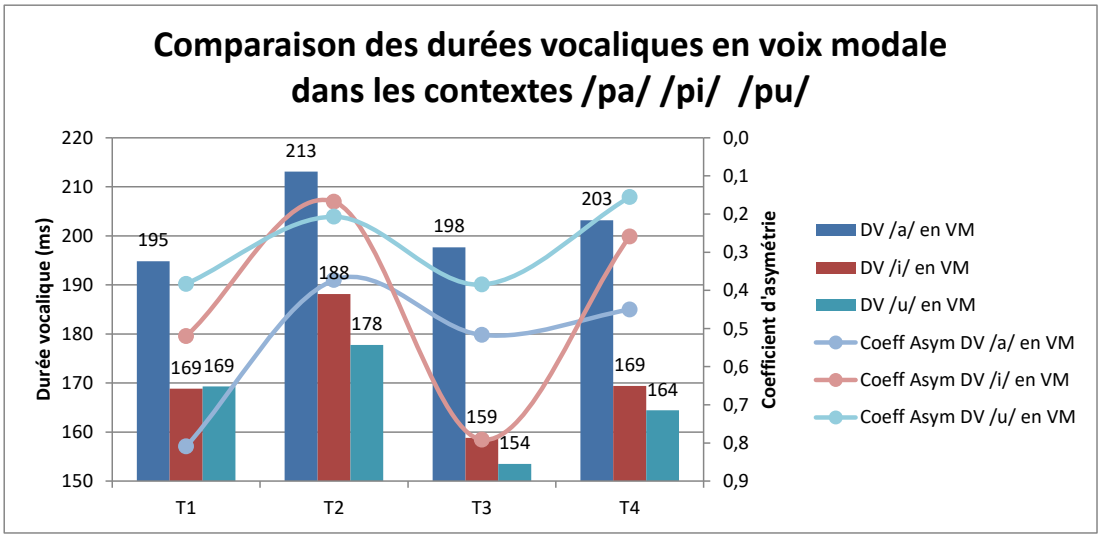


Figure 32 : Comparaison des durées vocaliques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets.

Une analyse *Two-Way ANOVA* de l'ensemble des durées vocaliques dans les trois contextes syllabiques en voix modale a été effectuée, avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire. Son résultat nous informe davantage sur les tendances globales observées dans la figure 32. Ils montrent que le contexte et le ton ont tous un effet significatif sur la durée vocalique ($F(2,156) = 30,33$, $p < 0.0001$ pour le facteur *contexte*, $F(3,156) = 5,376$, $p = 0.0015$ pour le facteur *ton*). En même temps, les résultats confirment une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 14 : Significativité statistique dans les divergences des durées vocaliques entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix modale.

Ton	a vs i	a vs u	i vs u
T1	*	*	ns
T2	ns	**	ns
T3	***	***	ns
T4	**	***	ns

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Le tableau 14 présente les résultats d'une analyse *Two-Way ANOVA* des divergences des durées vocaliques en voix modale, avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire. Ces résultats indiquent que les divergences significatives se trouvent entre la voyelle ouverte /a/ et une voyelle fermée /i/ ou /u/, alors qu'entre les deux voyelles fermées /i u/, les divergences des durées vocaliques en

fonction du ton ne sont pas significatives. Par ailleurs, en ce qui concerne l'effet du ton, les divergences en durée vocalique sont davantage significatives sur T3 et T4.

La figure 33 présente les Moy Inter et les CA des durées vocaliques dans les trois contextes syllabiques en voix chuchotée. Cette figure nous permet de constater la même tendance générale des durées vocaliques en fonction du ton que celle observée en voix modale. C'est-à-dire que les durées des voyelles qui portent T2 sont allongées, par rapport à leurs valeurs sur les autres tons. La durée moyenne de /a/ sur T2 est de 251 ms, celle de /i/ est de 228 ms et celle de /u/ est de 215 ms. En revanche, la tendance des durées réduites sur T3 s'observe dans les durées de /i/ et de /u/, mais pas dans les durées de /a/. Plus précisément, la durée moyenne de /i/ est de 195 ms, la durée de /u/ est de 186 ms sur T3 alors que la durée de /a/ est de 238 ms sur T3, légèrement plus longue que sa durée sur T1 (234 ms). Les CA dans les trois contextes sont majoritairement positifs, à part les CA de /a/ sur T3 et T4 et le CA de /u/ sur T1. Pour /i/ et /u/, les CA ont tendance à être élevés sur T3, indiquant des distributions des durées vocaliques plus décalées vers la gauche de leur médiane (c'est-à-dire en dessous de leur médiane au niveau de la valeur) sur ce ton par rapport aux autres tons.

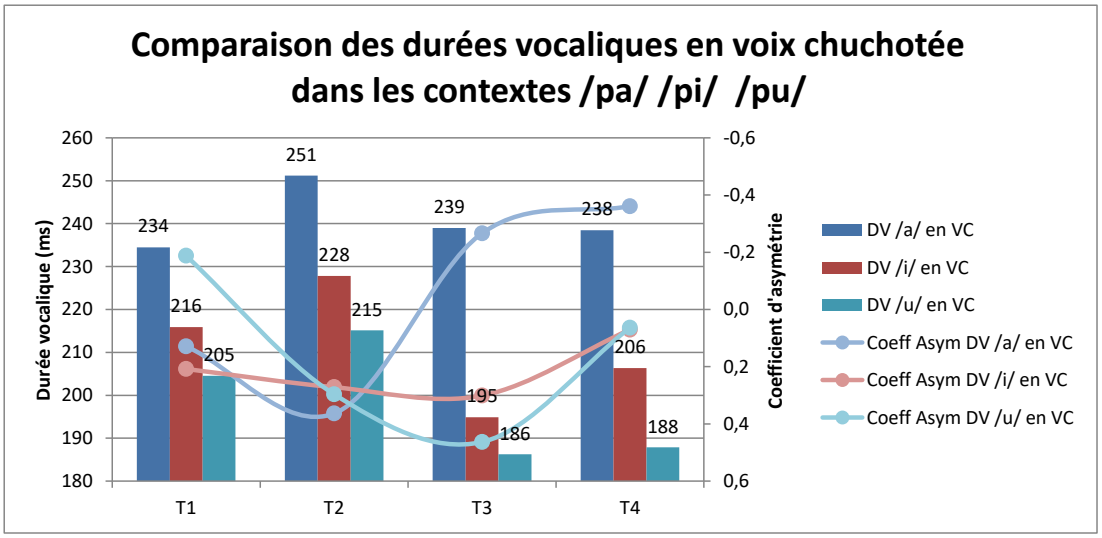


Figure 33 : Comparaison des durées vocaliques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix chuchotée, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets.

Nous avons effectué une analyse *Two-Way ANOVA* des durées vocaliques dans les trois contextes syllabiques en voix chuchotée, avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés et avec *sujet* comme variable aléatoire. Nos résultats montrent que le contexte et le ton ont tous un effet significatif sur la durée vocalique ($F(2,156) = 21,73$, $p <$

0.0001 pour *contexte*, F(3,156) = 4,146, *p* = 0.0075 pour *ton*). En même temps, les résultats nous confirment une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 15 : Significativité statistique dans les divergences des durées vocaliques entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix chuchotée.

Ton	a vs i	a vs u	i vs u
T1	ns	ns	ns
T2	ns	*	ns
T3	**	***	ns
T4	ns	***	ns

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Le tableau 15 présente les résultats de l'analyse *Two-Way ANOVA* des divergences des durées vocaliques en voix chuchotée. Cette analyse a été effectuée avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire. Les résultats montrent que les divergences significatives se trouvent entre la voyelle ouverte /a/ et la voyelle fermée /u/. Entre /a/ et /i/, seules les divergences au niveau de la durée vocalique sur T3 sont significatives, alors qu'entre les deux voyelles fermées /i u/, les divergences ne sont pas significatives. En ce qui concerne l'effet du ton, les divergences au niveau de la durée vocalique sont davantage significatives sur T3 et T4 tandis que les divergences sur T1 ne sont pas significatives.

5.2. Le contrôle temporel du VOT dans les deux modes de phonation

5.2.1. Durée du VOT dans le contexte /pa/

Le VOT est étroitement lié au déclenchement de la vibration des plis vocaux. Sa durée devrait donc subir de modifications lorsqu'on passe d'une voix modale à une voix chuchotée. Pour cette raison, nous nous sommes intéressée à comparer la durée du VOT dans les deux modes de phonation et ce, sur les quatre tons.

L'analyse des durées du VOT dans /pa/, que la figure 34 illustre, montre que dans ce contexte syllabique : *a*) la durée du VOT qui précède /a/ a tendance à se réduire en voix chuchotée par rapport à la voix modale. Cette réduction est entre 7% et 14%. Elle est moins importante lorsque /pa/ porte T2 ou T3 (7% et 8%) et plus importante lorsque /pa/ porte T1 ou T4 (14% et 13%). *b*) En voix modale, la durée du VOT a tendance à être légèrement réduite sur T2 et T3 (12 ms), par rapport à sa valeur sur T1 et T4 (13 ms). En voix chuchotée, les durées moyennes du VOT sont similaires sur tous les tons (11 ms). *c*) Malgré les valeurs moyennes similaires sur les quatre tons, les

CA sont tous positifs et montrent qu'en voix modale, la durée du VOT est plus souvent en dessous de sa médiane sur T3 par rapport aux autres tons. En revanche, en voix chuchotée, le CA est très élevé lorsque /a/ porte T1. Cela indique que la durée du VOT est très souvent en dessous de sa médiane sur T1.

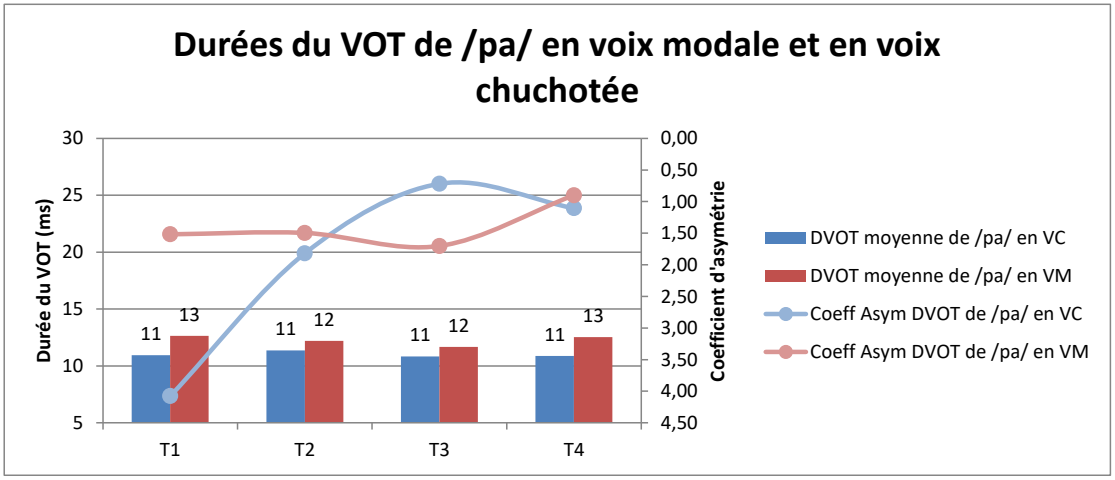


Figure 34 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées du VOT dans /pa/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

L'analyse *Two-Way ANOVA* effectuée sur l'ensemble des durées du VOT, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire, nous amène à constater que dans /pa/, le ton n'a pas d'effet significatif sur la durée du VOT ($F(3,104) = 0,1562$, $p = 0,9255$). En revanche, le mode de phonation présente un effet significatif sur la durée du VOT ($F(1,104) = 4,216$, $p = 0,0428$). Une absence d'interaction a été observée entre les deux facteurs.

Tableau 16 : Significativité des divergences des durées du VOT dans /pa/ entre les quatre tons en voix modale.

DVOT dans /pa/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Tableau 17 : Significativité des divergences des durées du VOT dans /pa/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

DVOT dans /pa/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Les résultats des analyses *One-Way ANOVA* des durées du VOT dans les deux modes de phonation sont respectivement présentés dans les tableaux 16 et 17. Les analyses ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire. L'observation de ces deux tableaux nous permet de constater que dans /pa/, les divergences au niveau de la durée du VOT ne sont pas significatives lorsque le ton varie.

5.2.2. Durée du VOT dans le contexte /pi/

Les résultats de l'analyse des durées du VOT dans /pi/, présentés comme celle dans la figure 35, nous indiquent que : *a*) la durée du VOT devant /i/ a tendance à se réduire d'environ 24-32% en voix chuchotée et ce, par rapport à sa durée en voix modale. Cette réduction est davantage importante lorsque /pi/ porte T2 (32%). *b*) Les durées moyennes du VOT montrent qu'en voix modale, la durée du VOT a tendance à se réduire e sur T3 ainsi que sur T4 (18 ms), et à augmenter sur T2 (20 ms). En revanche, en voix chuchotée, les durées moyennes du VOT sont proches les unes des autres sur tous les tons (14 ms). Cela ressemble au cas des durées du VOT dans /pa/. *c*) Les CA, tous positifs, montrent qu'en voix modale, lorsque /a/ porte T3, la durée du VOT est relativement stable autour de sa médiane alors qu'elle peut être plus souvent en dessous de sa médiane sur les autres tons. Quant à la voix chuchotée, malgré les durées moyennes du VOT similaires, le CA est plus élevé lorsque /a/ porte T4. Cela indique que la durée du VOT est plus souvent en dessous de sa médiane sur T4 que la durée du VOT sur les autres tons.

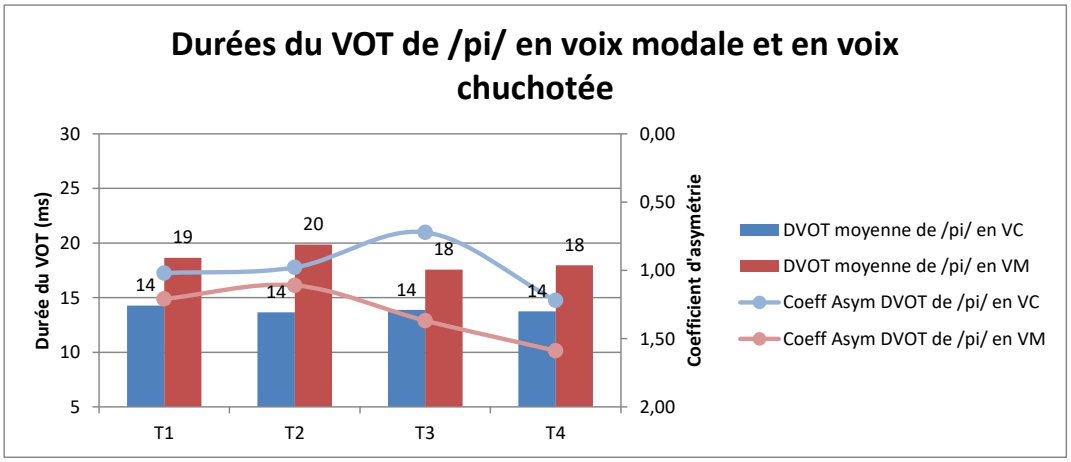


Figure 35 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées du VOT dans /pi/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

Une analyse *Two-Way ANOVA* a été effectuée sur les durées du VOT, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire. Les résultats de cette analyse montrent que dans /pi/, le ton n'a pas d'effet significatif sur la durée du VOT (F(3,104) = 0,1458, *p* = 0,9322), nonobstant le mode de phonation en a (F(1,104) = 14,35, *p* = 0,0003). En outre, une absence d'interaction entre les deux facteurs a été remarquée dans cette analyse.

Tableau 18 : Significativité des divergences des durées du VOT dans /pi/ entre les quatre tons en voix modale.

DVOT dans /pi/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Tableau 19 : Significativité des divergences des durées du VOT dans /pi/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

DVOT dans /pi/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Les tableaux 18 et 19 présentent les résultats des analyses *One-Way ANOVA* des durées du VOT dans /pi/ en voix modale et en voix chuchotée. Les analyses ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé et *sujet* comme variable aléatoire. Ces deux tableaux nous amènent à constater que dans ce contexte, les divergences au niveau de la durée du VOT ne sont pas significatives lorsque le ton varie.

5.2.3. Durée du VOT dans le contexte /pu/

Dans l'observation des Moy Inter et des CA des durées du VOT dans /pu/ (*cf.* Figure 36), nous avons constaté que : *a*) la durée du VOT qui précède /u/ a tendance à se réduire en voix chuchotée par rapport à la voix modale. Cette réduction varie entre 22% et 32%, étant plus importante lorsque /pu/ porte T2 (32%). *b*) En voix modale, la durée moyenne du VOT a tendance à se réduire sur T3 (26 ms), et à être allongée sur T2 (30 ms) et ce, par rapport à la durée du VOT sur T1 et T4 (27 ms). En voix chuchotée, elle est davantage allongée sur T1 (22 ms), et plus réduite sur T4 (19 ms) *c*) Les CA, tous positifs, montrent qu'en voix modale, lorsque /a/ porte T3, la distribution de la durée du VOT est relativement plus équilibrée autour de sa médiane. Sur les

autres tons, la durée VOT est plus souvent réduite par rapport à sa médiane et ce, notamment sur T4. Quant à la voix chuchotée, le CA est plus élevé lorsque /u/ porte T3, indiquant que la durée du VOT est plus souvent en dessous de sa médiane sur T4 que sur les autres tons.

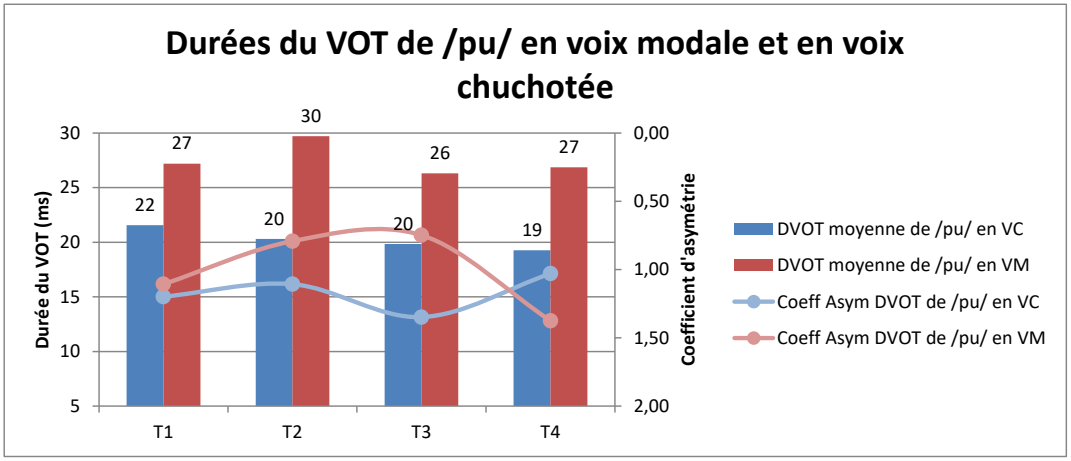


Figure 36 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées du VOT dans /pu/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

Dans l'analyse *Two-Way ANOVA* de l'ensemble des durées du VOT dans /pu/, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire, nous avons remarqué que le ton n'a pas d'effet significatif sur la durée du VOT ($F(3,104) = 0,3408$, $p = 0,8218$), quoique le mode de phonation a un effet significatif sur la durée du VOT ($F(1,104) = 15,08$, $p = 0,0002$). Les résultats de la même analyse confirment, par ailleurs, une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 20 : Significativité des divergences des durées du VOT dans /pu/ entre les quatre tons en voix modale.

DVOT dans /pu/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Tableau 21 : Significativité des divergences des durées du VOT dans /pu/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

DVOT dans /pu/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Les analyses One-Way ANOVA ont été effectuées sur les durées du VOT dans /pu/, avec *ton* comme facteur analysé et *sujet* comme variable aléatoire. Les tableaux 20 et

21 présentent respectivement les résultats en voix modale et les résultats en voix chuchotée. Ces deux tableaux montrent que dans ce contexte, les divergences au niveau de la durée du VOT ne sont pas significatives lorsque le ton varie.

5.2.4. Comparaison des durées du VOT dans les trois contextes syllabiques

L'analyse contrastive des durées du VOT dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ montre que la durée du VOT devant /u/ est considérablement plus longue que la durée du VOT devant /i/, alors que cette dernière est souvent plus longue que la durée du VOT devant /a/. Ceci est le cas dans les deux modes de phonation.

La figure 37 illustre les Moy Inter et les CA des durées du VOT dans les trois contextes syllabiques en voix modale. À partir de cette figure, nous constatons une tendance de divergence au niveau de la durée du VOT en fonction du ton, et ce, pour les voyelles fermées /i u/. C'est-à-dire que les VOT devant /i/ ou /u/ portant T2 sont allongés et les VOT devant /i/ ou /u/ sur T3 sont réduits au niveau de la durée, par rapport aux VOT devant /i/ ou /u/ sur les autres tons. Sur T2, la durée moyenne du VOT dans /pi/ est de 20 ms, et la durée moyenne du VOT dans /pu/ sur T2 est de 30 ms. Sur T3, la durée du VOT est de 18 ms dans /pi/ (similaire à celle sur T4), et de 26 ms dans /pu/. Quant à la durée du VOT dans /pa/, sa moyenne est relativement basse sur T2 et T3 (12 ms), et relativement élevée sur T1 et T4 (13 ms). Les CA sont tous positifs, quel que soit le contexte syllabique. Sur T1, T2 et T3, les CA sont plus élevés dans /pa/, et plus bas dans /pu/. Cela montre que sur ces trois tons, les distributions des valeurs des durées du VOT sont plus souvent au-dessus de leusr médiane dans /pa/, et le sont moins souvent dans /pu/. Sur T4, le CA est plus élevé dans /pi/, et plus bas dans /pa/, indiquant une distribution davantage au-dessus de sa médiane dans /pi/ et une distribution relativement équilibrée autour de sa médiane dans /pa/.

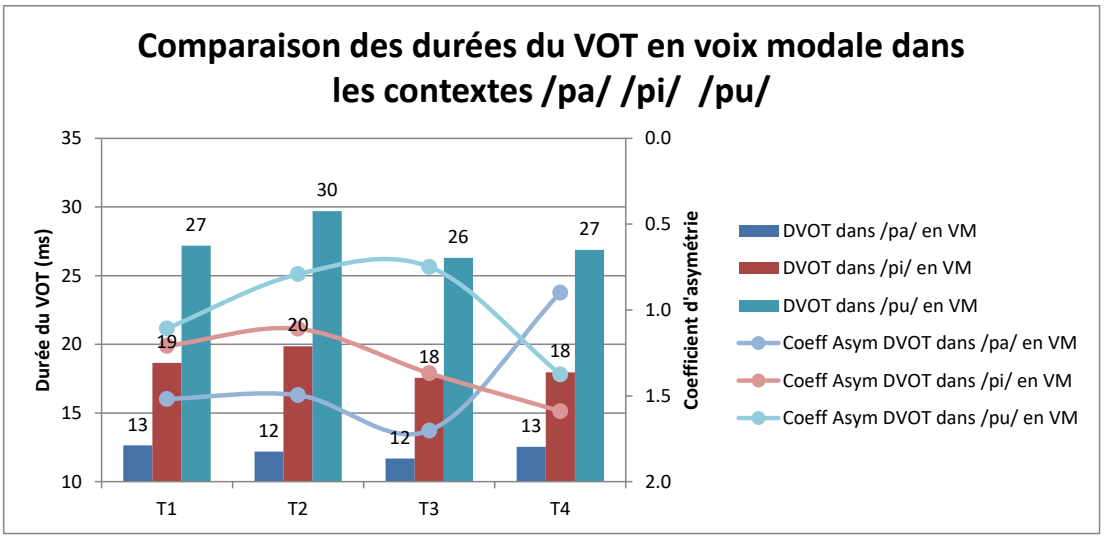


Figure 37 : Comparaison des durées du VOT dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets.

Une analyse *Two-Way ANOVA* de l'ensemble des durées du VOT dans les trois contextes syllabiques en voix modale a été effectuée, avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire. Ses résultats nous apportent davantage de renseignements sur les tendances globales observées dans la figure 37. Selon les résultats, le contexte a un effet significatif sur la durée du VOT ($F(2,156) = 49,00$, $p < 0.0001$). Le ton, toutefois, n'a pas d'effet significatif sur la durée du VOT ($F(3,156) = 0,4495$, $p = 0.7180$). En même temps, les résultats confirment une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 22 : Significativité statistique dans les divergences des durées du VOT entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix modale.

Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
T1	ns	***	*
T2	*	***	**
T3	ns	***	*
T4	ns	***	*

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Le tableau 22 présente les résultats de l'analyse *Two-Way ANOVA* des divergences des durées du VOT en voix modale. L'analyse a été effectuée avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire. Ces résultats montrent que les divergences significatives se trouvent davantage entre /pa/ et /pu/, ainsi qu'entre /pi/ et /pu/. Entre /pa/ et /pi/, seules les divergences des durées vocaliques sur T2 sont significatives. La significativité dans les divergences au niveau de la durée du VOT

entre /pa/ et /pu/ est à un niveau supérieur ($p < 0{,}001$). En ce qui concerne l'effet du ton, les divergences au niveau de la durée du VOT sont plus significatives sur T2.

La figure 38 présente les Moy Inter et les CA des durées du VOT dans les trois contextes syllabiques en voix chuchotée. À l'observation de cette figure, nous avons remarqué peu de différences entre les durées moyennes du VOT dans /pa/ et /pi/. Plus précisément, la durée moyenne du VOT dans /pa/ est de 11 ms, alors que celle dans /pi/ est de 14 ms sur tous les quatre tons. En revanche, dans /pu/, la durée moyenne du VOT est légèrement élevée sur T1 (22 ms), et celle sur T4 est légèrement basse (19 ms). Les CA dans les trois contextes sont positifs. Cela démontre que les distributions des durées du VOT sont souvent au-dessus de leur médiane. Il est à signaler que le CA de /pa/ est particulièrement important sur T1, ce qui montre que la distribution des valeurs de la durée du VOT dans /pa/ est considérablement décalée vers le dessus de la médiane sur ce ton.

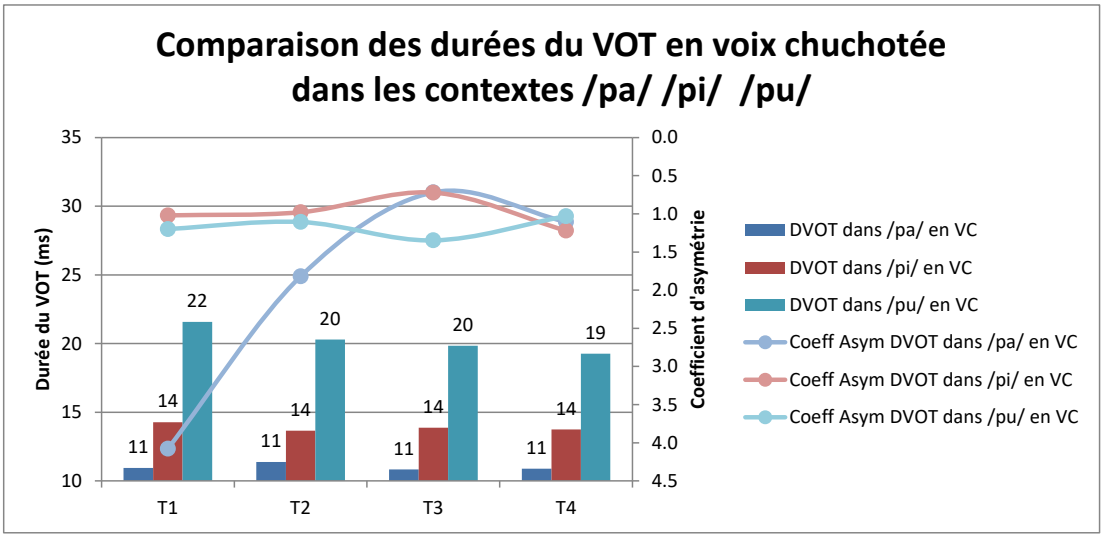


Figure 38 : Comparaison des durées du VOT dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix chuchotée, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets.

Une analyse *Two-Way ANOVA* a été effectuée sur les durées du VOT dans les trois contextes syllabiques en voix chuchotée, avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés, et *sujet* comme variable aléatoire. Ses résultats montrent que le contexte a un effet significatif sur la durée du VOT ($F(2,156) = 31{,}58$, $p < 0.0001$). En revanche, aucun effet significatif n'a été rapporté dans la même analyse, pour ce qui est du ton, sur la durée du VOT ($F(3,156) = 0{,}1871$, $p = 0.9050$). En outre, les résultats nous confirment une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 23 : Significativité statistique dans les divergences des durées du VOT entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix chuchotée.

Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
T1	ns	***	**
T2	ns	***	ns
T3	ns	***	ns
T4	ns	**	ns

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Le tableau 23 présente les résultats de l'analyse *Two-Way ANOVA* des divergences des durées du VOT en voix modale. L'analyse a été effectuée avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire. Ces résultats montrent que les divergences significatives se trouvent davantage entre /pa/ et /pu/, ainsi qu'entre /pi/ et /pu/. Entre /pa/ et /pi/, les divergences au niveau de la durée du VOT ne sont pas significatives. La significativité dans les divergences au niveau de la durée du VOT entre /a/ et /u/ est à un niveau supérieur ($p < 0,001$). En ce qui concerne l'effet du ton, les divergences au niveau de la durée du VOT sont davantage significatives sur T1.

5.3. Le contrôle temporel de la tenue consonantique : le cas de /p/ dans les syllabes cibles dans les deux modes de phonation

5.3.1. Tenue consonantique dans le contexte /pa/

La tenue consonantique inclut la durée du début de VTT à la fin du VOT. Rappelons que dans notre corpus, c'est la même consonne /p/ qui a été retenue dans tous les contextes syllabiques qui présentent tous une structure CV. Toutefois, nous nous sommes intéressée à la variation de sa tenue en fonction de la voyelle suivante, ou en fonction du ton. Nous supposons que la divergence au niveau de la tenue consonantique, si elle existe dans le cadre de notre recherche, pourrait nous informer sur l'effet du ton sur l'attaque dans la même structure syllabique.

À partir de la figure 39, qui présente l'analyse des tenues consonantiques dans /pa/, nous avons remarqué que : *a*) dans ce contexte, la tenue consonantique est légèrement allongée en voix chuchotée par rapport à la voix modale. Cette prolongation est entre 2% et 7%. Elle est basse lorsque /pa/ porte T1 (2%). *b*) La tenue consonantique moyenne a tendance à se réduire sur T2 (119 ms) et à augmenter sur T1 (124 ms) comparée à sa valeur sur T3 (121 ms) ou sur T4 (123 ms) en voix modale. En voix chuchotée, elle a tendance à se réduire sur T1 et T2 (127 ms) et à augmenter sur T3 et

T4 (131 ms). *c*) Les CA, tous positifs, montrent qu'en voix modale, lorsque /a/ porte T4, la distribution de la tenue consonantique est équilibrée autour de sa médiane alors que sur les autres tons, la distribution peut être plus décalée vers la gauche de sa médiane (c'est-à-dire que la tenue consonantique est plus souvent courte par rapport à sa médiane), notamment lorsque /a/ porte T1. Quant à la voix chuchotée, les CA sont moins élevés que ceux en voix modale. Cela montre bien qu'en voix chuchotée, les distributions des tenues consonantiques sont plus équilibrées autour de leur médiane par rapport à la voix modale. Parmi tous les CA en voix chuchotée, le CA sur T1 est légèrement plus élevé que celui sur les autres tons. Cela montre qu'en voix chuchotée, la tenue consonantique sur T1 est plus souvent en dessous de sa médiane, par rapport à sa valeur sur les autres tons.

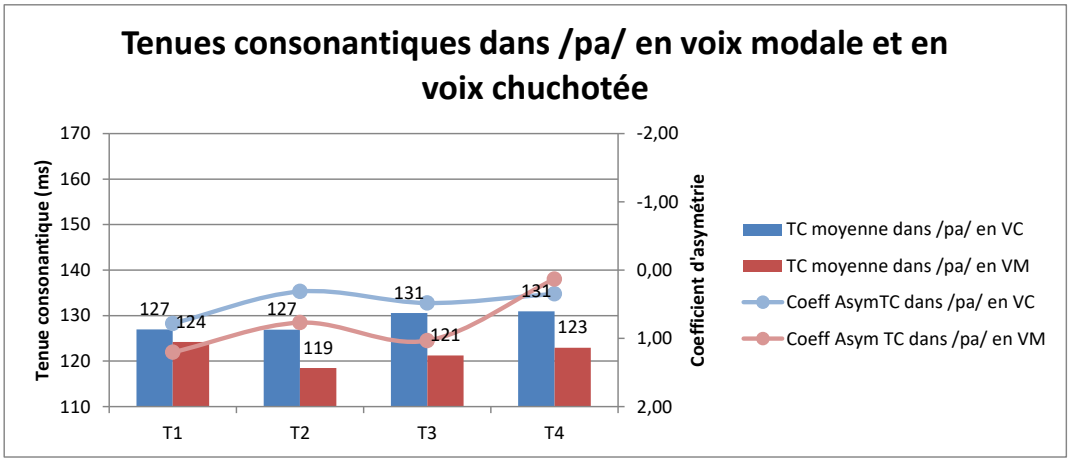


Figure 39 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des tenues consonantiques dans /pa/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée.

Les résultats de l'analyse *Two-Way ANOVA* des tenues consonantiques dans /pa/, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire, montrent que dans ce contexte, ni le ton ni le mode de phonation n'a d'effet significatif sur la tenue consonantique ($F(1,104) = 1,680$, $p = 0,1980$ pour le facteur *mode de phonation*, $F(3,104) = 0,0926$, $p = 0,9640$ pour le facteur *ton*). Par ailleurs, les résultats confirment une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 24 : Significativité des divergences des tenues consonantiques dans /pa/ entre les quatre tons en voix modale.

TC dans /pa/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Tableau 25 : Significativité des divergences des tenues consonantiques dans /pa/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

TC dans /pa/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Les tableaux 24 et 25 présentent les résultats des analyses *One-Way ANOVA* des tenues consonantiques dans /pa/ dans les deux modes de phonation. Les analyses ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire. À partir de ces tableaux, nous pouvons constater que les divergences au niveau de la tenue consonantique dans ce contexte ne sont pas significatives entre les tons.

5.3.2. Tenue consonantique dans le contexte /pi/

Après l'observation des divergences au niveau de la durée consonantique dans /pi/ (*cf.* figure 40), nous avons remarqué que : *a*) la tenue consonantique, dans ce contexte, a tendance à être légèrement allongée en voix chuchotée par rapport à la voix modale. Cette prolongation est entre 3% et 7%. Elle est faible lorsque /pi/ porte T2 ou T3 (3%), et relativement importante lorsque /pi/ porte T1 ou T4 (7%). *b*) La divergence dans les tenues consonantiques moyennes montre que la tenue consonantique a tendance à se réduire sur T2 et à augmenter sur T4, par rapport à la tenue consonantique sur T1 ou sur T3. En voix modale, elle est de 144 ms sur T2 et de 150 ms sur T4, alors qu'en voix chuchotée, elle est de 150 ms sur T2 et de 162 ms sur T4. *c*) Les CA dans les deux modes de phonation sont tous positifs, à l'exception de celui sur T4 en voix modale (-0,05). Ils sont proches les uns des autres sur le même ton, notamment sur T2 et T3. Cela signifie que les tenues consonantiques soient souvent en dessous de leur médiane.

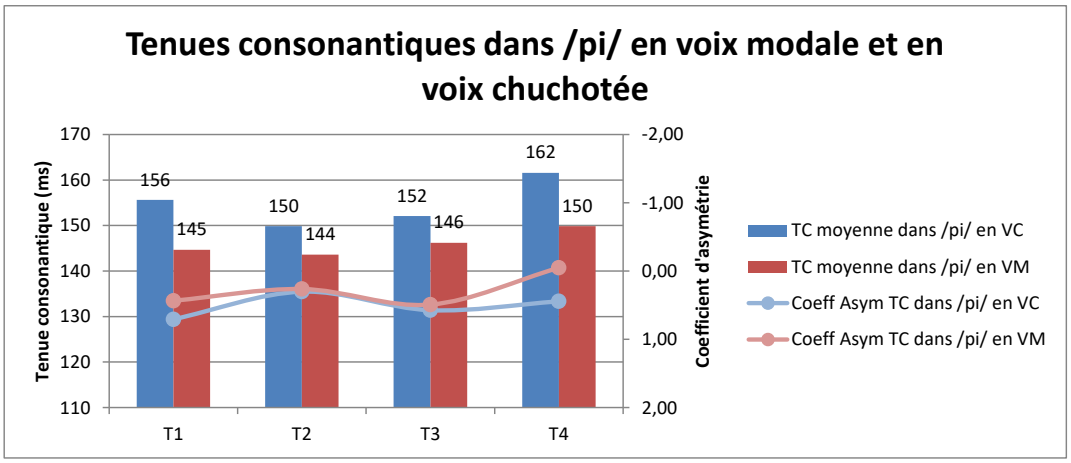


Figure 40 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des tenues consonantiques dans /pi/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

Une analyse *Two-Way ANOVA* a été effectuée sur les tenues consonantiques dans /pi/, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire. Selon les résultats de cette analyse, ni le ton ni le mode de phonation n'a d'effet significatif sur la tenue consonantique ($F(1,104) = 2,508$, $p = 0,1165$ pour le facteur *mode de phonation*, $F(3,104) = 0,4880$, $p = 0,6914$ pour le facteur *ton*). Les résultats confirment, d'ailleurs, une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 26 : Significativité des divergences des tenues consonantiques dans /pi/ entre les quatre tons en voix modale.

TC dans /pi/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Tableau 27 : Significativité des divergences des tenues consonantiques dans /pi/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

TC dans /pi/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Les résultats des analyses *One-Way ANOVA* des tenues consonantiques dans /pi/, dans les deux modes de phonation, sont présentés dans les tableaux 26 et 27. Ces analyses ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire. Les résultats des analyses montrent que les divergences au niveau de la tenue consonantique ne sont pas significatives lorsque le ton varie, et ce, dans les deux modes de phonation.

5.3.3. Tenue consonantique dans le contexte /pu/

Les Moy Inter et les CA des tenues consonantiques dans /pu/ (*cf.* Figure 41) montrent que : *a*) la tenue consonantique dans ce contexte a tendance à être légèrement allongée en voix chuchotée par rapport à la voix modale. Cette prolongation varie entre 6% et 7%. *b*) Les divergences au niveau de la tenue consonantique démontrent que cette variable a tendance à se réduire sur T4 et à augmenter légèrement sur T3, comparée à sa valeur sur T1 ou sur T2. En voix modale, elle est de 151 ms sur T4, et de 157 ms sur T3. En voix chuchotée, elle est de 164 ms sur T4, et de 168 ms sur T3. *c*) Les CA sont positifs dans les deux modes de phonation. En voix modale, les CA sont proches d'une valeur nulle lorsque /u/ porte T3 ou T4. Ils indiquent des distributions des tenues consonantiques relativement équilibrées autour des médianes sur ces deux tons, alors qu'en voix chuchotée, ceci est le cas des distributions des tenues consonantiques sur T1 et T2.

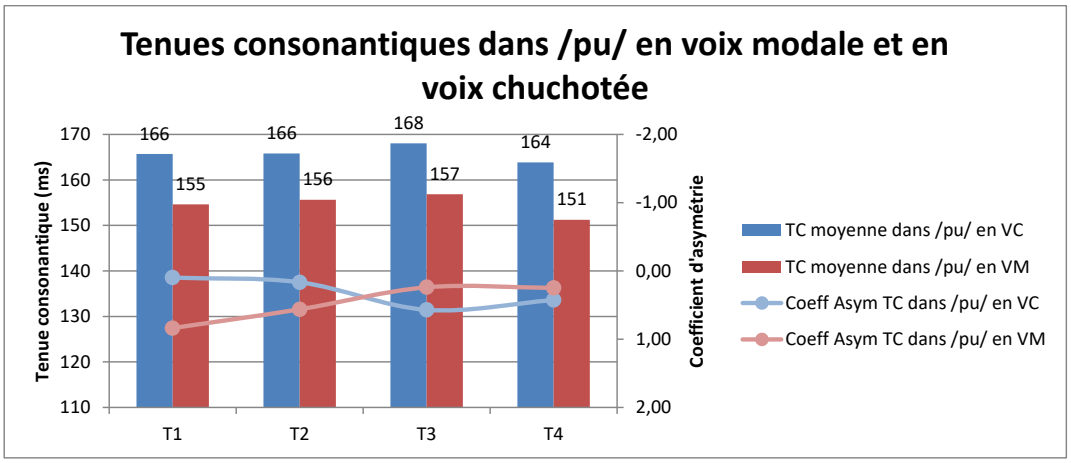


Figure 41 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des tenues consonantiques dans /pu/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

Selon les résultats de l'analyse *Two-Way ANOVA* des tenues consonantiques dans /pu/, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire, ni le mode de phonation ni le ton n'a d'effet significatif sur la tenue consonantique ($F(1,104) = 3,646$, $p = 0,0592$ pour le facteur *mode de phonation*, $F(3,104) = 0,1266$, $p = 0,9441$ pour le facteur *ton*). De plus, une absence d'interaction entre les deux facteurs a été observée dans cette analyse.

Tableau 28 : Significativité des divergences des tenues consonantiques dans /pu/ entre les quatre tons en voix modale.

TC dans /pu/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Tableau 29 : Significativité des divergences des tenues consonantiques dans /pu/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

TC dans /pu/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Les résultats des *One-Way ANOVA* des tenues consonantiques dans /pu/, dans les deux modes de phonation, sont présentés dans les tableaux 28 et 29. Ces analyses ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé et *sujet* comme variable aléatoire. Les résultats des analyses n'ont pas rapporté de divergence significative au niveau de la tenue consonantique entre les tons et ce, dans les deux modes de phonation.

5.3.4. Comparaison des tenues consonantiques dans les trois contextes syllabiques

En comparant les tenues consonantiques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/, nous constatons une tendance générale de divergence dans cette variable. C'est-à-dire que la tenue consonantique dans /pa/ est plus longue que celle dans /pi/, alors que cette dernière est souvent plus longue que la tenue consonantique dans /pu/. Cette tendance se manifeste en voix modale ainsi qu'en voix chuchotée.

La figure 42 illustre cette tendance en voix modale, avec les Moy Inter et les CA présents. Les valeurs en moyenne montrent que la tenue consonantique dans /pa/ est relativement allongée sur T3 (157 ms), et relativement réduite sur T4 (151 ms). Dans /pi/, elle est plus allongée sur T4 (150 ms), et légèrement réduite sur T2 (144 ms). Dans /pu/, elle est plus longue sur T1 (124 ms), et légèrement réduite sur T2 (119 ms). En outre, les CA en voix modale sont positifs dans tous les contextes syllabiques, à l'exception du CA dans /pi/ sur T4. Ils sont relativement élevés sur T1 et T3, et sont relativement bas sur T2 et T4. Cela indique que les distributions des tenues consonantiques sont souvent au-dessus de leur médiane et ce, dans tous les contextes

et sur tous les tons, sauf dans /pa/ sur T4. Les distributions des valeurs sont d'ailleurs plus équilibrées autour de leur médiane sur T2 et T4, par rapport à celles sur T1 et T3.

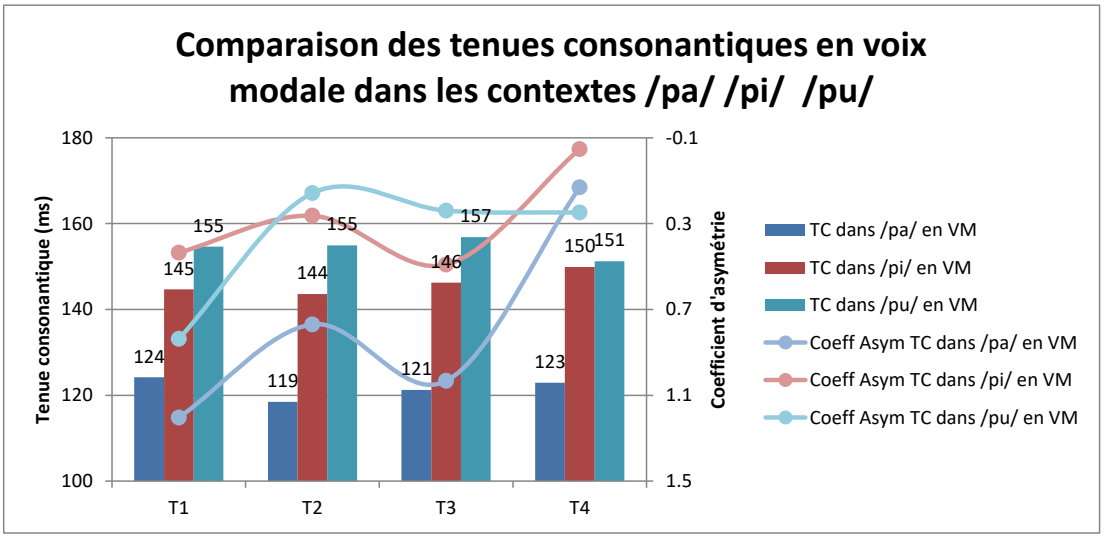


Figure 42 : Comparaison des tenues consonantiques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets.

Nous avons effectué une analyse *Two-Way ANOVA* des tenues consonantiques dans les trois contextes syllabiques en voix modale, avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire. Ses résultats montrent que le contexte a un effet significatif sur la tenue consonantique ($F(2,156) = 25,86$, $p < 0.0001$). En revanche, aucun effet significatif n'a été rapporté de la part du ton sur la tenue consonantique ($F(3,156) = 0,0459$, $p = 0.9869$), et aucune interaction entre les deux facteurs n'a été observée.

Tableau 30 : Significativité statistique dans les divergences des tenues consonantiques entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix modale.

Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
T1	ns	**	ns
T2	*	***	ns
T3	*	***	ns
T4	*	*	ns

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Le tableau 30 présente une analyse *Two-Way ANOVA* plus détaillée des effets du contexte syllabique et du ton sur la tenue consonantique en voix modale (avec *sujet* comme variable aléatoire). En observant ce tableau, nous constatons que les divergences au niveau de la tenue consonantique entre /pa/ et /pi/, ainsi qu'entre /pa/ et /pu/, sont significatives, et ce, notamment entre /pa/ et /pu/. Entre /pi/ et /pu/, aucune divergence significative n'a été rapportée. En ce qui concerne l'effet du ton, les

divergences au niveau de la tenue consonantique sont davantage significatives sur T2 et T3.

La figure 43 présente les Moy Inter et les CA des tenues consonantiques dans les trois contextes syllabiques en voix chuchotée. Dans /pa/, la tenue consonantique est légèrement allongée sur T3 (168 ms en moyenne), et légèrement réduite sur T4 (164 ms en moyenne). Dans /pi/, elle est plus longue sur T4 (162 ms en moyenne) et sur T2 (150 ms en moyenne). Dans ces deux contextes, les divergences au niveau de la tenue consonantique en fonction du ton sont similaires à celles en voix modale. Quant aux divergences dans /pu/, les tenues consonantiques moyennes sur T1 et T2 sont relativement basses (127 ms), et sont relativement longues sur T3 et T4 (131 ms). Les CA de la tenue consonantique dans les trois contextes sont tous positifs, ce qui indique des distributions des valeurs davantage au-dessus de leur médiane. Il est à signaler que dans /pa/ et /pi/, les CA sont plus élevés sur T1 et sont plus bas sur T2, alors que dans /pu/, le CA est plus bas sur T1 que le CA sur les autres tons. Cela montre que dans /pa/ et dans /pi/, les tenues consonantiques sont plus souvent au-dessus de leur médiane sur T1, tandis que leurs valeurs sont distribuées de manière plus équilibrée autour de leur médiane sur T2. Dans /pu/, la distribution des tenues consonantiques est proche d'une distribution équilibrée autour de sa médiane.

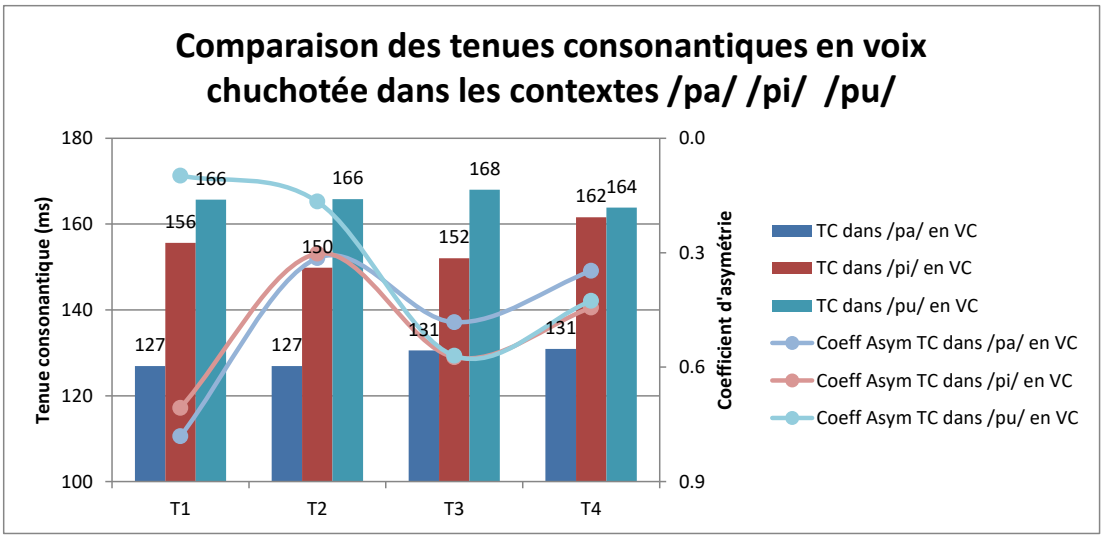


Figure 43 : Comparaison des tenues consonantiques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix chuchotée, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets.

Selon les résultats de l'analyse *Two-Way ANOVA* des tenues consonantiques dans les trois contextes syllabiques en voix chuchotée, avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire, le contexte a un effet significatif sur la

tenue consonantique (F(2,156) = 17,34, $p < 0.0001$), nonobostant le ton n'a pas d'effet significatif sur la tenue consonantique (F(3,156) = 0,1334, $p = 0.9400$). Par ailleurs, les résultats nous confirment une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 31 : Significativité statistique dans les divergences des tenues consonantiques entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix chuchotée.

Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
T1	ns	*	ns
T2	ns	*	ns
T3	ns	*	ns
T4	ns	*	ns

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Le tableau 31 présente une analyse *Two-Way ANOVA* plus détaillée des effets du contexte syllabique et du ton sur la tenue consonantique en voix chuchotée (avec *sujet* comme variable aléatoire). Ce tableau nous permet de constater que seules les divergences au niveau de la tenue consonantique entre /pa/ et /pu/ sont significatives. Entre /pa/ et /pi/, ainsi qu'entre /pi/ et /pu/, aucune divergence significative n'a été rapportée. En ce qui concerne l'effet du ton, la significativité des divergences au niveau de la tenue consonantique est semblable d'un ton à l'autre.

5.4. Le contrôle temporel de la durée syllabique : le cas des trois syllabes cibles dans les deux modes de phonation

5.4.1. Durée syllabique de /pa/

Dans notre recherche, nous avons mesuré deux paramètres temporels du niveau syllabique : la durée de la syllabe cible et le ratio voyelle/consonne dans la syllabe cible, qui sont également analysés dans la section suivante.

Cette section est consacrée à l'étude des durées syllabiques dans les trois contextes syllabiques en voix modale et en voix chuchotée. Les études des segments, présentées dans les dernières sections, nous ont apporté des renseignements sur l'effet du ton au niveau segmental. Nous considérons que l'étude de la durée syllabique nous permettra d'avoir une vision plus claire sur l'effet du ton au niveau syllabique.

Les Moy Inter et les CA des durées syllabiques de /pa/ sur les quatre tons dans les deux modes de phonation sont présentés dans la figure 44.

À l'observation de ces données, nous avons remarqué que : *a*) la durée syllabique de /pa/ a tendance à être allongée en voix chuchotée, par rapport à la voix modale. Cette prolongation est entre 13% et 15%. *b*) Les durées syllabiques moyennes montrent qu'en voix modale, cette variable a tendance à se réduire sur T1 (319 ms) et sur T3 (320 ms) alors qu'elle est allongée sur T2 (332 ms). En voix chuchotée, elle est allongée sur T2 (380 ms) et réduite sur T1 (364 ms), comparée à sa valeur sur T3 ou sur T4 (370 ms). *c*) En voix modale, les CA sont tous positifs, à l'exception de celui sur T2 qui s'approche d'une valeur nulle. Cela démontre qu'en voix modale, sur T1, T3 et T4, la durée syllabique est souvent produite en dessous de sa médiane. Quant à la voix chuchotée, les CA sont positifs sur T1 et T2, nul sur T3 et négatif sur T4, indiquant que dans la voix chuchotée, la distribution des durées syllabiques est souvent en dessous de sa médiane lorsque /a/ porte T1 ou T2, et souvent au-dessus de sa médiane lorsque /a/ porte T4.

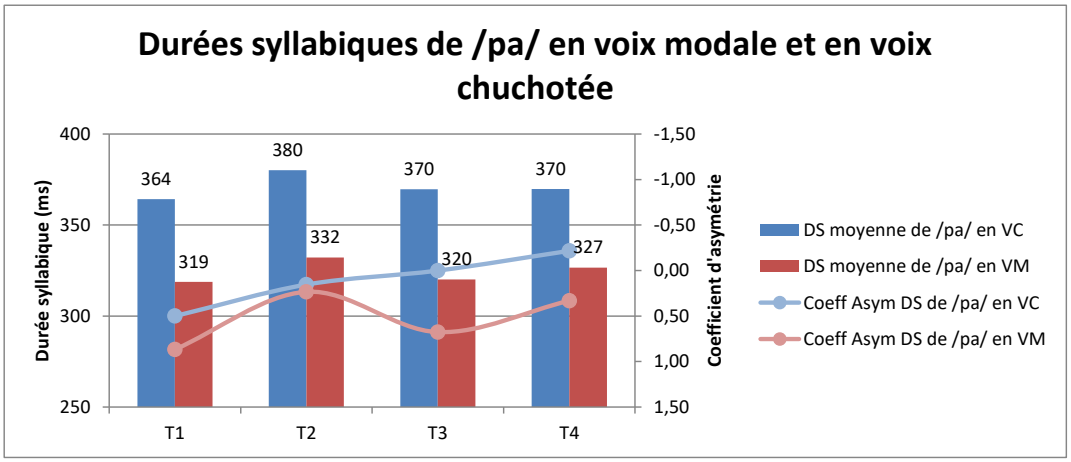


Figure 44 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées syllabiques de /pa/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

Les résultats de l'analyse *Two-Way ANOVA* des durées syllabiques de /pa/, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire, montrent que le ton n'a pas d'effet significatif sur la durée syllabique ($F(3,104) = 0,5010$, $p = 0,6825$). En revanche, le mode de phonation aurait un effet significatif sur la durée syllabique ($F(1,104) = 28,20$, $p < 0,0001$). De plus, les résultats de la même analyse confirment une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 32 : Significativité des divergences des durées syllabiques de /pa/ entre les quatre tons en voix modale.

DS de /pa/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Tableau 33 : Significativité des divergences des durées syllabiques de /pa/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

DS de /pa/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Les résultats des analyses *One-Way ANOVA* des Moy Inter des durées syllabiques de /pa/ dans les deux modes de phonation (avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire), présentés ci-dessus dans les tableaux 32 et 33, n'ont pas rapporté de divergence significative en tenue consonantique entre les tons, et ce, dans les deux modes de phonation.

5.4.2. Durées syllabiques de /pi/

En observant la figure 45, qui présentent les Moy Inter et les CA des durées syllabiques de /pi/ sur les quatre tons et dans les deux modes de phonations, nous avons constaté que : *a*) la durée syllabique de /pi/ en voix chuchotée a tendance à être allongée, par rapport à la voix modale. Cette prolongation varie entre 13% et 18%. *b*) La durée syllabique moyenne a tendance à se réduire sur T3 et à augmenter sur T2. En voix modale, elle est de 308 ms sur T3, et de 333 ms sur T2. En voix chuchotée, elle est de 347 ms sur T3, et de 381 ms sur T2. *c*) Les CA sont positifs sur T1 et T3, ce qui indique des distributions en dessous de leur médiane. Le CA sur T4 est négatif, indiquant une distribution davantage importante au-dessus de sa médiane. En voix chuchotée, les CA sont tous positifs, celui sur T3 étant le plus élevé. Cela signifie que les distributions des durées syllabiques sont souvent au-dessus de leur médiane, notamment lorsque /i/ porte T3.

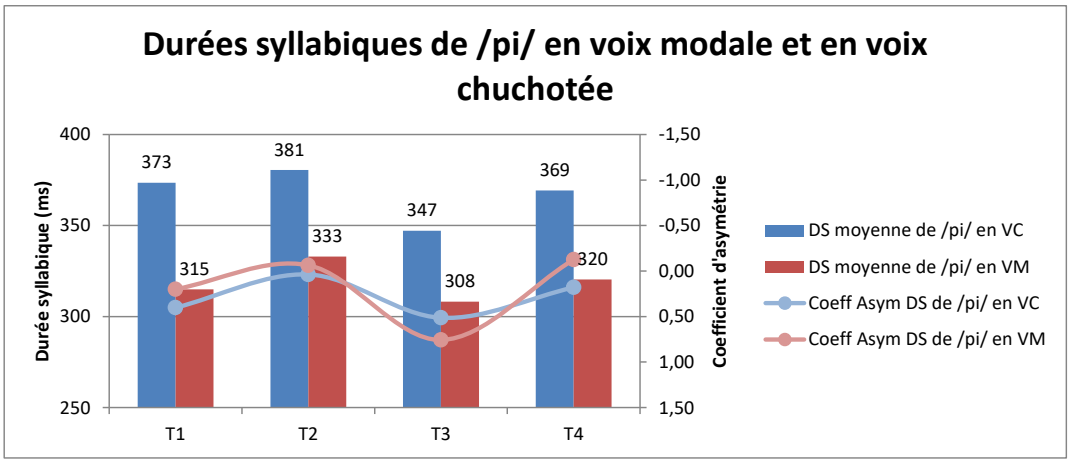


Figure 45 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées syllabiques de /pi/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

Dans l'analyse *Two-Way ANOVA* effectuée sur les durées syllabiques de /pi/ (avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire), nous avons remarqué que le ton n'a pas d'effet significatif sur la durée syllabique ($F(3,104) = 1,827$, $p = 0,1473$). En revanche, le mode de phonation a un effet significatif sur la durée syllabique ($F(1,104) = 29,36$, $p < 0,0001$). Les résultats de la même analyse confirment une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 34 : Significativité des divergences des durées syllabiques de /pi/ entre les quatre tons en voix modale.

DS de /pi/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Tableau 35 : Significativité des divergences des durées syllabiques de /pi/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

DS de /pi/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Les résultats des analyses *One-Way ANOVA* des Moy Inter des durées syllabiques de /pi/ dans les deux modes de phonation (avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire), présentés ci-dessus dans les tableaux 34 et 35, n'ont pas rapporté de divergence significative en durée syllabique entre les tons, quel que soit le mode de phonation employé.

5.4.3. Durées syllabiques de /pu/

La figure 46 montre les Moy Inter et les CA des durées syllabiques de /pu/ dans les deux modes de phonation. L'observation de cette figure nous amène à constater que : *a*) la durée syllabique a tendance à être allongée en voix chuchotée, par rapport à la voix modale. Cette prolongation est entre 11% et 14%. *b*) La durée syllabique a tendance à se réduire sur T3 et T4 et à augmenter sur T2. En voix modale, sa moyenne est de 312 ms sur T3, de 316 ms sur T4, et de 335 ms sur T2 ; tandis qu'en voix chuchotée, sa moyenne est de 357 ms sur T3, de 352 ms sur T4 et de 384 ms sur T2. *c*) Les CA dans les deux modes de phonation présentent des tendances similaires. Ils sont tous positifs, plus élevés sur T3 et proches d'une valeur nulle sur T2 et T4. Cela indique une distribution importante en dessous de la médiane lorsque /u/ porte T3, et des distributions équilibrées autour des médianes lorsque /u/ porte T2 ou T4.

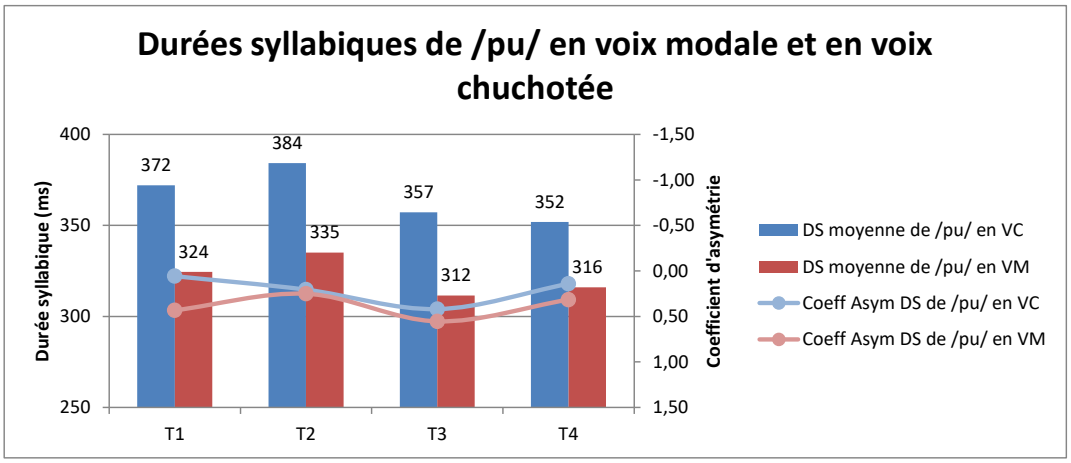


Figure 46 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées syllabiques de /pu/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

Les résultats de l'analyse *Two-Way ANOVA* des durées syllabiques de /pu/, celle avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire, montrent que le ton n'a pas d'effet significatif sur la durée syllabique ($F(3,104) = 1,830$, $p = 0,1468$). Le mode de phonation a toutefois un effet significatif sur la durée syllabique ($F(1,104) = 25,50$, $p < 0,0001$). Aucune interaction entre les deux facteurs n'a été observée dans l'analyse.

Tableau 36 : Significativité des divergences des durées syllabiques de /pu/ entre les quatre tons en voix modale.

DS de /pu/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Tableau 37 : Significativité des divergences des durées syllabiques de /pu/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

DS de /pu/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Les tableaux 36 et 37 présentent les résultats des analyses *One-Way ANOVA* effectuées sur les Moy Inter des durées syllabiques de /pu/ dans les deux modes de phonation, avec *ton* comme facteur analysé et *sujet* comme variable aléatoire. Les résultats montrent que les divergences au niveau de la durée syllabique ne sont pas significatives entre les tons, quel que soit le mode de phonation employé.

5.4.4. Comparaison des durées syllabiques dans les trois contextes syllabiques

Nous avons effectué une analyse contrastive des durées syllabiques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ dans les deux modes de phonation, et les figures 47 et 48 illustrent respectivement les résultats en voix modale et en voix chuchotée, avec les Moy Inter et les CA des durées syllabiques présents.

En observant la figure 47, nous avons remarqué que les durées syllabiques sont allongées sur T2 et sont relativement réduites sur T3, par rapport à leurs valeurs sur les autres tons. De plus, les durées syllabiques moyennes sur T2 nous amènent à constater qu'elles sont similaires dans les différents contextes (332 ms pour /pa/, 333 ms pour /pi/ et 334 ms pour /pu/). Sur T1 et T3, les durées syllabiques moyennes de /pi/ sont plus réduites (315 ms sur T1 et 308 ms sur T3) que celles de /pa/ et de /pu/. Les CA sont majoritairement positifs dans les trois contextes, à part les valeurs dans /pi/ sur T2 et T4. Cela montre que les distributions des durées syllabiques sont nettement au-dessus de leur médiane, à l'exception de celles de /pi/ sur T2 et T4, qui sont encore plus en dessous de leur médiane. Par ailleurs, en comparant les CA des trois contextes, nous avons remarqué qu'ils présentent en général des valeurs plus basses sur T2 et des

valeurs plus élevées sur T3. Ce fait signale que sur T2, les distributions des valeurs des durées syllabiques sont davantage équilibrées autour de leur médiane alors que sur T3, les durées syllabiques sont davantage au-dessus de leur médiane.

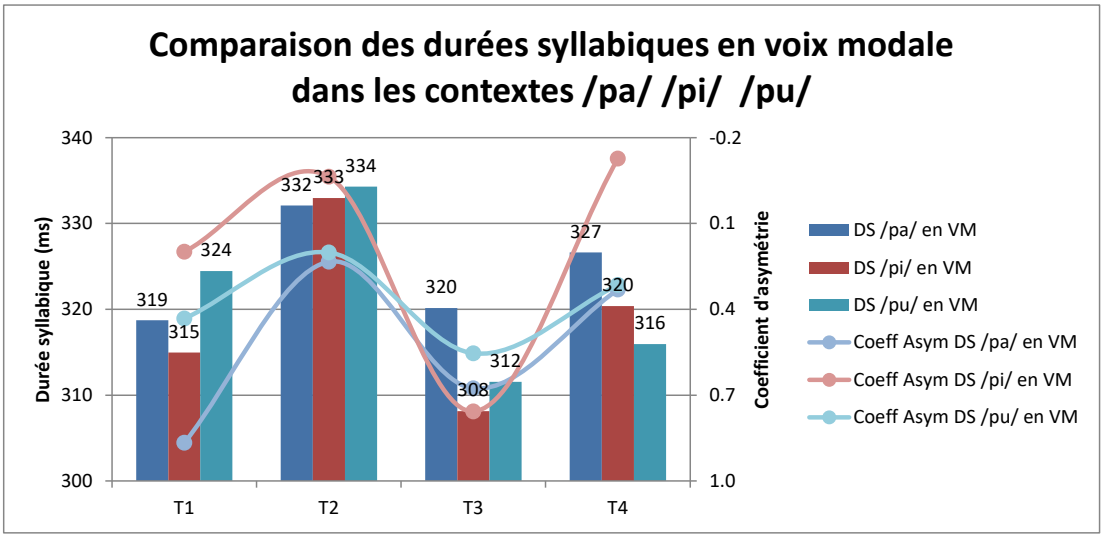


Figure 47 : Comparaison des durées syllabiques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets.

Une analyse *Two-Way ANOVA* des durées syllabiques dans les trois contextes syllabiques en voix modale a été effectuée, avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés, et *sujet* comme variable aléatoire. Les résultats de cette analyse montrent que ni le contexte ni le ton n'a d'effet significatif sur la durée syllabique ($F(2,156) = 0,2272$, $p = 0,7583$ pour *contexte*, $F(3,156) = 1,862$, $p = 0,1386$ pour *ton*). De plus, les résultats nous confirment une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 38 : Significativité statistique dans les divergences des durées syllabiques entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix modale.

Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
T1	ns	ns	ns
T2	ns	ns	ns
T3	ns	ns	ns
T4	ns	ns	ns

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Le tableau 38 présente les résultats d'analyse *Two-Way ANOVA* plus détaillée des effets du contexte syllabique et du ton sur la durée syllabique en voix chuchotée (avec *sujet* comme variable aléatoire). Ces résultats montrent que les divergences au niveau de la tenue consonantique entre les contextes syllabiques ne sont pas significatives. En ce qui concerne l'effet du ton, les divergences au niveau de la durée syllabique ne présentent aucune significativité.

Les Moy Inter et les CA des durées syllabiques dans les trois contextes syllabiques en voix chuchotée sont présentés dans la figure 48. Après l'observation de cette figure, nous avons remarqué que les durées syllabiques sont davantage allongées sur T2 et sont relativement réduite sur T3, par rapport à leur valeur sur les autres tons. Les durées syllabiques moyennes sur T2 montrent qu'elles sont similaires dans les différents contextes (380 ms pour /pa/, 381 ms pour /pi/ et 384 ms pour /pu/). Sur T3, la durée syllabique moyenne de /pi/ est plus réduite (347 ms) que celles de /pa/ et de /pu/. Les CA sont majoritairement positifs dans les trois contextes, à part celui de /pu/ sur T4. Cela montre que les distributions des durées syllabiques sont davantage au-dessus de leur médiane, à l'exception de celles de /pu/ sur T4 qui est davantage en dessous de sa médiane. De plus, en comparant les CA des trois contextes, nous avons remarqué que dans les contextes /pi/ et /pu/, les CA ont des valeurs plus élevées sur T3 et ont des valeurs plus basses sur T2 et T4. Ce fait signale que sur T3, les distributions des valeurs des durées syllabiques sont nettement au-dessus de leur médiane, tandis que sur T2 et T4, les distributions des valeurs des durées syllabiques sont plus ou moins équilibrées autour de leur médiane. Dans /pa/, le CA sur T1 est le plus élevé et celui sur T4 est le plus bas. Cela indique que la distribution des durées syllabiques dans ce contexte est davantage au-dessus de sa médiane sur T2 alors que celle sur T4 est relativement équilibrée autour de sa médiane.

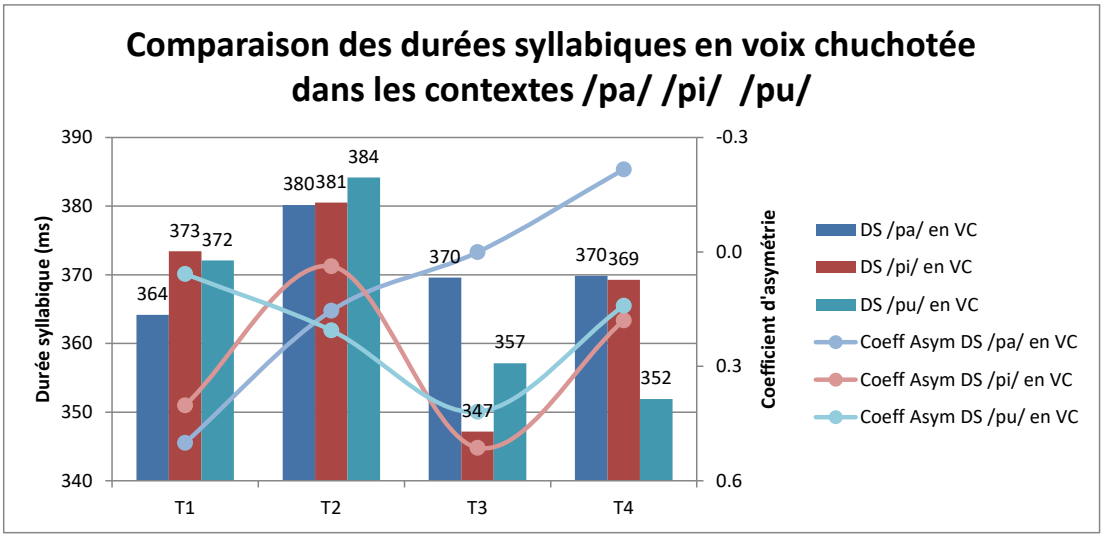


Figure 48 : Comparaison des durées syllabiques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix chuchotée, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets.

Une analyse *Two-Way ANOVA* des durées syllabiques dans les trois contextes syllabiques en voix chuchotée a été effectuée, avec *contexte* et *ton* comme facteurs

analysés et *sujet* comme variable aléatoire. Les résultats de cette analyse montrent que ni le contexte ni le ton n'a d'effet significatif sur la durée syllabique ($F(2,156) = 0,1187$, $p = 0,8882$ pour *contexte*, $F(3,156) = 1,508$, $p = 0,2151$ pour *ton*). Par ailleurs, les résultats nous confirment une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 39 : Significativité statistique dans les divergences des durées syllabiques entre les contextes et entre les tons en voix chuchotée.

Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
T1	ns	ns	ns
T2	ns	ns	ns
T3	ns	ns	ns
T4	ns	ns	ns

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Le tableau 39 présente une analyse *Two-Way ANOVA* plus détaillée des effets du contexte syllabique et du ton sur la durée syllabique en voix chuchotée (avec *sujet* comme variable aléatoire). Les résultats de cette analyse montrent que les divergences au niveau de la tenue consonantique entre les contextes ne sont pas significatives. De plus, En ce qui concerne l'effet du ton, les divergences au niveau de la durée syllabique ne présentent aucune significativité.

5.5. Le ratio voyelle/consonne (Ratio V/C) aux deux modes de phonation

5.5.1. Ratio voyelle/consonne dans le contexte /pa/

Nous avons calculé, sur la base des durées vocaliques et des tenues consonantiques, mesurées dans les trois contextes syllabiques, les ratios voyelle/consonne dans les syllabes. Cette mesure pourrait nous fournir des informations sur les rapports rythmiques entre les voyelles et les consonnes (équivalents des rapports rime-attaque d'après notre corpus), au sein de la structure syllabique.

La figure 49 présente une analyse des Moy Inter et des CA des ratios voyelle/consonne[54] qui varient d'un ton à l'autre dans /pa/, et ce, dans les deux modes de phonation. En observant cette figure, nous faisons les remarques suivantes : *a*) le ratio V/C dans /pa/ a tendance à s'accroître en voix chuchotée, par rapport à la voix modale. Cet accroissement est entre 0,22 et 0,34. *b*) Les ratios V/C moyens sur les quatre tons montrent qu'en voix modale, cette variable a tendance à se réduire sur T1

[54] Par commodité, le ratio voyelle/consonne sera écrit comme le ratio V/C dans les analyses.

(1,61) et à augmenter sur T2 (1,86), tandis qu'en voix chuchotée, elle a tendance à se réduire sur T4 (1,94) et à augmenter sur T2 (2,08). *c*) Les CA sont tous positifs, plus élevés en voix chuchotée que ceux en voix modale. Cela montre qu'en voix chuchotée, la distribution des valeurs du ratio V/C est plus souvent au-dessus des médianes que son cas en voix modale. En voix modale, le CA est proche d'une valeur nulle sur T3, ce qui indique que la distribution des valeurs du ratio V/C est plus équilibrée autour de sa médiane sur T3, par rapport à sa valeur sur les autres tons. En voix chuchotée, le CA est plus bas sur T2. Cela démontre que la distribution des valeurs du ratio V/C est relativement équilibrée sur T2 par rapport à celles sur les autres tons.

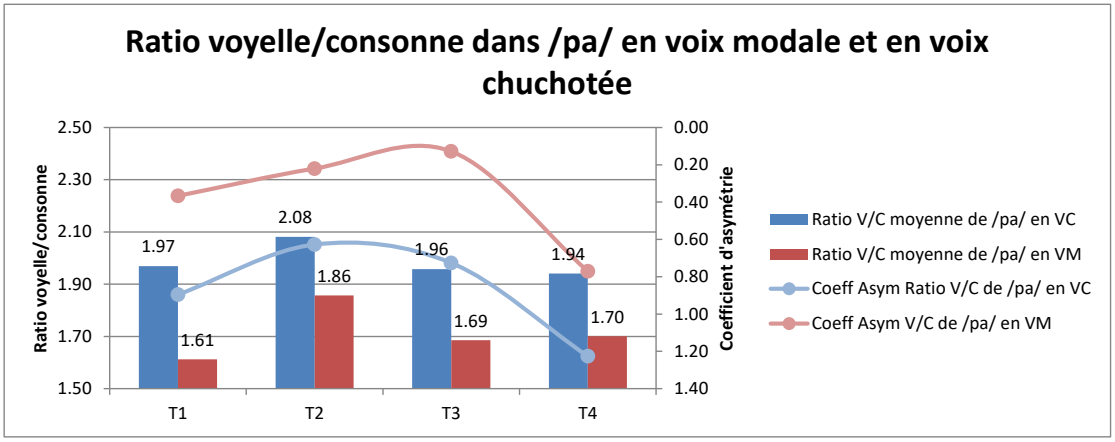


Figure 49 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des ratios voyelle/consonne dans /pa/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

Dans une analyse *Two-Way ANOVA* des ratios V/C dans /pa/, effectuée avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire, nous avons remarqué que le ton n'a pas d'effet significatif sur le ratio V/C ($F(3,104) = 0,8759$, $p = 0,4565$). En revanche, le mode de phonation a un effet significatif sur le ratio V/C ($F(1,104) = 9,996$, $p = 0,0021$). D'autre part, les résultats confirment une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 40 : Significativité des divergences des ratios voyelle/consonne dans /pa/ entre les quatre tons en voix modale.

Ratio V/C dans /pa/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Tableau 41 : Significativité des divergences des ratios voyelle/consonne dans /pa/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

Ratio V/C dans /pa/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Selon les résultats des analyses *One-Way ANOVA* des Moy Inter des ratios V/C dans /pa/ dans les deux modes de phonation (*cf.* Tableaux 41 et 42), avec *ton* comme facteur analysé et *sujet* comme variable aléatoire, les divergences au niveau du ratio V/C ne sont pas significatives lors que le ton varie, et ce, dans les deux modes de phonation.

5.5.2. Ratio voyelle/consonne dans le contexte /pi/

La figure 50 illustre des divergences au niveau du ratio V/C dans /pi/ dans les deux modes de phonation, avec des Moy Inter et des CA des ratios présents. En observant ces divergences, nous remarquons que : *a*) le ratio V/C dans /pi/ a tendance à s'accroître en voix chuchotée, par rapport à la voix modale. Cet accroissement est entre 0,18 et 0,26. *b*) En voix modale, le ratio V/C moyen a tendance à se réduire sur T3 (1,11) et à augmenter sur T2 (1,35), alors qu'en voix chuchotée, il a tendance à se réduire sur T3 (1,33) ainsi que sur T4 (1,34) et à augmenter sur T2 (1,58). *c*) Les CA en voix modale sont tous positifs, plus élevés sur T3 et plus bas sur T1 et T2. Cela montre qu'en voix modale, les distributions des valeurs du ratio V/C sont plus souvent au-dessus de leur médiane sur T3, et sont davantage équilibrées autour de leur médiane sur T1 et T2. Les CA en voix chuchotée sont positifs, à l'exception de celui sur T2. De surcroît, le CA sur T4 en voix chuchotée est plus élevé que ceux sur les autres tons. Cela signifie que la distribution des valeurs du ratio est souvent au-dessus de sa médiane, notamment sur T4 alors que celle sur T1 est plus souvent en dessous de la médiane.

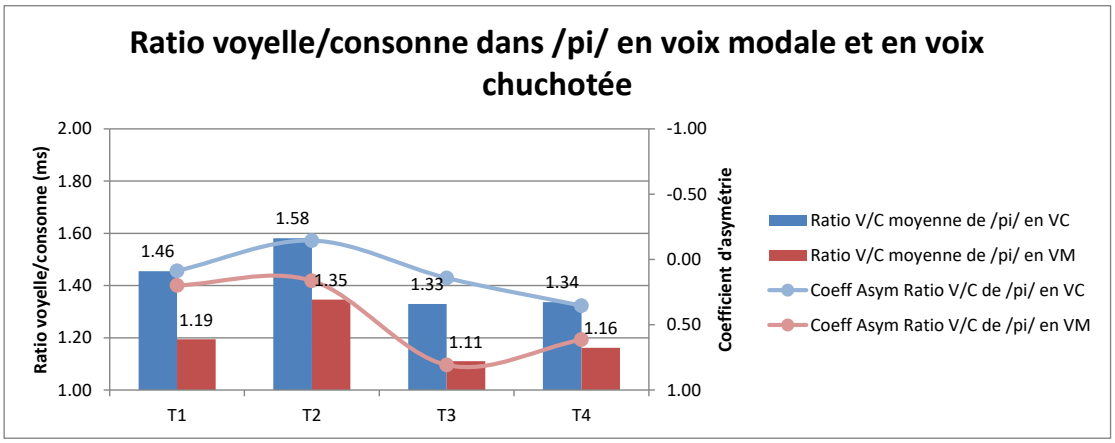


Figure 50 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des ratios voyelle/consonne dans /pi/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

D'après les résultats de l'analyse *Two-Way ANOVA* des ratios V/C dans la syllabe /pi/, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire, le ton et le mode de phonation ont tous un effet significatif sur le ratio V/C ($F(3,104) = 3,743$, $p = 0,0136$ pour *ton*, $F(1,104) = 15,86$, $p = 0,0001$ pour *mode de phonation*). Les résultats de l'analyse confirment également une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 42 : Significativité des divergences des ratios voyelle/consonne dans /pi/ entre les quatre tons en voix modale.

Ratio V/C dans /pi/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Tableau 43 : Significativité des divergences des ratios voyelle/consonne dans /pi/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

Ratio V/C dans /pi/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Des analyses *One-Way ANOVA* ont été effectuées sur les Moy Inter des ratios V/C dans la syllabe /pi/ en voix modale et en voix chuchotée, avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire. Les résultats, présentés dans les tableaux 43 et 44, montrent que le ratio V/C ne connaît pas de divergence significative lorsque le ton varie, et ce, dans les deux modes de phonation.

5.5.3. Ratio voyelle/consonne dans le contexte /pu/

Les Moy Inter et les CA des ratios V/C dans la syllabe /pu/ dans les deux modes de phonation sont présentés dans la figure 51. Cette figure nous amène à constater que : *a*) le ratio V/C dans /pu/ a tendance à s'accroître en voix chuchotée, par rapport à la voix modale. Cet accroissement est entre 0,09 et 0,17. *b*) Le ratio V/C en moyenne a tendance à se réduire sur T3 et à augmenter sur T2 : en voix modale, il est de 1,01 sur T3, et de 1,19 sur T2 ; en voix chuchotée, il est de 1,16 sur T3, et de 1,36 sur T2. *c*) Les CA sont positifs sur T2 et T3 et négatifs sur T1 et T4 en voix modale. C'est-à-dire que les distributions des valeurs du ratio sont davantage au-dessus de leur médiane sur T2 et T3, et davantage en dessous de leur médiane sur T1 et T4. En voix chuchotée, les CA sont tous positifs, et relativement bas sur T2. Cela démontre qu'en voix modale, les valeurs du ratio sont souvent distribuées au-dessus de leur médiane, et sont distribuées de manière équilibrée autour de leur médiane sur T3.

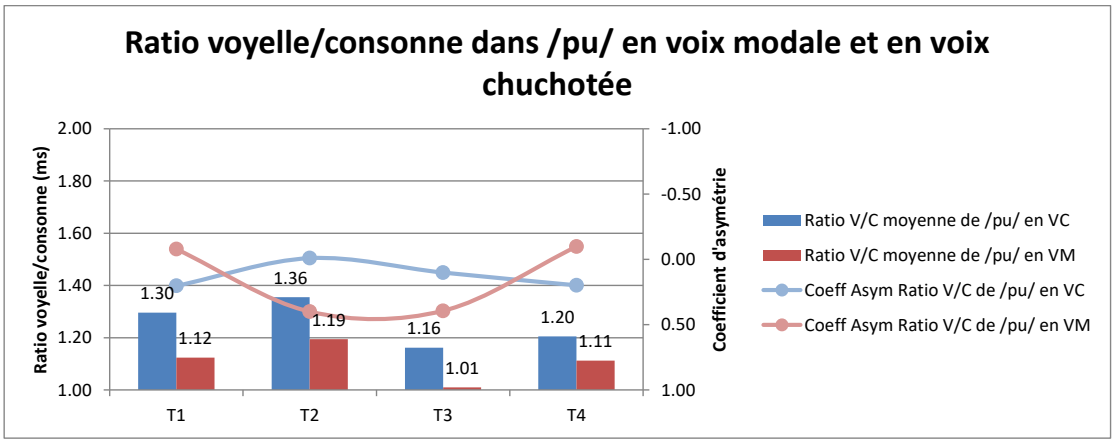


Figure 51 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des ratios voyelle/consonne dans /pu/ chez l'ensemble des sujets : voix modale *vs* voix chuchotée.

Dans l'analyse *Two-Way ANOVA* des ratios V/C dans la syllabe /pu/ (avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire), nous avons remarqué que le ton n'a pas d'effet significatif sur le ratio V/C ($F(3,104) = 2,317$, $p = 0,0804$). En revanche, les résultats de cette analyse confirment l'effet du mode de phonation sur le ratio V/C ($F(1,104) = 7,729$, $p = 0,0065$). Aucune interaction entre les deux facteurs n'a été observée dans cette analyse.

Tableau 44 : Significativité des divergences des ratios voyelle/consonne dans /pu/ entre les quatre tons en voix modale.

Ratio V/C dans /pu/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Tableau 45 : Significativité des divergences des ratios voyelle/consonne dans /pu/ entre les quatre tons en voix chuchotée.

Ratio V/C dans /pu/	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns
T3				ns
T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Des analyses *One-Way ANOVA* ont été effectuées sur les Moy Inter des ratios V/C dans /pu/ en voix modale et en voix chuchotée, avec *ton* comme facteur analysé et *sujet* comme variable aléatoire. Les résultats, ici présents dans les tableaux 43 et 44, montrent que le ratio V/C dans ce contexte syllabique ne connaît pas de divergence significative lorsque le ton varie, et ce, dans les deux modes de phonation.

5.5.4. Comparaison des ratios voyelle/consonne dans les trois contextes syllabiques

Selon une analyse contrastive des ratios V/C dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/, le ratio V/C est plus important que celui dans /pi/ alors que cette dernière est plus important que le ratio V/C dans /pu/, et ce, dans les deux modes de phonation.

La figure 52 illustre les Moy Inter et les CA des ratios V/C dans les trois contextes syllabiques en voix modale. Cette figure nous permet de constater une tendance générale de divergence en fonction du ton dans les ratios V/C moyens. C'est-à-dire que les ratios V/C sur T2 sont plus importants que les ratios V/C sur les autres tons (1,86 pour /pa/, 1,35 pour /pi/ et 1,19 pour /pu/ en moyenne). En revanche, les ratios V/C dans les syllabes /pi/ et /pu/ portant T3 sont moins élevés que les ratios V/C sur les autres tons (1,19 pour /pi/ et 1,12 pour /pu/ en moyenne). Les ratios V/C dans /pa/ sont moins élevés sur T1 (1,61 en moyenne) que sur les autres tons. Les CA des ratios V/C sont majoritairement positifs dans les trois contextes, à l'exception de celui dans /pu/ sur T1 et T4. Ce fait montre que les ratios V/C sont davantage en dessous de leur médiane, sauf celui de /pu/ sur T1 et T4 qui est davantage au-dessus de sa médiane.

Dans la même analyse, nous n'avons pas remarqué de tendance générale des CA entre les trois contextes en voix modale.

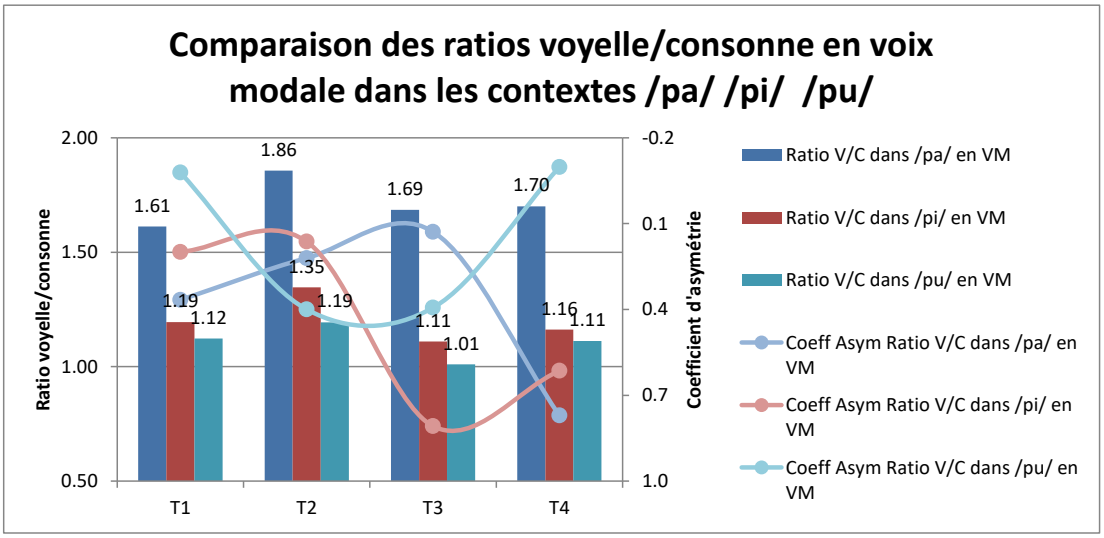


Figure 52 : Comparaison des ratios voyelle/consonne dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale, sur la base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets.

Selon l'analyse *Two-Way ANOVA* effectuée sur les ratios V/C dans les trois contextes syllabiques en voix modale, avec *contexte* et *ton* comme deux facteurs analysés et avec *sujet* comme variable aléatoire, le contexte et le ton ont tous un effet significatif sur le ratio V/C ($F(2,156) = 72,23$, $p < 0,0001$ pour *contexte*, $F(3,156) = 3,774$, $p = 0,0121$ pour *ton*). De plus, les résultats ont constaté une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 46 : Significativité statistique dans les divergences des ratios voyelle/consonne entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix modale.

Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
T1	***	***	ns
T2	***	***	ns
T3	***	***	ns
T4	***	***	ns

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Le tableau 47 présente les résultats détaillés de cette analyse ANOVA. Ce tableau nous amène à constater que les divergences au niveau du ratio V/C sont significatives entre /pa/ et /pi/, ainsi qu'entre /pa/ et /pu/ ($p < 0,001$). Entre /pi/ et /pu/, les divergences au niveau du ratio V/C ne sont pas significatives. En ce qui concerne l'effet du ton, le niveau de significativité des divergences au niveau du ratio V/C entre les contextes syllabiques est semblable d'un ton à l'autre.

Les résultats de l'analyse des ratios V/C dans les trois contextes syllabiques en voix chuchotée sont présentés dans la figure 53. Cette figure nous permet de constater une tendance générale de divergence en fonction du ton dans les ratios V/C. Plus précisément, les ratios V/C dans les syllabes portant T2 sont plus importants que les ratios V/C dans les syllabes portant les autres tons (2,08 pour /pa/, 1,58 pour /pi/ et 1,36 pour /pu/ en moyenne). En revanche, les ratios V/C moyens dans les syllabes /pi/ et /pu/ portant T3 sont moins élevés que les ratios V/C sur les autres tons (1,33 pour /pi/ et 1,16 pour /pu/ en moyenne), alors que les ratios V/C dans /pa/ sont moins élevés sur T4 (1,94) que sur les autres tons. Les CA des ratios V/C sont majoritairement positifs dans les trois contextes, à l'exception de celui dans /pi/ sur T2. Ce fait montre que les ratios V/C sont souvent en dessous de leur médiane, sauf le ratio V/C dans /pi/ sur T1. En outre, nous avons remarqué que dans les trois contextes, les CA sont relativement bas sur T2 et sont relativement élevés sur T4. Cela indique que dans tous les contextes, les distributions des ratios V/C sont relativement équilibrées autour de leur médiane sur T2 alors qu'elles sont souvent au-dessus de leur médiane sur T4.

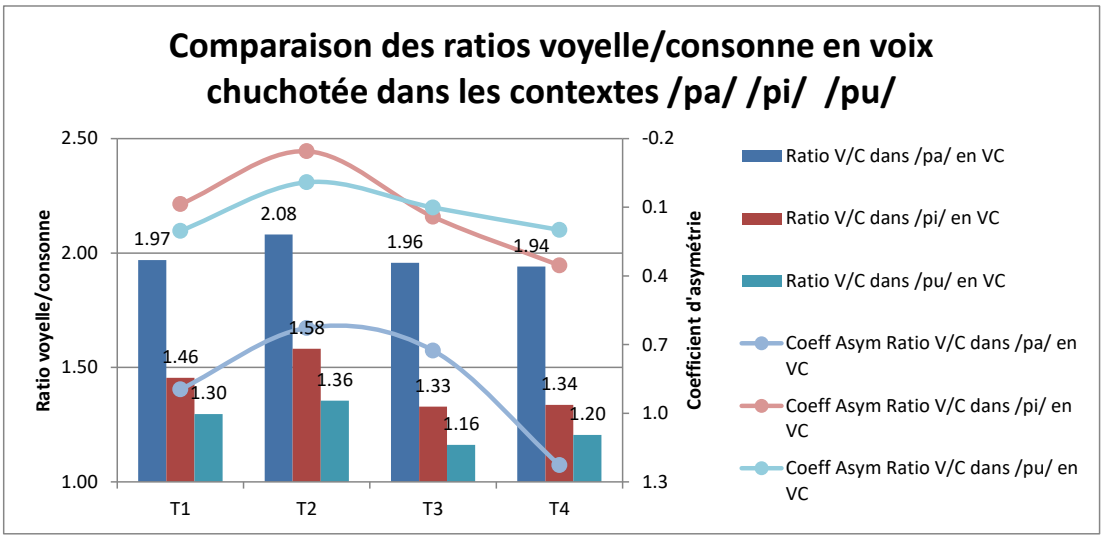


Figure 53 : Comparaison des ratios voyelle/consonne dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix chuchotée, sur la base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets.

Selon l'analyse *Two-Way ANOVA* effectuée sur les ratios V/C dans les trois contextes syllabiques en voix chuchotée, avec *contexte* et *ton* comme deux facteurs analysés et avec *sujet* comme variable aléatoire, le contexte a un effet significatif sur le ratio V/C ($F(2,156) = 48,88$, $p < 0,0001$). En revanche, le ton n'a pas d'effet significatif sur le ratio V/C ($F(3,156) = 1,950$, $p = 0,1242$). Par ailleurs, les résultats ont constaté une absence d'interaction entre les deux facteurs.

Tableau 47 : Significativité statistique dans les divergences des ratios voyelle/consonne entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix chuchotée.

Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
T1	**	***	ns
T2	**	***	ns
T3	***	***	ns
T4	***	***	ns

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Le tableau 47 présente les résultats détaillés de cette analyse *ANOVA*. Ce tableau nous amène à constater que les divergences au ratio V/C sont significatives entre /pa/ et /pi/ ainsi qu'entre /pa/ et /pu/, notamment entre /pa/ et /pu/ ($p < 0,001$). Entre /pi/ et /pu/, les divergences au ratio V/C ne sont pas significatives. En ce qui concerne l'effet du ton, les divergences au niveau du ratio V/C entre les contextes sont plus souvent significatives sur T3 et T4.

5.6. Synthèse analytique de l'étude des paramètres temporels

Cette section présente une synthèse analytique des paramètres temporels étudiés dans les sections précédentes. Les analyses ont été effectuées aux trois niveaux : le mode de phonation, le ton et le contexte syllabique.

Par rapport au mode de phonation, nous avons remarqué dans les données que les valeurs de la durée vocalique, de la tenue consonantique, de la durée syllabique et du ratio V/C sont en général plus importantes en voix chuchotée qu'en voix modale (*cf.* Figures 29-31, 39-41, 44-46 et 49-51). En revanche, les durées du VOT sont plus longues en voix modale qu'en voix chuchotée (*cf.* Figures 34-36).

Tableau 48 : Synthèse de la significativité des effets du facteur *mode de phonation* sur les paramètres temporels dans les trois contextes.

Facteur *le mode de phonation* sur	Contexte /pa/	/pi/	/pu/	
Durée vocalique	***	***	***	
Durée du VOT	*	***	***	* = p ≤ 0,05
Tenue consonantique	ns	ns	ns	** = p ≤ 0,01
Durée syllabique	***	***	***	*** = p ≤ 0,001
Ratio V/C	**	**	**	ns = p > 0,05

Le tableau 48 présente une synthèse de la significativité du facteur *mode de phonation* pour les paramètres temporels dans les trois contextes. Cette synthèse s'appuie sur les résultats des analyses *One-Way ANOVA* effectuées sur les mesures de ces paramètres, avec *sujet* comme variable aléatoire. Ce tableau montre que le mode de phonation a

des effets significatifs sur tous les paramètres, à part la tenue consonantique. De plus, le niveau de significativité des effets du mode de phonation est plus élevé sur la durée vocalique et sur la durée syllabique ($p < 0,001$).

En ce qui concerne le ton, nous avons observé, dans les analyses précédentes, que dans les syllabes portant T2, les paramètres temporels présentent souvent des valeurs plus élevées que des valeurs dans les syllabes portant les autres tons. Dans les syllabes portant T3, les paramètres temporels présentent souvent des valeurs plus basses que des valeurs dans les syllabes qui hébergent les autres tons. Cette tendance se manifeste plus clairement dans les contextes /pi/ et /pu/ (*cf.* Figures 32, 37, 42, 43, 47 et 48). Dans /pa/, T1 est davantage lié aux valeurs relativement faibles des paramètres temporels (*cf.* Figures 29, 39 et 44).

Par ailleurs, dans les mêmes analyses, nous avons remarqué que les CA des paramètres temporels, qui montrent les différences en valeur dans ces paramètres entre les 13 sujets, sont relativement bas sur T2 et T4, et qu'ils sont relativement élevés sur T1 et T3. Ce fait montre que les distributions des valeurs de ces paramètres temporels sont davantage équilibrées autour de leur médiane sur T2 et T4, alors que les distributions des valeurs sur T1 et T3 sont souvent au-dessus de leur médiane. Il est à signaler qu'avec la prise en compte des CA, les valeurs des paramètres sur T3 pourraient être plus importantes que celles que les Moy Inter présentent. En fait, les mesures des paramètres temporels sur T3 sont probablement aussi importantes que celles sur T1.

Tableau 49 : Synthèse de la significativité des effets du facteur *ton* sur les paramètres temporels dans les trois contextes.

Facteur *le ton*	Contexte			
sur	**/pa/**	**/pi/**	**/pu/**	
Durée vocalique	ns	**	**	
Durée du VOT	ns	ns	ns	* = p ≤ 0,05
Tenue consonantique	ns	ns	ns	** = p ≤ 0,01
Durée syllabique	ns	ns	ns	*** = p ≤ 0,001
Ratio V/C	ns	*	ns	ns = p > 0,05

Le tableau 49 présente une synthèse des effets du facteur *ton* sur les paramètres temporels dans les trois contextes syllabiques, d'après les analyses *One-Way ANOVA* effectuées sur les mesures de ces paramètres (avec *sujet* comme variable aléatoire). En observant ce tableau, nous avons constaté que le ton a davantage d'influence sur la

durée vocalique et sur le ratio V/C. Cette influence est d'ailleurs significative sur /pi/ et sur /pu/. Elle n'est pas significative sur /pa/. De plus, sur la dimension du ton, les différences significatives au niveau de la durée vocalique se trouvent majoritairement dans /pi/ entre T2 et T3 (*cf.* Tableaux 10 et 11).

En ce qui concerne l'effet du contexte syllabique, nos analyses montrent davantage de divergences significatives au niveau temporel entre /pa/ et /pu/, et moins de divergences significatives entre /pa/ et /pi/. Entre /pi/ et /pu/, peu de divergences significatives ont été constatées. Cette tendance se manifeste dans les deux modes de phonation (*cf.* Tableaux 14, 22, 30 et 46 pour la voix modale, Tableaux 15, 23, 31 et 47 pour la voix chuchotée).

Tableau 50 : Synthèse de la significativité des effets du facteur *ton* sur les paramètres temporels, dans les trois contextes.

Facteur *le contexte* sur	Mode de phonation **VM**	**VC**	
Durée vocalique	***	***	
Durée du VOT	***	***	* = p ≤ 0,05
Tenue consonantique	***	***	** = p ≤ 0,01
Durée syllabique	ns	ns	*** = p ≤ 0,001
Ratio V/C	***	***	ns = p > 0,05

Le tableau 50 présente une synthèse des divergences des paramètres temporels en fonction du contexte syllabique, sur la base des analyses *One-Way ANOVA* effectuées avec *sujet* comme variable aléatoire. Ce tableau démontre que le facteur *contexte* a des effets significatifs sur tous les paramètres étudiés ($p < 0,001$) sauf sur la durée syllabique. Ceci est le cas dans tous les deux modes de phonation étudiés.

Ainsi, nous pouvons en conclure que les trois facteurs : *mode de phonation, ton* et *contexte* présentent tous un effet sur les paramètres au niveau temporel. La durée du segment vocalique nous semble la plus concernée par les effets de ces facteurs.

Nos analyses des paramètres acoustiques montrent que de manière globale, les paramètres temporels étudiés présentent des valeurs plus importantes en voix chuchotée qu'en voix modale, mis à part la durée du VOT qui est réduite en voix chuchotée, par rapport à la voix modale.

Nous avons également pu constater que la durée du segment vocalique et la durée syllabique sont les plus touchées par le mode de phonation employé, suivies par le ratio voyelle/consonne dans la syllabe. Cette tendance persiste autant en voix chuchotée qu'en voix modale. L'influence du ton se manifeste davantage sur la durée du segment vocalique et peu sur les autres paramètres temporels.

La durée du VOT ne subit que l'influence du mode de phonation tandis que la tenue consonantique de /p/, qui précède le segment vocalique, semble insensible au ton et au mode de phonation.

Les rapports entre la durée vocalique et le ton varient pourtant d'un sujet à l'autre. En général, parmi tous les sujets, T2 a tendance à être lié aux durées allongées de toutes les voyelles alors que T3 a tendance à être lié aux durées réduites de /i u/. Quant à T1, il est davantage lié aux durées réduites de /a/.

6 Étude de la fréquence fondamentale (F0)

Dans ce chapitre, nous allons analyser la variation de la fréquence fondamentale (F0) en fonction du ton en voix modale. À travers l'étude des courbes de variation de F0, définies sur la base des valeurs de F0 mesurées à 0%, 20%, 40%, 60%, 80% et 100% de la voyelle normalisée au niveau du temps, nous tenterons de repérer les caractéristiques acoustiques des traits des tons lexicaux du mandarin. Ces mesures seront également converties en demi-tons, afin d'avoir une vision générale sur les impressions mélodiques auxquelles elles correspondent à l'oreille.

F0 nous servira, dans cette recherche, de repère du pitch tonal, au même titre que les autres paramètres acoustiques, tels que le niveau de l'intensité et les formants apparaissant dans le même spectre.

Quant à la variation de F0 en fonction du ton, dans le cadre de cette thèse, nous émettons l'hypothèse suivante:

- *Hypothèse 3 :* en mandarin, les courbes F0 devraient respecter un pattern qui est corrélé aux traits tonals à registre et à contour. Sur la base des études du ton lexical depuis les années 1990, nous pensons que la variation de F0 correspondrait davantage à l'une des descriptions autosegmentales du ton proposées par Yip (1980, 1995), Duanmu (1990) et Bao (1990, 1999) (*cf.* Chapitre 2) avec des traits binaires.

Pour confirmer cette hypothèse, nous analyserons l'ensemble des données recueillies. Les analyses seront effectuées en fonction du contexte syllabique. Ces analyses du contexte seront suivies d'une comparaison entre les variations de F0 dans les trois contextes. Ceci dans l'objectif d'obtenir une vision plus claire sur les influences du ton et du contexte sur F0.

Vu qu'en deçà de 500 Hz, la sensation de hauteur du son correspond à la mesure de F0 en Hz du son émis (*cf.* Section 3.2.), nos analyses s'appuieront sur les valeurs de F0 en Hz.

6.1. La variation de F0 dans le contexte /pa/

Dans l'objectif de distinguer l'effet des traits tonals à contour de celui des traits tonals à registre, nous avons défini, sur la base des valeurs de F0 mesurées dans toutes les phases de /a/, les courbes de variation de F0 absolu et les courbes de variation de F0 relatif. D'une part, l'observation de la variation de F0 absolu nous permet d'étudier toutes les influences des deux types de traits tonals sur F0. D'autre part, l'observation de la variation de F0 relatif nous permet d'avoir une vision plus claire sur les rapports entre les formes des courbes et le type de trait tonal corrélé à leurs formes, que ce dernier soit le contour tonal ou la cible tonale.

La figure 54 illustre les courbes F0 absolu définies dans /pa/ et ce, sur la base des Moy Inter. En observant cette figure, nous avons constaté une séparation au niveau du registre entre les courbes T1-T4 et les courbes T2-T3. Cette séparation persiste, d'ailleurs, dans toutes les phases de la voyelle. C'est-à-dire, malgré les différentes formes, les courbes T1 et T4 se situent toujours plus haut que les courbes T2 et T3 sur l'échelle des valeurs en Hz. Cette séparation nous semble corrélée aux traits à registre des tons portés, parce que nous avons observé deux zones de registre à des étendues similaires (environ 100 Hz) bien séparées. Dans ces zones s'étendent respectivement les courbes F0 absolu des tons au trait [+U] et les courbes au trait [-U]. En outre, à l'intérieur de chaque zone, au début de la voyelle, les deux courbes engagées sont proches l'une de l'autre. Cela est dû à l'effet des traits [+/-U][55].

En revanche, les traits [h/l] paraissent aboutir à une séparation entre les courbes, situées dans la même zone. Ils mènent à un écart des courbes qui s'élargit graduellement, jusqu'au-dessus de 40 Hz vers la fin de la voyelle. Le croisement entre la courbe T2 et la courbe T4, à la fin de la voyelle, est d'après nous dû à l'effet des traits [h/l].

[55] Nous ne proposons pas ici, ainsi que dans toute cette recherche, une transcription du début de la courbe F0 en traits [h/l]. Autrement dit, nous ne proposons pas une transcription du ton comme HH, HH, LH ou LL. Ceci est un choix personnel. Nous considérons que la valeur de F0 à la quelle H ou L correspond pourrait être différente entre le début et la fin du ton, et qu'une telle transcription pourrait donc troubler l'interprétation de nos données, ou faire ignorer la valeur du contour dans l'analyse des courbes.

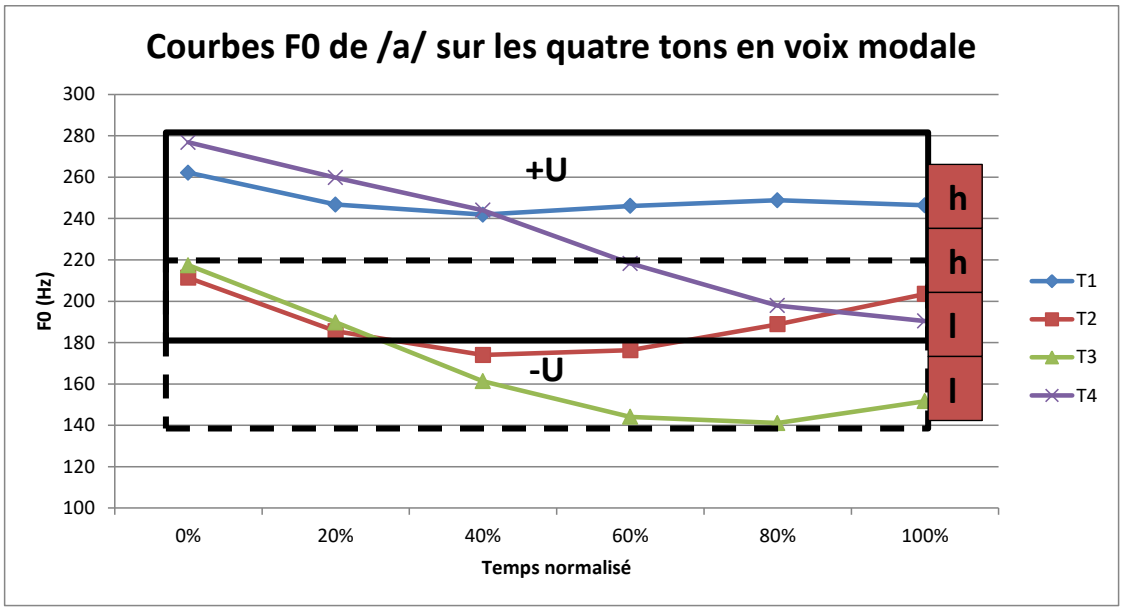


Figure 54 : Courbes F0 absolu de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs de F0.

Les courbes F0 relatif ont été définies à partir des Moy Inter des décalages entre F0 initial (0%) et F0 mesuré dans les autres phases de /a/ sur les quatre tons. Ces courbes sont illustrées dans la figure 55.

À partir de cette figure, nous constatons qu'à 20% de /a/, une séparation importante se trouve au niveau de F0 entre les courbes T1 et T4 et les courbes T2 et T3. Dans cette phase, les courbes sont toutes à des niveaux inférieurs à F0 initial. Le décalage entre les courbes T1 et T4 et F0 initial est d'environ 16 Hz alors que l'écart entre les courbes T2 et T3 et F0 initial est d'environ 26 Hz. Cette séparation devient moins importante à 40% de la voyelle. À partir de 60% de la voyelle, les valeurs de F0 sur T1 et T2 sont supérieures aux valeurs mesurées sur T3 et T4. Les valeurs de F0 sur T1 et T2 sont proches les unes des autres et ce, à la fin de la voyelle, alors que dans la même phase, les valeurs de F0 sur T3 et T4 sont proches les unes des autres. Ces dernières sont toutefois plus basses que ces premières dans cette phase. De surcroît, de 60% à 100% de la voyelle, nous avons observé une séparation importante entre les courbes T1-T2 et les courbes T3-T4.

Ces remarques nous indiquent que les écarts au niveau de F0 varient en fonction du ton, et pourtant, ils ne correspondent pas à une échelle des 5 partitions (*cf.* Section 1.3.). En outre, les courbes F0 relatif présentent des formes plus complexes que les contours tonals présumés ([fall/rise/even]). Prenons pour exemple la totalité de la courbe T2, elle ne présente ni une simple courbe montante ni une variation entre les

partitions 3-5 ou 2-5. Sa forme est plutôt descendante-montante, ressemblant davantage à un ton complexe.

Si nous appliquions la description sur l'échelle des 5 partitions, ou si nous adoptions la notion des contours tonals dans l'analyse des formes de courbe, nous serions gênés par le timing de l'organisation des traits tonals dans ces courbes. Cependant, une définition du ton sur la base des cibles tonales peut s'adapter aisément aux résultats de notre observation. Concrètement, cela veut dire qu'à 20% de la voyelle, le pitch[56] de T1 atteint la même cible que celui de T4 alors que et le pitch de T2 atteint la même cible que celui de T3. Cette première cible est corrélée au trait [+U] tandis que cette dernière au trait [-U]. En outre, à la fin de la voyelle (80% - 100%), le pitch de T1 se rapproche de celui de T2, en raison de la présence du trait [h] alors que le pitch de T3 se rapproche de celui de T4, dû à la présence du trait [l].

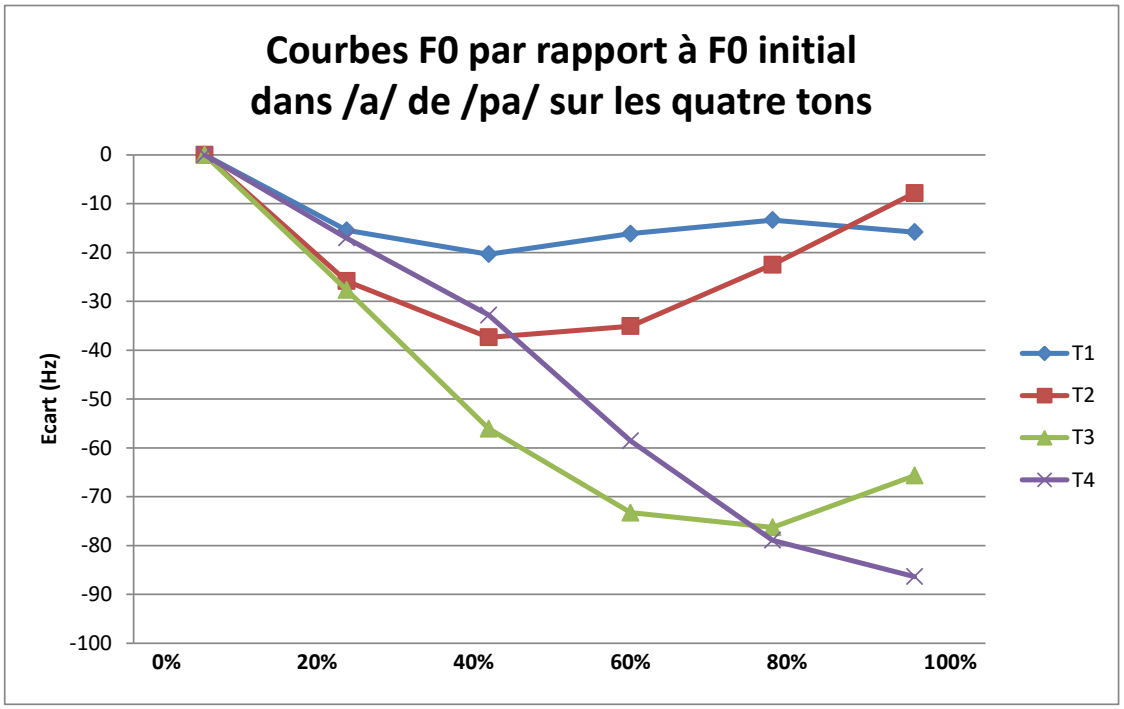


Figure 55 : Courbes F0 relatif de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des décalages entre F0 initial et F0 dans les autres phases, normalisées au niveau du temps.

Une analyse des courbes F0 sur l'échelle des demi-tons reflète davantage la gêne que la transcription à 5 partitions rencontrerait dans l'interprétation de la variation de F0.

La figure 56 présente les courbes de la hauteur relative de F0 (par rapport à 100 Hz) dans /pa/, normalisées au niveau du temps, avec *St* (demi-ton) comme l'unité de la

[56] Ici, nous référons à la notion du « pitch tonal », ce dont la hauteur se reflète par la valeur de F0.

hauteur de F0. Dans cette figure, nous avons remarqué que les courbes s'inscrivent dans une étendue mélodique qui couvre 12 demi-tons (équivalent à une octave). La courbe T1 débute dans 17 St et s'étend entre 20% et 100% entre 15 et 16 St. La courbe T4 débute de 1 St plus haut que la courbe T1. Elle descend à 11 St à la fin de la voyelle /a/. La courbe T3 débute vers 13,5 St, descend à 6 St vers 80% de la voyelle, puis remonte jusqu'à 7 St. Quant à la courbe T4, elle débute très proche de la courbe T2, c'est-à-dire 13 St. Elle descend à 9,5 St, puis remonte à 12,5 St.

Rappelons-nous ici que selon Chao (1930), les transcriptions des tons sur 5 partitions sont T1 55, T2 35, T3 21(4) et T4 (51). Si nous divisions cette étendue mélodique en 5 partitions égales, chaque partition occuperait donc 2,4 St. Cela signifie que T2 et T3 doivent débuter dans la même partition, au lieu de débuter dans deux partitions voisines. De surcroît, la partie descendante de la courbe T3 couvre 7,5 St, équivalent à plus d'une demi-octave. Cela ne correspond pas à la description de Chao sur cette partie de T3. À la fin de la voyelle, nous avons observé aussi que le décalage entre les fins des courbes T1 et T2 est de 3 St environ. Ce décalage serait suffisant pour inscrire les fins des courbes T1 et T2 dans deux partitions voisines. Dans la même phase, la fin de la courbe T4 est plus haute mélodiquement que celle de T3 avec 4 St de décalage. Ce décalage dépasse également l'étendue d'une partition. Ainsi, T3 et T4 devraient aussi inscrire leur fin dans deux partitions voisines selon nos données. Ces résultats d'observation nous démontrent qu'une transcription des tons à 5 partitions n'est pas aussi idéale que prévu dans l'interprétation des mesures de F0 dans notre recherche[57].

[57] Bien entendu, il est possible de présumer que les 5 partitions ne sont pas égales dans leur étendue. Toutefois, il est également difficile de définir une échelle de 5 partitions inégales qui conviendrait à l'interprétation de nos données.

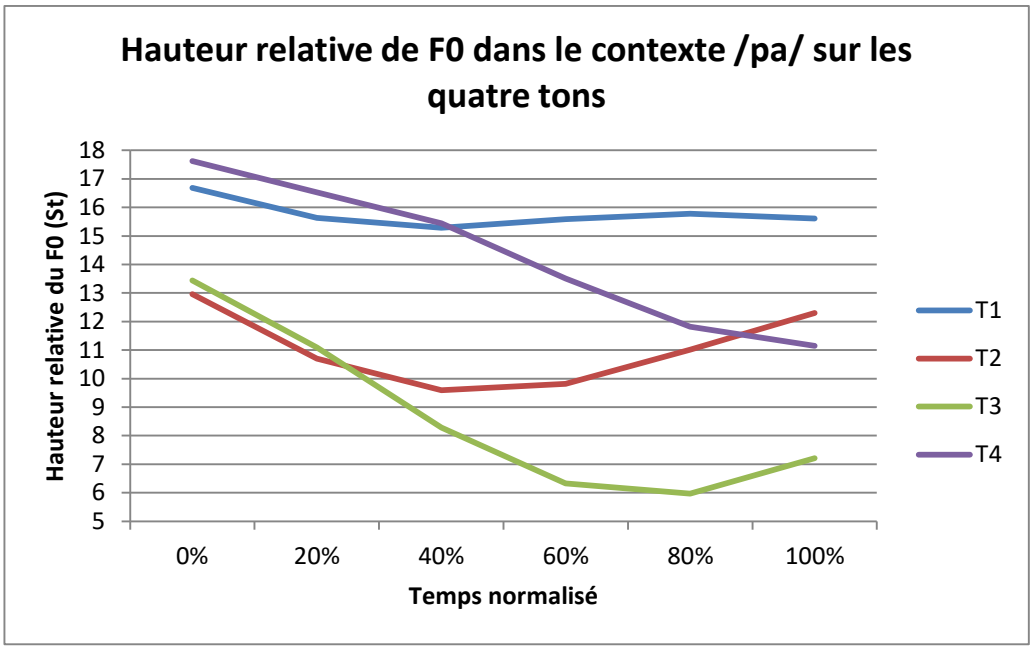


Figure 56 : Hauteur relative de F0 (par rapport à un son à 100 Hz) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale.

Une analyse *One-Way ANOVA* de la variation de F0 sur les quatre tons, effectuée avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire, montre que le ton a un effet significatif sur F0 ($F(3, 312) = 13{,}94$, $p < 0{,}0001$).

Tableau 51 : Significativité des variations de F0 entre les tons en voix modale, dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pa/.

0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
T1		***	***	ns	T1		***	***	ns	T1		***	***	ns
T2			ns	***	T2			ns	***	T2			ns	***
T3				***	T3				***	T3				***
T4					T4					T4				

60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
T1		***	***	***	T1		***	***	***	T1		***	***	***
T2			***	***	T2			***	ns	T2			***	ns
T3				***	T3				***	T3				***
T4					T4					T4				

* = $p \leq 0{,}05$
** = $p \leq 0{,}01$
*** = $p \leq 0{,}001$
ns = $p > 0{,}05$

Le tableau 51 présente davantage de détails de cette analyse ANOVA, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Entre chaque paire de tons dans la comparaison, les contrastes du trait à registre ([+/-U]) sont marqués en rose, les contrastes du trait [h/l] sont marqués en vert et les contrastes qui incluent les deux types de trait sont marqués en violet. Cela, dans l'objectif d'avoir une vision plus claire sur les rapports entre les divergences significatives et les types de trait tonal concernés.

Ce tableau nous amène à constater que les divergences significatives au niveau de F0 entre les tons se trouvent dans toutes les phases. Plus précisément, entre les tons qui sont en contraste au niveau du registre (c'est-à-dire entre T1 et T2, et entre T3 et T4), les différences de F0 sont significatives dans toutes les phases de la voyelle /a/ (p < 0,001). Entre les tons qui sont en contraste [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4, et entre T2 et T3), les différences au niveau de F0 sont significatives entre 60% et 100% de la voyelle (p < 0,001). Quant aux tons en contraste avec les deux types de traits (c'est-à-dire entre T1 et T3, et entre T2 et T4), les différences au niveau de F0 entre T1 et T3 sont significatives dans toutes les phases de la voyelle /a/ (p < 0,001) tandis que celles entre T2 et T4 sont significatives entre 0% et 60% de la voyelle (p < 0,001).

6.2. La variation de F0 dans le contexte/pi/

La même perspective d'analyse a été appliquée dans cette section et dans la section précédente. Nous avons étudié les courbes de variation de F0 absolu afin d'avoir une vision globale sur la variation de F0 sur chaque ton, et les courbes de variation de F0 relatif afin de mettre en lumière les rapports entre les formes des courbes et le type de traits tonals corrélé à leurs formes.

La figure 57 donne les courbes F0 absolu dans /pi/ définies à partir des Moy Inter des décalages entre F0 initial (0%) et F0 des autres phases de /i/. Dans cette figure, nous avons remarqué une séparation sur le plan général entre les courbes T1-T4 et les courbes T2-T3. Cette séparation persiste dans toutes les phases de la voyelle. Les courbes T1 et T4, malgré leur différente forme, se situent toujours plus haut que les courbes T2 et T3 sur l'échelle des valeurs, cependant avec un croisement exceptionnel entre la courbe T2 et la courbe T4 à la fin de la voyelle.

Cette tendance de séparation nous paraît corrélée aux traits [+/-U], pour la raison qu'elle semble nous indiquer deux zones de registre séparées. Sur l'échelle des valeurs, ces zones ont des étendues similaires (environ 100 Hz) et enferment respectivement les courbes F0 au trait [+U] et les courbes F0 au trait [-U]. D'une part, à l'intérieur de chaque zone, les courbes au même trait de registre sont proches l'une de l'autre au début de la voyelle. Ceci est dû à l'effet des traits [+/-U]. D'autre part, les traits [h/l] nous paraissent mener à une séparation aux courbes au même trait de registre. Cette séparation s'accroît progressivement et arrive jusqu'au-dessus de 60 Hz

vers la fin de la voyelle. Le croisement entre la courbe T2 et la courbe T4, observée à la fin de la voyelle, pourrait être dû à l'effet des traits [h/l].

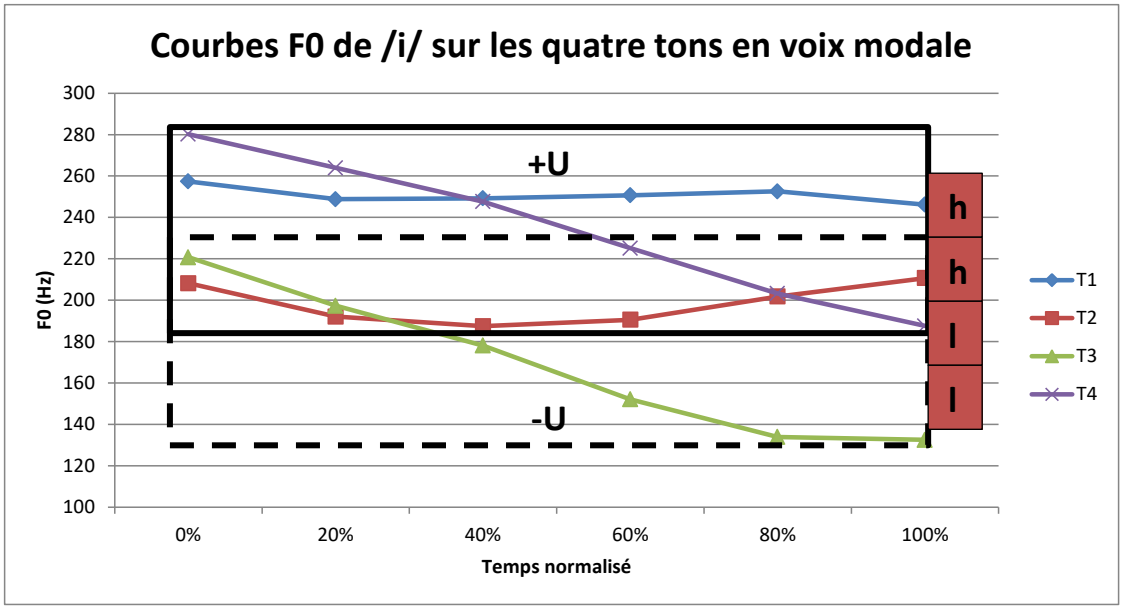


Figure 57 : Courbes F0 de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs de F0.

La figure 58 illustre les courbes F0 relatif sur la base des décalages entre la Moy Inter de F0 initial et de F0 dans les autres phases. En observant cette figure, nous avons remarqué qu'à 20% de la voyelle est apparue une séparation importante entre les courbes F0. Plus précisément, dans cette phase, la courbe T1 est la plus haute sur l'échelle des valeurs en Hz, ce qui correspond à un niveau approximatif de 3 Hz inférieur à F0 initial, alors que les courbes T2 et T4 se rapprochent, avec un niveau approximatif de 8 Hz inférieur à F0 initial. Quant à la courbe T3, elle est située plus bas que les autres sur l'échelle des valeurs, ce qui correspond à un niveau 11 Hz environ inférieur à F0 initial. À partir de 60% de la voyelle, les valeurs de F0 sur T1 et T2 deviennent plus importantes que les valeurs sur T3 et T4. Les courbes T1 et T2 sont proches l'une de l'autre entre 60% et 100% de la voyelle, tandis que les courbes T3 et T4 se rapprochent, situées plus bas que les courbes T1 et T2 sur l'échelle des valeurs. L'importance des écarts entre les courbes augmente progressivement.

Ainsi, nous constatons que les courbes F0 relatif de /i/ sur les quatre tons ne correspondent pas à une description sur l'échelle des 5 partitions. Similaires aux courbes F0 relatif de /a/, celles de /i/ présentent des formes plus complexes que les contours tonals prescrits ([fall/rise/even]). Prenons de nouveau la courbe T2 pour

exemple, elle ne présente ni une simple courbe montante ni une variation qui chevauche les partitions 3-5 ou 2-5. En fait, sa forme est descendante-montante, comme celle d'un ton complexe. En revanche, la courbe T3 connaît un cas contraire à celui de T2. Le ton complexe T3 présente, entre 0% et 80% de la voyelle, une courbe F0 descendante et connaît, au lieu d'une phase montante, une phase courte de stagnation à la fin de la voyelle.

Compte rendu de ces remarques, une description des tons sur l'échelle des 5 partitions ou les concepts des contours tonals prescrits, ne serait pas pertinente pour interpréter les différences entre les courbes F0 et ce, surtout dans le timing de l'organisation des traits tonals. Pourtant, une définition du ton sur la base des cibles tonales binaires peut s'adapter aisément aux résultats de nos analyses. C'est-à-dire qu'à la fin de la voyelle, le pitch de T1 atteint la même cible tonale que celui de T4 alors que le pitch de T2 atteint la même cible que celui de T3. Cette première cible se définit par le trait [h], et cette dernière par [l].

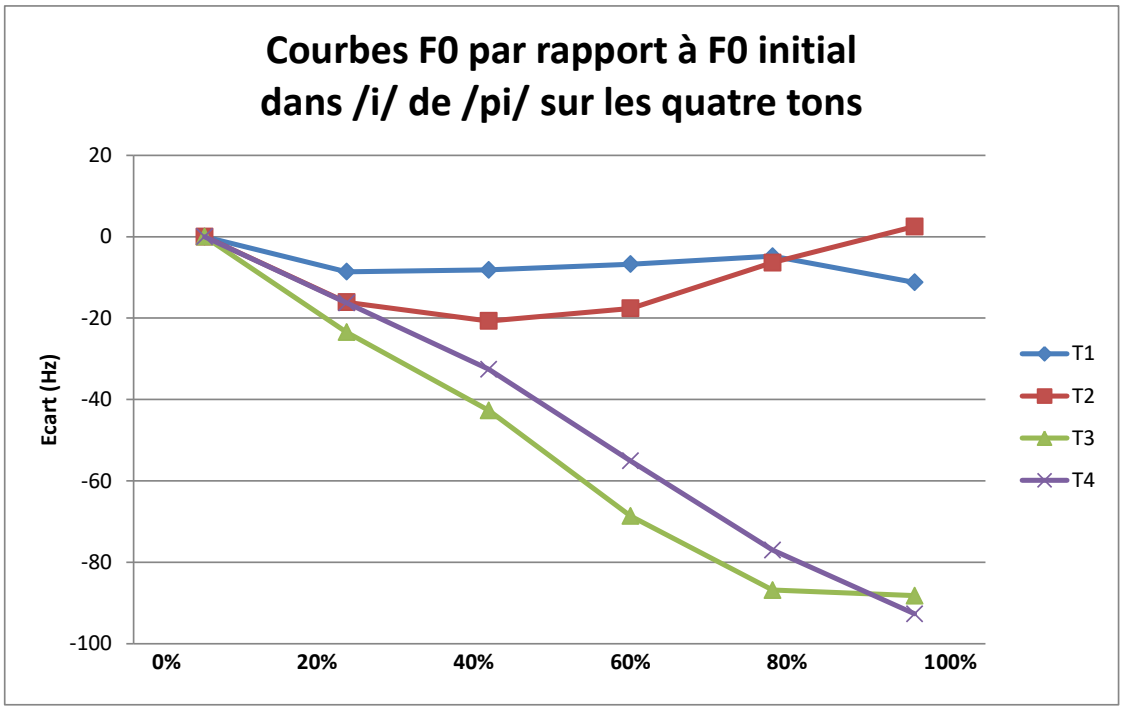


Figure 58 : Courbes F0 de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des décalages entre F0 initial et F0 des autres phases, normalisées au niveau du temps.

Sur l'échelle de demi-tons, nous avons observé la variation de la hauteur mélodique que nos mesures de F0 représentent. La figure 59 illustre cette variation dans /pi/ sur

les quatre tons. Cette figure confirme nos résultats dans l'observation des courbes F0 absolu et des courbes de F0 relatif *supra*.

Plus précisément, les courbes s'inscrivent dans une étendue mélodique à 13 demi-tons, légèrement supérieure à une octave. La courbe T1 débute vers 16 St, et s'étend autour de cette hauteur dans toutes les phases de la voyelle /i/. La courbe T4, qui débute vers 18 St, descend jusqu'à 11 St. Le début de la courbe T3 correspond à environ 14 St, et la fin de la même courbe à 5 St. La courbe T3 est descendante entre 0% et 80% de la voyelle, elle reste stagnante toutefois entre 80% et 100% de la voyelle. Quant à T2, sa courbe débute vers 13 St, descend jusqu'à 11 St à 40% de la voyelle, et remonte à 13 St à la fin de la voyelle. De même que le cas dans /pa/, la variation de la hauteur mélodique de F0, en fonction du ton dans /pi/, ne s'adapte pas à une transcription tonale à 5 partitions (*cf.* Section 6.1.)

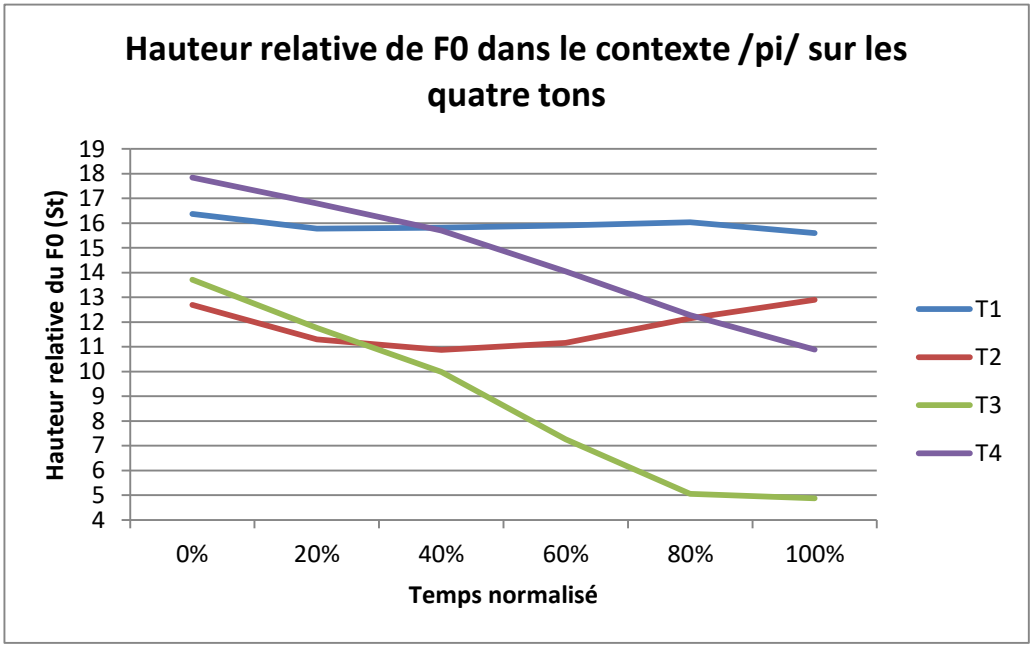


Figure 59 : Hauteur relative de F0 (par rapport à un son à 100 Hz) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale.

Selon l'analyse *One-Way ANOVA* de la variation de F0 sur les quatre tons dans ce contexte, effectuée avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire, le ton a un effet significatif sur F0 ($F(3, 312) = 12{,}12$, $p < 0{,}0001$).

Tableau 52 : Significativité des variations de F0 entre les tons en voix modale, dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pi/.

0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
T1		***	***	**	T1		***	***	ns	T1		***	***	ns
T2			ns	***	T2			ns	***	T2			ns	***
T3				***	T3				***	T3				***
T4					T4					T4				

60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
T1		***	***	***	T1		***	***	***	T1		***	***	***
T2			***	***	T2			***	ns	T2			***	**
T3				***	T3				***	T3				***
T4					T4					T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Le tableau 52 présente davantage de détails de cette analyse *ANOVA*, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs.

En observant ce tableau, nous avons remarqué que les divergences significatives de F0 entre les tons se trouvent dans toutes les phases. C'est-à-dire qu'entre les tons en contraste au niveau du registre (c'est-à-dire entre T1 et T2, et entre T3 et T4), les différences au niveau de F0 sont significatives dans toutes les phases de la voyelle ($p < 0,001$). Entre les tons en contraste [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4, et entre T2 et T3), les différences au niveau de F0 entre T2 et T3 sont significatives entre 60% et 100% de la voyelle ($p < 0,001$) alors que celles entre T1 et T4 sont significatives à 0% et entre 60% et 100% de la voyelle. Quant aux tons en contraste avec les deux types de traits (c'est-à-dire entre T1 et T3, et entre T2 et T4), les différences au niveau de F0 entre T1 et T3 sont significatives dans toutes les phases de la voyelle ($p < 0,001$) tandis que celles entre T2 et T4 sont significatives entre 0% et 60% de la voyelle, ainsi qu'à 100% de la voyelle.

6.3. La variation de F0 dans le contexte /pu/

Dans l'analyse des effets des traits tonals dans /pu/, nous avons appliqué la même méthodologie que celle dans les études des contextes /pa/ et /pi/ (*cf.* Sections 6.1. et 6.2.). La figure 60 illustre les courbes F0 absolu dans /pu/, définies à partir des Moy Inter de F0. Cette figure nous donne une vision globale sur l'effet du ton sur la variation de F0.

Dans cette figure, nous avons constaté un écart entre les courbes T1-T4 et les courbes T2-T3. Cet écart apparaît dans toutes les phases de la voyelle. Autrement dit, malgré les différentes formes, les courbes T1 et T4 se situent toujours plus haut que les

courbes T2 et T3 sur l'échelle des valeurs en Hz. Cela dit, une exception existe. C'est le croisement entre la courbe T2 et la courbe T4 à la fin de la voyelle.

Cet écart entre les courbes nous paraît corrélé aux traits [+/-U], car il nous indique deux zones de registre séparées qui ont des étendues similaires (environ 100 Hz). Dans la zone plus haute sur l'échelle des valeurs s'étendent les courbes F0 des tons au trait [+U], et dans la zone plus basse les courbes des tons au trait [-U]. En outre, à l'intérieur de chaque zone, au début de la voyelle, les courbes sont proches l'une de l'autre. Cela démontre l'effet des traits [+/-U] sur la valeur de F0 dans cette phase. Les traits [h/l] nous paraissent en corrélation avec un écart entre les courbes à la fin de la voyelle. Cet écart apparaît entre les courbes au même trait à registre. Il s'élargit graduellement jusqu'au-dessus de 60 Hz. Le croisement entre la courbe T2 et la courbe T4 observée à la fin de la voyelle est d'ailleurs également dû aux traits [h/l].

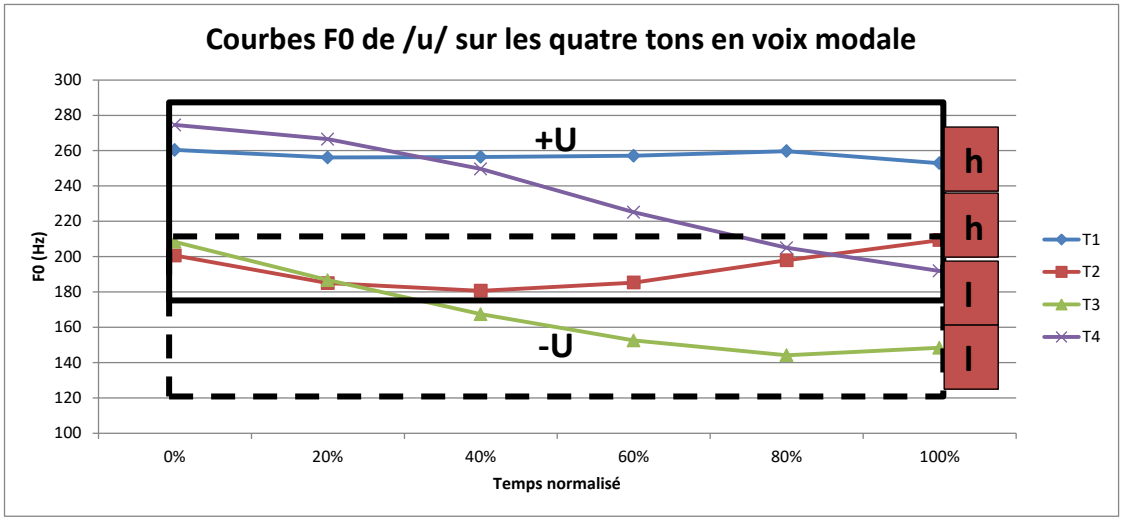


Figure 60 : Courbes F0 de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs de F0.

La figure 61 donne les courbes de variation de F0 relatif (définies d'après les Moy Inter des décalages entre F0 initial (0%) et F0 des autres phases). En observant cette figure, nous avons formulé les remarques suivantes. Premièrement, dans /pu/ comme dans les deux autres contextes, il existe un écart important entre les valeurs de F0 sur T1-T4 et les valeurs sur T2-T3 à 20% de la voyelle. Ces premières valeurs sont de 5-8 Hz inférieures à F0 initial alors que ces dernières sont de 16-20 Hz inférieures à F0 initial. Cet écart se serre à 40% de la voyelle. À partir de 60% de la voyelle, les valeurs de F0 sur T1 et T2 sont supérieures à celles sur T3 et T4. Deuxièmement, entre 60% et 100% de la voyelle, les courbes T1 et T2 se rapprochent alors que les courbes T3 et T4

se rapprochent. Dans les mêmes phases, ces premières se situent plus bas que ces dernières sur l'échelle des valeurs. Toutefois, les écarts entre les groupes de courbes s'élargissent au fur et à mesure.

Ces remarques nous donnent à constater que les courbes F0 de /u/ sur les quatre tons ne correspondent pas à la description du pitch tonal sur l'échelle des 5 partitions. De surcroît, ces courbes présentent des formes plus complexes que les contours tonals prescrits ([fall/rise/even]). Prenons par exemple la courbe T2, sa forme n'est pas simplement montante et elle ne présente non plus un parcours du pitch entre les partitions 3-5 ou 2-5. En fait, sa forme observée est plutôt descendante-montante, ressemblant davantage à la trajectoire du pitch d'un ton complexe. En revanche, la courbe T3 connaît un cas contraire à celui de T2.

Compte rendu de ces remarques, nous serions gênés dans l'explication du timing de l'organisation des traits tonals si nous adoptions la description des 5 partitions ou les concepts des contours tonals dans notre analyse. Néanmoins, une définition du ton sur la base des cibles tonales s'adapterait aisément à l'explication des résultats analytiques. C'est-à-dire qu'à 20% de la voyelle, le pitch de T1 et le pitch de T4 atteignent la même cible tonale alors que le pitch de T2 et le pitch de T3 atteignent la même cible. Cette dernière cible est inférieure à la première en valeur. À 80% de la voyelle, le pitch de T1 atteint la même cible tonale que celui de T2, et le pitch de T3 atteint la même cible tonale que celui de T4. Cette dernière cible est inférieure à la première en valeur.

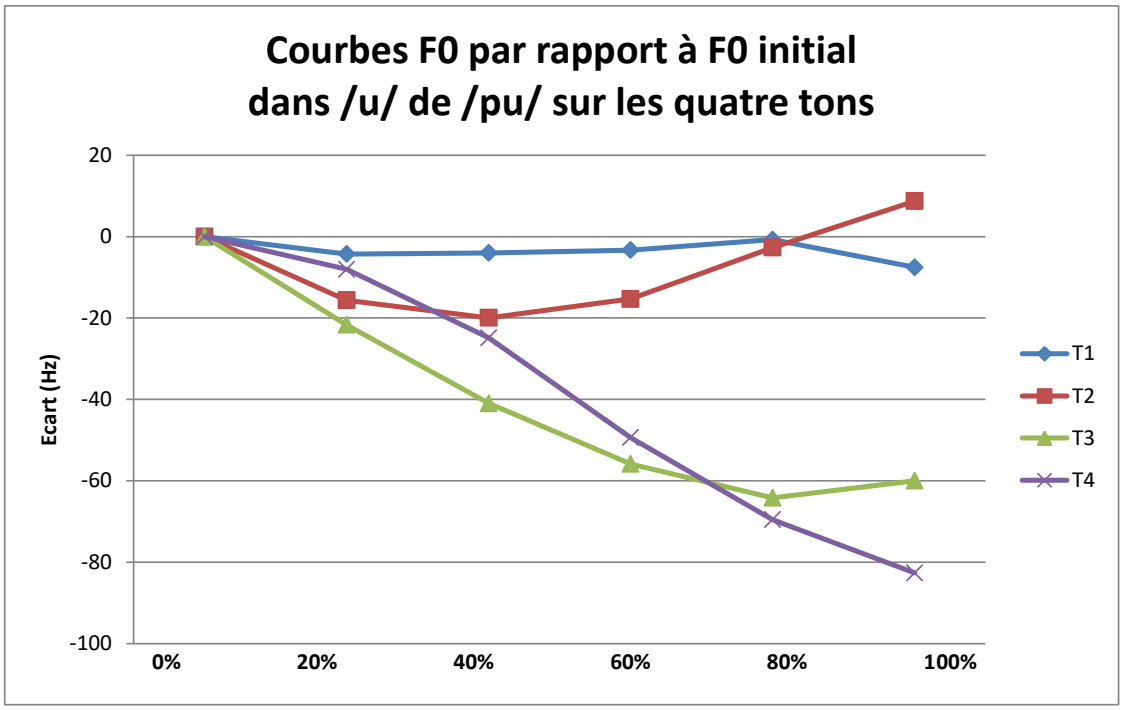


Figure 61 : Courbes F0 du /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des décalages entre F0 initial et F0 des autres phases, normalisées au niveau du temps.

La figure 62 montre la hauteur mélodique de F0 en fonction du ton dans /pu/, sur l'échelle de demi-tons. Dans cette figure, nous avons remarqué que les courbes s'inscrivent dans une étendue à 12 demi-tons (équivalente à une octave). La courbe T1 débute à 16,5 St et s'étend entre 16 et 16,5 St dans toutes les phases de la voyelle /u/. La courbe T4, avec son début à 17,5 St, présente une forme descendante qui arrive à environ 11 St à la fin de la voyelle. Les courbes T2 et T3 commencent à des valeurs proches, celle de T2 à 12 St et celle de T3 à environ 13 St. La courbe T2 descend jusqu'à environ 10 St à 40% de la voyelle et remonte à 13 St. En revanche, la courbe T3 descend à 6,5 St vers 80% de la voyelle et remonte vers 7 St à 100% de la voyelle. Ces variations sur l'échelle de demi-tons s'inscrivent à peine au cadre à 5 partitions que Chao (1930) propose.

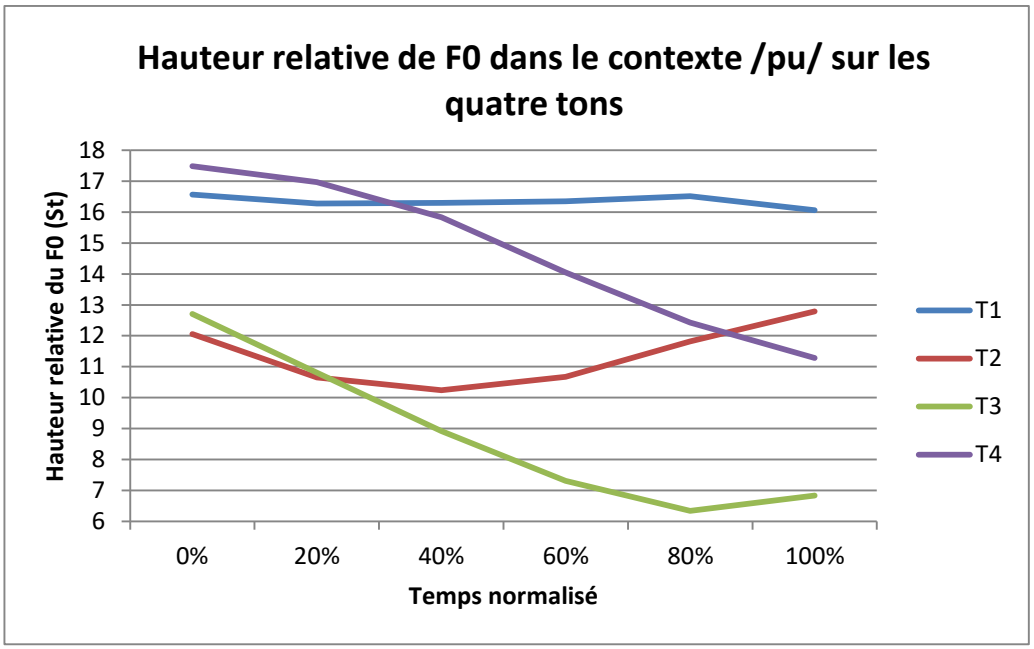


Figure 62 : Hauteur relative de F0 (par rapport à un son à 100 Hz) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale.

Une analyse *One-Way ANOVA* de la variation de F0 sur les quatre tons, effectuée avec *ton* comme facteur analysé et *sujet* comme variable aléatoire, montre que le ton a un effet significatif sur F0 ($F(3, 312) = 20{,}53$, $p < 0{,}0001$).

Tableau 53 : Significativité des variations de F0 entre les tons en voix modale, dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pu/.

0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
T1		***	***	ns	T1		***	***	ns	T1		***	***	ns
T2			ns	***	T2			ns	***	T2			ns	***
T3				***	T3				***	T3				***
T4					T4					T4				

60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
T1		***	***	***	T1		***	***	***	T1		***	***	***
T2			***	***	T2			***	ns	T2			***	*
T3				***	T3				***	T3				***
T4					T4					T4				

* = $p \leq 0{,}05$
** = $p \leq 0{,}01$
*** = $p \leq 0{,}001$
ns = $p > 0{,}05$

Le tableau 53 présente davantage de détails de cette analyse *ANOVA*, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs.

En observant ce tableau, nous avons remarqué que les divergences significatives de F0 entre les tons se trouvent dans toutes les phases. Plus précisément, entre les tons en contraste [+/-U] (c'est-à-dire entre T1 et T2, et entre T3 et T4), les différences au niveau de F0 sont significatives dans toutes les phases de la voyelle /u/ ($p < 0{,}001$). Entre les tons en contraste [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4, et entre T2 et T3), les différences au niveau de F0 sont significatives entre 60% et 100% de la voyelle ($p < 0{,}001$). Quant aux tons en contraste avec les deux types de traits (c'est-à-dire entre T1

et T3, et entre T2 et T4), les différences au niveau de F0 entre T1 et T3 sont significatives dans toutes les phases de la voyelle /u/ ($p < 0{,}001$) tandis que celles entre T2 et T4 sont significatives entre 0% et 60% de la voyelle, ainsi qu'à 100% de la voyelle.

6.4. Comparaison des variations de F0 en voix modale dans les contextes /pa/ /pi/ /pu/

Dans l'étude de la variation de F0, nous avons effectué des analyses sur l'effet du contexte.

Les résultats de ces analyses montrent que la variation de F0 a peu de corrélations avec le contexte syllabique. La figure 63 illustre les courbes F0 dans les trois contextes sur le même plan et ce, sur les quatre tons. En observant cette figure, nous avons remarqué que dans chaque partie de la figure, sur le même plan F0-temps normalisé, les courbes F0 dans les trois contextes ne présentent pas de différence remarquable entre elles, ni au niveau de la valeur ni au niveau de la forme.

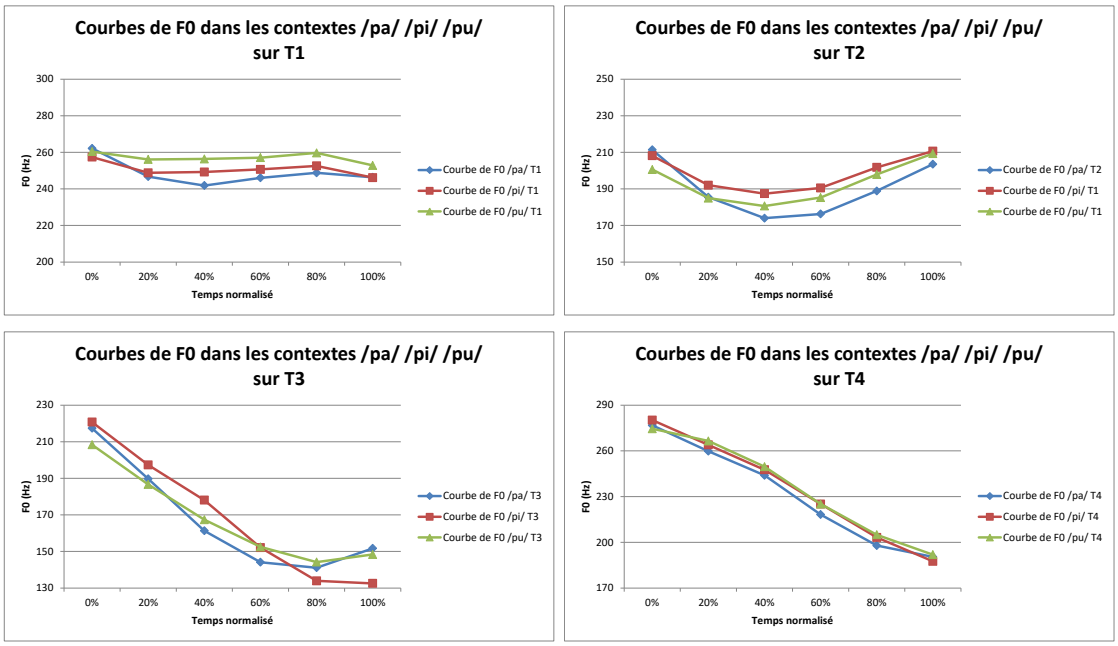


Figure 63 : Comparaison des courbes F0 dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ sur chaque ton en voix modale.

Les analyses *Two-Way ANOVA* ont été effectuées sur l'ensemble des valeurs de F0 dans les trois contextes, avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés et avec *sujet* comme variable aléatoire. Les résultats de ces analyses confirment ce que nous avons observé dans la figure 63.

Tableau 54 : Significativité de l'effet du contexte sur les variations de F0 des timbres en voix modale.

	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu		Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
0%	T1	ns	ns	ns	60%	T1	ns	ns	ns
	T2	ns	ns	ns		T2	ns	ns	ns
	T3	ns	ns	ns		T3	ns	ns	ns
	T4	ns	ns	ns		T4	ns	ns	ns
20%	**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**	80%	**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
	T1	ns	ns	ns		T1	ns	ns	ns
	T2	ns	*	ns		T2	ns	ns	ns
	T3	ns	**	ns		T3	ns	ns	ns
	T4	ns	*	ns		T4	ns	ns	ns
40%	**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**	100%	**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
	T1	ns	ns	ns		T1	ns	ns	ns
	T2	ns	ns	ns		T2	ns	ns	ns
	T3	*	ns	ns		T3	*	ns	ns
	T4	ns	ns	ns		T4	ns	ns	ns

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Le tableau 54 montre la significativité des divergences à F0 entre les contextes /pa/ /pi/ /pu/ dans ces analyses *ANOVA*. Ce tableau montre davantage de détails dans l'insensibilité de la variation de F0 au contexte. Selon ce tableau, l'effet du contexte se manifeste plutôt entre /pa/ et /pi/, ainsi qu'entre /pa/ et /pu/, alors qu'entre /pi/ et /pu/, les différences au niveau de F0 ne sont pas significatives. Entre /pa/ et /pi/, les différences significatives au niveau de F0 n'apparaissent que sur T3 à 40% et à 100% du timbre vocalique. Entre /pa/ et /pu/, les différences significatives au niveau de F0 se trouvent seulement à 20% du timbre vocalique et ce, sur T2, T3 et T4.

6.5. Synthèse analytique des résultats de la variation de F0

Dans cette étude de la variation de F0, nous avons effectué les analyses sur deux dimensions principales : le ton et le contexte syllabique. F0 ne pouvant être ni mesuré ni estimé dans notre cherche, ainsi nous n'avons pas pu effectuer d'analyses au niveau du mode de phonation. De toute manière, le mode de phonation dans notre recherche a un effet critique sur F0.

Dans les analyses de l'effet du ton sur F0, nous avons remarqué, bien entendu, que le ton influence radicalement la variation de F0. Plus précisément, cette influence du ton inclut les effets des traits tonals [+/-U] et [h/l]. Les traits [+/-U], font séparer deux registres dans l'étendue mélodique où les courbes F0 s'inscrivent. Les traits [h/l] font séparer encore deux sous-registres à l'intérieur de chaque registre défini par le trait [U]. L'effet des traits [+/-U] se manifeste dans toutes les phases de la courbe F0 tandis

que l'effet des traits [h/l] nous semble apparaître à partir de 60% de la courbe (*cf.* Figures 54, 57 et 60, Tableaux 51-53).

En revanche, les courbes F0 observées ne correspondent pas parfaitement aux contours tonals prescrits ([fall/rise/even]), surtout celle de T2 (*cf.* Figures 55, 58 et 61). Si T2 se transcrit avec le trait de contour [fall], la partie descendante dans la courbe T2 doit donc être non-phonologique. Nous nous demanderons pour quelle raison une phase non-phonologique aussi importante au niveau temporel ne s'observe pas dans les courbes des autres tons. De plus, nous avons constaté, en exprimant la hauteur de F0 en demi-ton, que le système de transcription tonal à 5 partitions de Chao (1930) s'adapte à l'interprétation des courbes de F0 dans notre recherche. Plus précisément, nous avons remarqué que dans les trois contextes, les courbes F0 sur les quatre tons s'inscrivent dans une étendue mélodique équivalente à une octave. Pourtant, il est difficile de définir 5 partitions dans cette étendue, celles qui peuvent correspondre aisément aux débuts et aux fins des courbes, comme ce qui est transcrit dans le système de Chao (*cf.* Figures 56, 59 et 62).

Il est important de remarquer ici que les trait [h/l], que nous mentionnons tout au long de notre recherche, renvoient seulement aux cibles tonales à la fin du ton. En fait, il n'est pas impossible, d'après ce que nos données montrent, que des cibles tonals existent au début du ton, celles qui pourraient se transcrire comme [H/L], par exemple. Pourtant, nous n'avons pas l'intention d'aborder la problématique de la cible tonale dans le début du ton dans notre recherche, et ce pour deux raisons principales. L'une est que notre recherche se déroule principalement dans le domaine de l'acoustique, et que l'emploi d'un système binaire HL pourrait faire confondre les propriétés acoustiques auxquelles les traits HL correspondent au début et à la fin du ton (sachant qu'elles peuvent être très différentes les unes des autres entre le début et à la fin du ton). La deuxième raison est liée à une question de commodité. Nos figures des courbes F0 montrent que les deux tons qui ont le même trait [U] commencent à des valeurs de F0 très proches (*cf.* Figures 54, 56, 57, 59, 60 et 62). Ainsi, même si une cible tonale se définit au début du ton, sa valeur est subordonnée à la valeur du trait [U]. C'est-à-dire que pour les tons au trait [+U], la cible tonale au début du ton est [H], et pour les tons au trait [-U], la cible tonale au début du ton est [L]. Dans ce sens-là, nous ne voyons pas l'intérêt de définir une cible tonale pour le début du ton qui

pourrait alourdir la transcription du ton. Cependant, nous ne contestons pas l'existence d'une cible dans le début du pitch tonal.

Tableau 55 : Synthèse de l'effet du ton sur la variation de F0 dans les contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale.

Facteur *le ton*	Phase						
sur	0%	20%	40%	60%	80%	100%	* = p ≤ 0,05
F0 dans /pa/	***	***	***	***	***	***	** = p ≤ 0,01
F0 dans /pi/	***	***	***	***	***	***	*** = p ≤ 0,001
F0 dans /pu/	***	***	***	***	***	***	ns = p > 0,05

Le tableau 55 présente une synthèse de l'effet du ton sur la variation de F0 dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale. Ce tableau montre que dans tous les contextes, l'effet du ton est significatif dans toutes les phases de la voyelle ($p < 0,0001$).

Au niveau du contexte, nos analyses montrent plus ou moins une insensibilité de la variation de F0 au contexte (*cf.* Figure 63, Tableau 54). Plus précisément, l'effet du contexte se manifeste entre /pa/ et /pi/, ainsi qu'entre /pa/ et /pu/, mais pas entre /pi/ et /pu/ (*cf.* Tableau 54).

La similarité au niveau de la sensibilité au ton entre /i/ et /u/ nous fait supposer donc que dans la production de ces deux voyelles, la position du larynx connaîtrait des modifications similaires. Le larynx se situe probablement plus haut qu'une position neutre. Cette supposition serait attribuable à une position comparable du dos de la langue lors de la réalisation de ces deux voyelles. Cela devrait s'observer en voix modale ainsi qu'en voix chuchotée, si nous en faisons une étude articulatoire.

Tableau 56 : Synthèse de l'effet du contexte sur la variation de F0 sur les quatre tons en voix modale.

Facteur *le contexte*	Phase						
sur	0%	20%	40%	60%	80%	100%	
T1	ns	*	*	ns	ns	ns	* = p ≤ 0,05
T2	ns	*	ns	ns	ns	ns	** = p ≤ 0,01
T3	***	***	*	ns	ns	*	*** = p ≤ 0,001
T4	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns = p > 0,05

La synthèse de l'effet du contexte sur la variation de F0 est présentée dans le tableau 70. D'après les résultats qui figurent dans ce tableau, l'effet du contexte se manifeste entre 0% et 40% du timbre vocalique, ainsi qu'à la fin du timbre vocalique. Par ailleurs, l'effet du contexte est davantage significatif sur T3 entre 0% et 20% du timbre

vocalique, et sur T4 à 0% du timbre vocalique ($p < 0,001$). En outre, sur T1, l'effet du contexte est significatif entre 20% et 40% du timbre vocalique alors que sur T2, il est significatif seulement à 20% du timbre vocalique ($p < 0,05$).

Nous arrivons ainsi à la conclusion que F0 subit une influence importante du ton, et que cette influence se manifeste dans tous les contextes étudiés.

Nos analyses des variations de F0 en fonction du ton montrent un pattern de corrélations positives entre la valeur de F0 et les traits tonals binaires [+/-U] et [h/l]. Un pitch tonal haut (apparu dans [+U] et dans [h]) correspond à un F0 élevé alors qu'un pitch tonal bas (apparu dans [-U] et dans [l]) correspond à un F0 bas. Plus précisément, dans le début du segment vocalique, les valeurs de F0 sur les tons au même trait de registre ([+/-U]) sont proches les unes des autres ; à partir de 60% du segment normalisé au niveau du temps, l'effet des cibles tonals [h/l] commence à se manifester dans la variation de F0. Malgré des différences interindividuelles, nous trouvons que la variation de F0 dans la production de nos sujets s'adapterait aisément aux modèles tonals aux traits binaires, mais moins à la description sur les 5 partitions ou aux traits à contour prescrits ([fall/rise/even]).

7 Étude du niveau de l'intensité

Dans ce chapitre, nous analyserons la variation du niveau de l'intensité sonore des timbres vocaliques dans les trois contextes syllabiques /pa/ /pi/ /pu/ portant les quatre tons et ce, en voix modale et en voix chuchotée. De par l'exploitation des courbes de la variation de l'intensité, celles définies selon les niveaux d'intensité mesurés à 0%, 20%, 40%, 60%, 80% et 100% de la voyelle et normalisées au niveau du temps, nous tenterons d'analyser l'éventuelle corrélation entre le niveau de l'intensité et les traits tonals.

Le niveau de l'intensité nous intéresse pour plusieurs raisons. Premièrement, dans la littérature, nous supposons que la courbe de l'intensité est capable d'indiquer le contour du pitch, surtout dans un discours chuchoté (*cf.* Section 3.1.). Deuxièmement, dans la perception, le niveau de l'intensité est corrélé au seuil d'audition et ainsi peut influencer le résultat de perception (*cf.* Section 3.2.). Troisièmement, l'intensité reflète le différentiel transglottique de pression. Pour une raison aérodynamique, le niveau de l'intensité devrait connaître naturellement une phase d'augmentation suivie par une phase de déclinaison durant la production de la voyelle. Toutefois, si nous observions des patterns de variation au niveau de l'intensité lorsque le ton varie, qui pourraient être similaires ou différents aux deux modes de phonation, nous pourrions suggérer par conséquent que les indices tonals perceptibles sont conservés dans la courbe de l'intensité.

D'ailleurs, dans notre étude sur la voix chuchotée, l'enveloppe de l'amplitude du bruit de bande ne sera pas concernée, malgré le fait qu'elle représente aussi l'aspect de variation énergique dans la modulation. Cela est dû au fait que la modulation en amplitude dans les signaux n'est pas régulière et peut être négligée lorsque la bande est assez étroite. Par ailleurs, la contribution de l'enveloppe d'amplitude à la perception du pitch est assez limitée (*cf.* Section 3.2).

Dans le cadre de cette thèse, nous émettons les hypothèses suivantes sur la corrélation entre la divergence au niveau de l'intensité et le ton et le mode de phonation :

- *Hypothèse 4* : en raison de faibles activités biomécaniques au niveau glottique en voix chuchotée, nous observerions davantage de divergences dans la courbe de l'intensité en fonction du ton en voix modale, par rapport à la voix

chuchotée. Il y aurait plus de possibilité de déduire, à partir des courbes de l'intensité en voix modale, des patterns qui manifestent les effets des deux types de traits tonals binaires ([+/-U] et [h/l]), comme ceux que nous avons observés dans la variation de F0.

- *Hypothèse 5* : pour indiquer le ton, le niveau de l'intensité devrait être en corrélation étroite avec le pitch tonal ou avec les traits tonals. C'est-à-dire qu'un niveau haut de l'intensité correspondrait à un pitch haut/à une cible haute, et *vice versa*.

En mettant ces hypothèses à l'épreuve, nous analyserons l'ensemble des données au niveau du contexte syllabique, et effectuerons une comparaison de nos résultats. Une synthèse analytique des résultats sera présentée à la fin de ce chapitre.

7.1. La variation du niveau de l'intensité : le cas de /a/ dans /pa/ dans les deux modes de phonation

Dans l'objectif d'étudier l'existence éventuelle d'indices tonals dans la variation du niveau de l'intensité (*NI*), nous avons défini les courbes du NI relatif dans Excel, celles qui reposent sur les Moy Inter des décalages entre le NI initial (0%) et celles des autres phases de /a/.

La figure 64 illustre les courbes du NI absolu de /a/ sur les quatre tons, normalisées au niveau du temps en voix modale (marquées en couleurs foncées) et en voix chuchotée (marquées en couleurs claires). Elles sont définies à partir des Moy Inter du NI. L'observation de cette figure nous fait remarquer que les courbes en voix modale sont situées plus haut au long de l'échelle des valeurs que celles en voix chuchotée. Cela nous indique qu'en voix modale, quel que soit le ton concerné, le NI de la voyelle /a/ est toujours supérieur à celui en voix chuchotée. Nous trouvons d'ailleurs que les courbes en voix modale s'inscrivent dans une étendue d'environ 20 dB, et les différences entre les courbes au niveau de la forme sont relativement importantes dans ce mode de phonation. En voix chuchotée, les courbes s'inscrivent dans une étendue de 15 dB, et leurs différences de forme sont moins importantes par rapport à la voix modale.

Suite à la comparaison des courbes du NI, nous avons déduit un pattern que ces courbes respectent et conservent malgré le mode de phonation employé. Dans ce pattern, T1 et T4, qui sont au trait [+U], sont liés aux NI similaires à 20% de la voyelle

alors que dans la même phase, T2 et T3, qui sont au trait [-U], sont liés aux NI plus bas que ces premiers. Cette tendance de distinction entre les courbes en fonction des traits [+/-U] persiste dans toutes les phases de la voyelle. Dans la phase 80% de la voyelle, le NI de T1 se distingue de celui de T4, étant plus élevé que ce dernier tandis que le NI de T2 se distingue de celui de T3, étant plus élevé que ce dernier. Dans la même phase, T1 et T2, qui sont au trait [h], ont tendance à être liés à des NI similaires tandis que T3 et T4, qui sont au trait [l], ont tendance à être liés à des NI similaires. Les NI de T3 et T4 dans cette phase sont plus bas que les NI de T1 et de T2.

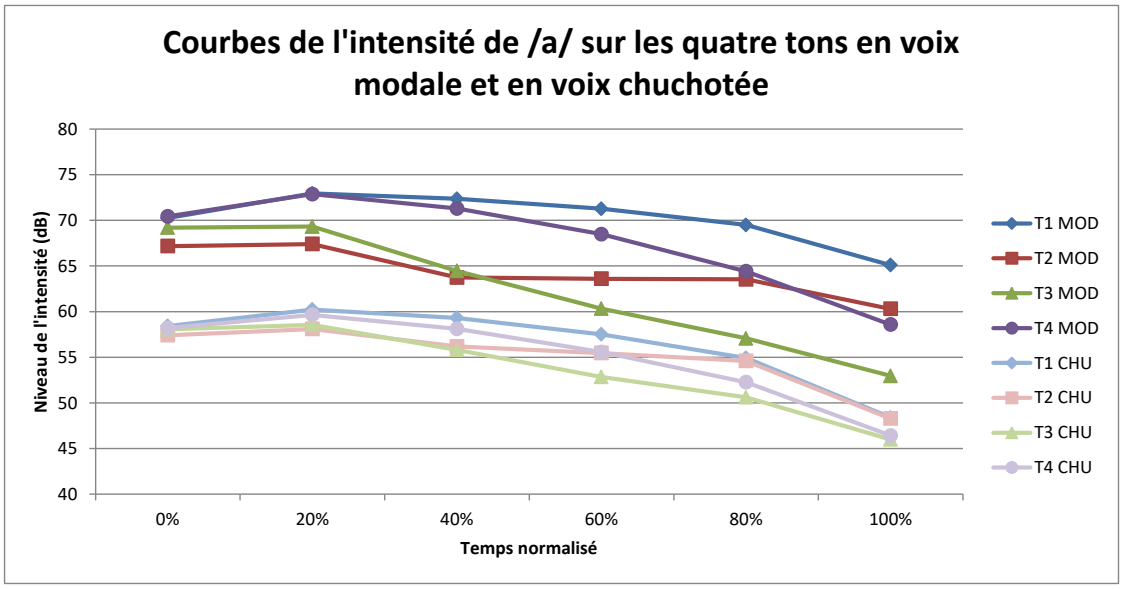


Figure 64 : Courbes du niveau de l'intensité de /a/ normalisées au niveau du temps, dans /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée, définies à partir des moyennes interindividuelles du niveau de l'intensité.

Les figures 65 et 66 illustrent respectivement les courbes du NI relatif dans /a/ en voix modale et celles en voix chuchotée. Elles nous permettent d'observer plus directement les contours de variation du NI.

Dans la figure 65 qui présente les courbes du NI relatif en voix modale, nous avons remarqué que les courbes du NI de T1 et de T4 atteignent leur sommet à 20% de la voyelle, ensuite chutent en arrivant à différents niveaux vers la fin de la voyelle. La courbe T1 termine à un niveau plus haut, -5 dB par rapport au NI initial, et la courbe T4 à un niveau plus bas, -12 dB par rapport au NI initial). Par ailleurs, nous avons observé les courbes T2 et T3 stagnantes entre 0% et 20% de la voyelle, maintenues au même niveau que le NI initial. Ces deux courbes descendent à partir de 20% de la voyelle, arrivant à différents niveaux vers la fin de la voyelle. C'est-à-dire que la

courbe T2 termine au niveau -6 dB par rapport au NI initial, et la courbe T3 au niveau -16 dB par rapport au NI initial. En général, en voix modale, nous constatons que toutes les courbes ont une forme naturellement descendante entre 20% et 100% de la voyelle, à l'exception de la courbe T2 qui connaît une stagnation située entre 40% et 80% de la voyelle.

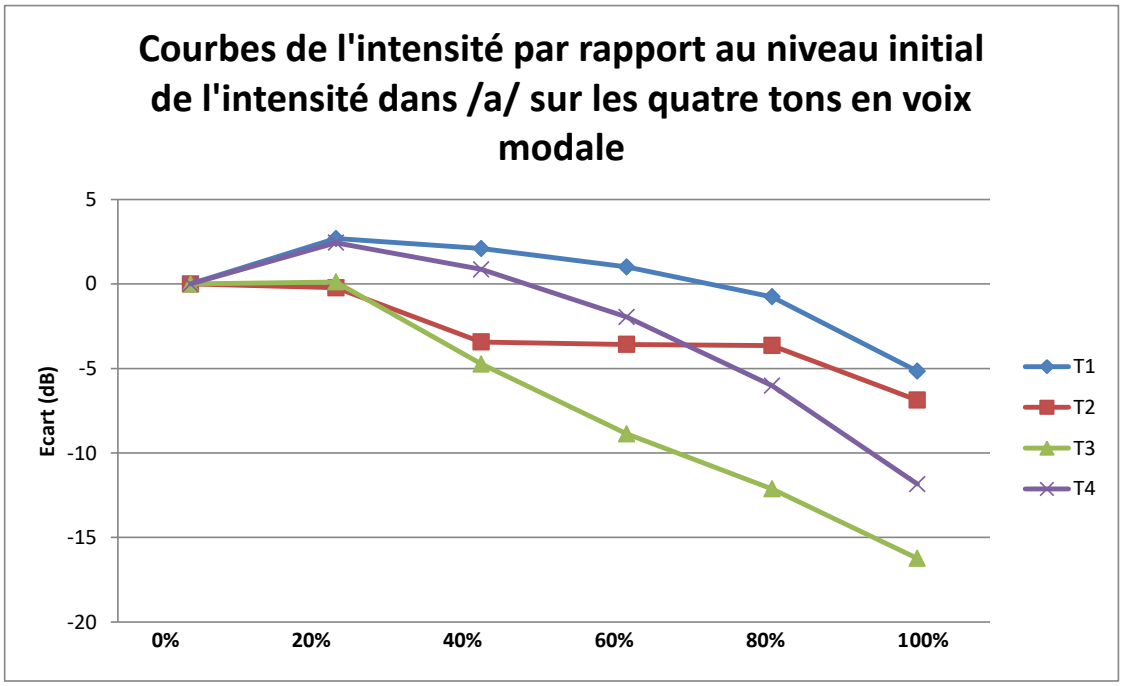


Figure 65 : Courbes du niveau de l'intensité de /a/ par rapport au niveau initial de l'intensité dans /pa/ sur les quatre tons en voix modale.

La figure 66 illustre des tendances suivantes dans la variation du NI relatif en voix chuchotée : d'un côté, les courbes T1 et T4 atteignent leur sommet à 20% de la voyelle et ensuite baissent graduellement à deux niveaux légèrement différents l'un de l'autre à la fin de la voyelle : la courbe T1 finit à un niveau relativement élevé (-10 dB par rapport au NI initial), et la courbe T4 à un niveau plus bas (-12 dB par rapport au NI initial). D'un autre côté, les courbes T2 et T3 atteignent leur sommet (qui est légèrement plus bas que le sommet de T1 et de T4) à 20% de la voyelle et continuent à descendre, cheminant à différents niveaux vers la fin de la voyelle. La fin de la courbe T2 est plus haute que les fins des autres courbes au niveau de la valeur tandis que la fin de la courbe T3 est plus basse que les fins des autres courbes. La courbe T2 est à -9 dB par rapport au NI initial, et la courbe T3 est à -12 dB par rapport au NI initial. Nous en déduisons ainsi qu'en voix chuchotée, toutes les courbes présentent une forme descendante entre 20% et 100% de la voyelle, à l'exception de la courbe T2 qui connaît une quasi-stagnation entre 40% et 80% de la voyelle.

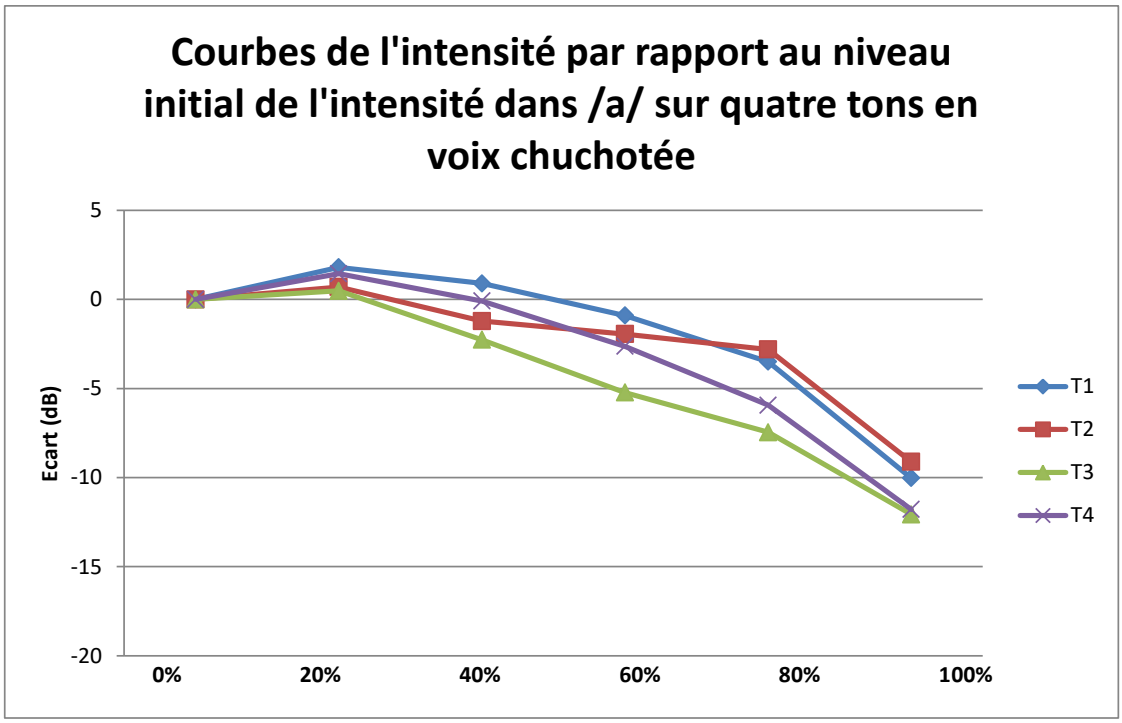


Figure 66 : Courbes de l'intensité de /a/ par rapport au niveau initial de l'intensité dans /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée.

Des analyses *Two-Way ANOVA* ont été effectuées sur les divergences au NI dans chaque phase de la voyelle /a/, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire.

Tableau 57 : Significativité des effets du ton et du mode de phonation sur le niveau de l'intensité dans chaque phase de la voyelle /a/, normalisé au niveau du temps.

Facteur	Phase					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Le mode de phonation	***	***	***	***	***	***
Le ton	ns	***	***	***	***	***

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Le tableau 57 présente les résultats de ces analyses *ANOVA*. Il montre que le facteur *mode de phonation* a un effet significatif sur le NI dans l'ensemble du timbre de /a/ ($p < 0,0001$) tandis que le facteur *ton* a un effet significatif sur le NI à partir de 20% de la voyelle ($p < 0,0001$).

Tableau 58 : Significativité dans les divergences au niveau de l'intensité entre les tons en voix modale, dans le contexte /pa/, normalisé au niveau du temps.

0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
T1		*	ns	ns	T1		***	**	ns	T1		***	***	ns
T2			ns	*	T2			ns	***	T2			ns	***
T3				ns	T3				**	T3				***
T4					T4					T4				

60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
T1		***	***	*	T1		***	***	***	T1		***	***	***
T2			**	***	T2			***	ns	T2			***	ns
T3				***	T3				***	T3				***
T4					T4					T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Nous sommes particulièrement intéressée par l'effet du ton sur les divergences du NI. Le tableau 58 montre davantage de détails de l'effet du ton sur les divergences au NI dans /pa/ en voix modale. Dans ce tableau, les différents types de contrastes tonals sont représentés par différentes couleurs. Entre chaque paire de tons dans la comparaison, les contrastes du trait [U] sont marqués en rose, les contrastes du trait [h/l] sont marqués en vert et les contrastes qui incluent les deux types de trait sont marqués en violet. Cela, dans l'objectif d'avoir une vision plus claire sur les rapports entre les divergences significatives et les types de trait tonal concernés.

L'observation de ce tableau nous permet de constater que dans ce contexte en voix modale, lorsque le ton varie, la majorité des divergences observées au NI sont significatives. Entre les tons qui sont en contraste du trait [U] (c'est-à-dire entre T1 et T2 et entre T3 et T4), les divergences sont significatives dans toutes les phases de la voyelle /a/. En revanche, entre les tons qui sont en contraste du trait [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4 et entre T2 et T3), les divergences au NI sont moins souvent significatives. Plus précisément, ces dernières sont significatives entre 60% et 100% de la voyelle. Entre les tons qui sont en deux types de contrastes (c'est-à-dire entre T1 et T3 et entre T2 et T4), les divergences au NI entre T1 et T3 sont significatives à partir de 20% de la voyelle alors que celles entre T2 et T4 sont significatives entre 0% et 60% de la voyelle.

Tableau 59 : Significativité dans les divergences au niveau de l'intensité entre les tons en voix chuchotée, dans le contexte /pa/, normalisé au niveau du temps.

0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		*	*	ns
T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
T3				ns	T3				ns	T3				ns
T4					T4					T4				

60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
T1		ns	***	ns	T1		ns	***	**	T1		ns	*	ns
T2			*	ns	T2			***	*	T2			*	ns
T3				*	T3				ns	T3				ns
T4					T4					T4				

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Le tableau 59 montre davantage de détails de l'effet du ton sur les divergences au NI dans /pa/ en voix chuchotée, données par les analyses *One-Way ANOVA* (effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire). Dans ce tableau comme dans le tableau 58, les différents types de contrastes tonals sont représentés par différentes couleurs afin d'avoir une vision claire sur les relations entre les divergences significatives et les types de trait tonal concernés.

En observant ce tableau, nous avons constaté que dans ce contexte en voix modale, lorsque le ton varie, peu de divergences significatives ont été observées au NI. Elles se trouvent d'ailleurs à partir de 40% de la voyelle. Entre les tons qui sont en contraste du trait [U] (c'est-à-dire entre T1 et T2 et entre T3 et T4), les divergences significatives au niveau de l'intensité entre T1 et T2 se trouvent uniquement à 40% de la voyelle alors que celles entre T3 et T4 se trouvent à 60% de la voyelle. En revanche, entre les tons qui sont en contraste du trait [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4 et entre T2 et T3), les divergences au NI entre T2 et T3 sont significatives entre 60% et 100% de la voyelle alors que celles entre T1 et T4 sont significatives seulement à 80% de la voyelle. Quant aux tons en contraste avec les deux types de traits (c'est-à-dire entre T1 et T3 et entre T2 et T4), les divergences au NI entre T1 et T3 sont significatives entre 40% et 100% de la voyelle tandis que les divergences au NI entre T2 et T4 sont significatives seulement à 80% de la voyelle.

La figure 67 présente les corrélations entre le niveau de l'intensité et F0 dans les deux modes de phonation dans ce contexte, avec des valeurs distribuées sur un plan NI-F0. L'observation de cette figure nous amène à constater que dans les deux modes de phonation, les corrélations entre le niveau de l'intensité et F0 semblent positives et

linéaires. Pourtant, la valeur de R^2 de la courbe de tendance linéaire en voix modale est de 0,6476, plus élevée que celle en voix chuchotée qui est de 0,2369. En d'autres termes, les corrélations NI-F0 sont plus ou moins fortes en voix modale alors que celles en voix chuchotées sont des corrélations faibles. Cela reflète qu'en voix modale, les courbes de l'intensité ont plus de possibilité d'être prises comme des « indices secondaires » du pitch tonal dans la perception ; alors qu'en voix chuchotée, leur potentialité d'être « indices tonals secondaires » est à remettre en cause.

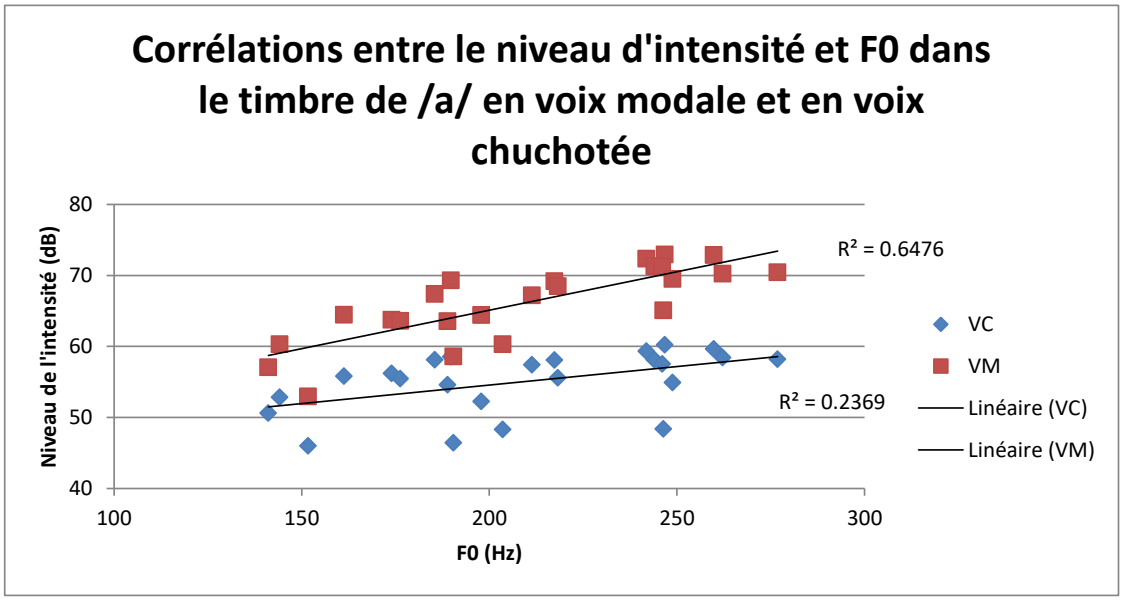


Figure 67 : Les corrélations entre le niveau de l'intensité et F0 dans le timbre de /a/ en voix modale et en voix chuchotée, avec l'effet du ton neutralisé

7.2. La variation du niveau de l'intensité : le cas de /i/ dans /pi/ dans les deux modes de phonation

Dans l'étude de l'effet du ton sur le NI dans ce contexte, la même méthodologie a été appliquée ici, comme dans la section précédente.

La figure 68 illustre une comparaison entre les courbes du NI absolu de /i/ en voix modale et celles en voix chuchotée. Nous avons remarqué, dans cette figure, que les courbes en voix modale sont situées plus haut, sur l'échelle des valeurs, que les courbes en voix chuchotée. Cela signifie que le NI de /i/ en voix modale est toujours supérieur à celui en voix chuchotée. La variation du ton semble avoir peu d'effet sur cet écart entre les courbes.

Nous avons également remarqué que les courbes du NI en voix modale s'étendent dans une zone qui couvre environ 16 dB. A l'intérieur de cette étendue, les différences

de forme entre les courbes sont relativement importantes. En voix chuchotée, les courbes se limitent à une étendue de 14 dB. De plus, leurs différences de forme sont moins remarquables.

Suite à la comparaison de ces courbes, nous avons déduit un pattern de variation du NI en fonction du ton. Ce pattern ignore la différence entre les deux modes de phonation. Dans ce pattern, T1 et T4, qui sont au trait [+U], sont liés aux NI similaires de 0% à 40% de la voyelle alors que dans la même phase, T2 et T3, qui sont au trait [-U], sont liés aux NI similaires. Les NI de T2 et de T3 dans cette phase sont plus bas que les NI de T1 et de T4. Cette tendance de distinction en fonction des traits [+/-U] persiste dans toutes les phases de la voyelle. À 80% de la voyelle, le NI de T1 se distingue de celui de T4, étant plus élevé que ce dernier, et le NI de T2 se distingue de celui de T3, étant plus élevé que ce dernier. Dans cette phase, T1 et T2, qui sont au trait [h], ont tendance à être liés aux NI similaires et ce, par rapport aux NI dans les autres phases. T3 et T4, qui sont au trait [l], ont tendance à être liés aux NI similaires et ce, par rapport aux NI dans les autres phases. En outre, nous avous remarqué que dans la même phase, c'est-à-dire à 80% de la voyelle, les NI de T3 et de T4 sont toutefois plus bas que les NI de T1 et de T2.

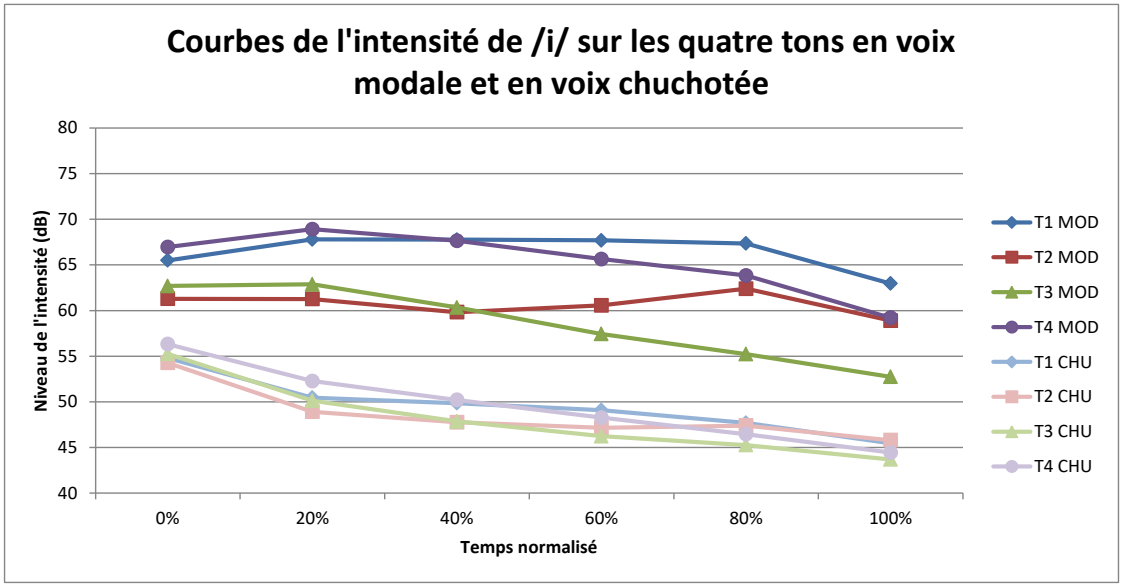


Figure 68 : Courbes du niveau de l'intensité de /i/ normalisées au niveau du temps, dans /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée, définies à partir des moyennes interindividuelles du niveau de l'intensité.

Dans la même étude, nous avons également défini les courbes du NI relatif selon les Moy Inter des décalages entre le NI initial (0%) et le NI des autres phases de /i/, sont illustrées respectivement dans les figures 58 et 59.

La figure 69 montre qu'en voix modale, les courbes du NI de T1 et de T4 atteignent leur sommet à 20% de la voyelle, avec la courbe T4 qui chute ensuite à un niveau bas (équivalent à -7 dB par rapport au NI initial) vers la fin de la voyelle. Quant à la courbe T1, elle est maintenue au même niveau que celui de son sommet jusqu'à 80% de la voyelle, et connaît ensuite une chute à un niveau de -3 dB par rapport au NI initial. En même temps, nous avons observé les courbes T2 et T3 se maintenir au même niveau de 0% à 20% de la voyelle. Depuis 20% de la voyelle, la courbe T3 chute tout au long du timbre vocalique par atteindre un niveau très bas vers la fin, équivalent à -10 dB par rapport au NI initial. La courbe T2 connaît également une chute entre 20% et 40% de la voyelle et ensuite une ascension entre 40% et 80% de la voyelle, en arrivant à son sommet dans la phase de 80% de la voyelle, 2 dB plus haut que le NI initial. Elle rejoint la courbe T1 à la fin de la voyelle. De manière globale, les courbes présentent une forme naturellement descendante entre 20% et 100% de la voyelle /i/ en voix modale, à l'exception de la courbe T2. Cela n'est toutefois pas le cas en voix chuchotée.

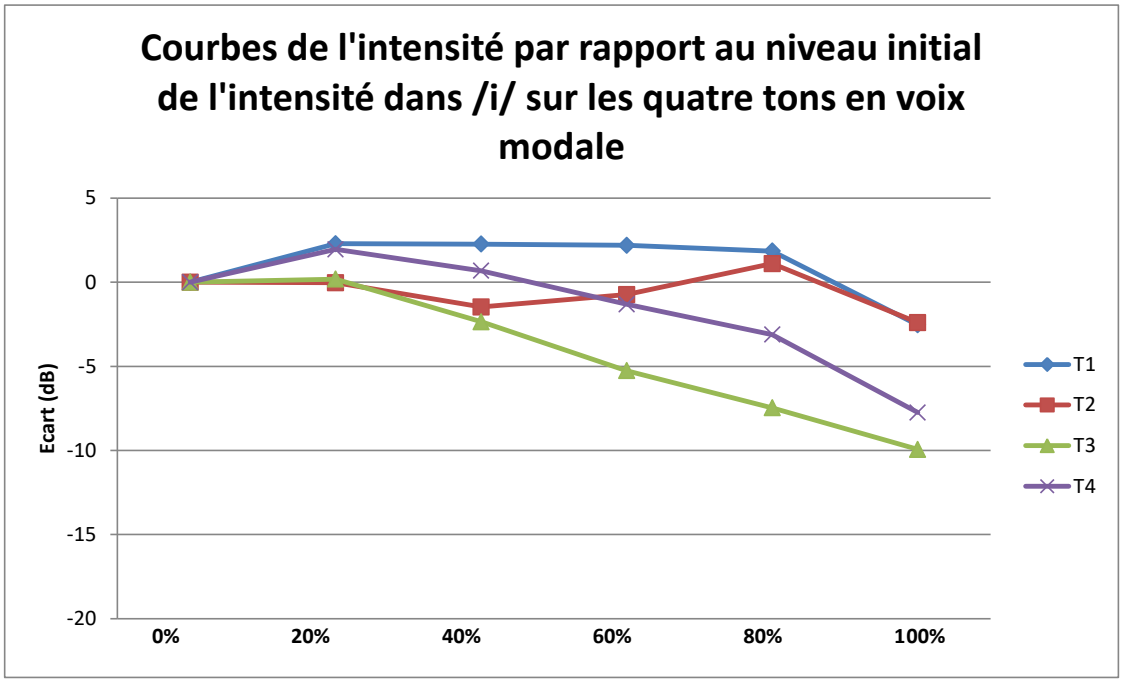


Figure 69 : Courbes de l'intensité de /i/ par rapport au niveau initial de l'intensité dans /pi/ sur les quatre tons en voix modale.

À partir de la figure 70 qui présente les courbes du NI relatif en voix chuchotée, nous avons observé que les courbes T1 et T4 chutent de 4 dB de 0% à 20% de la voyelle. À partir de 20% de la voyelle, cette chute continue et les courbes finissent par atteindre deux différents niveaux à la fin de la voyelle. La courbe T1 chute à -9 dB par rapport au NI initial et celle de T4 à -12 dB. Quant aux courbes T2 et T3, elles chutent de 5 dB de 0% à 20% de la voyelle et continuent de descendre de 20% à 100% de la voyelle cheminant à différents niveaux. Plus précisément, la fin de la courbe T2 est à -8 dB par rapport au NI initial et la courbe T3 à -12 dB. En général, en voix chuchotée, les courbes ont une forme naturellement descendante entre 20% et 100% de la voyelle, à l'exception de la courbe T2 qui remonte légèrement entre 60% et 80% de la voyelle.

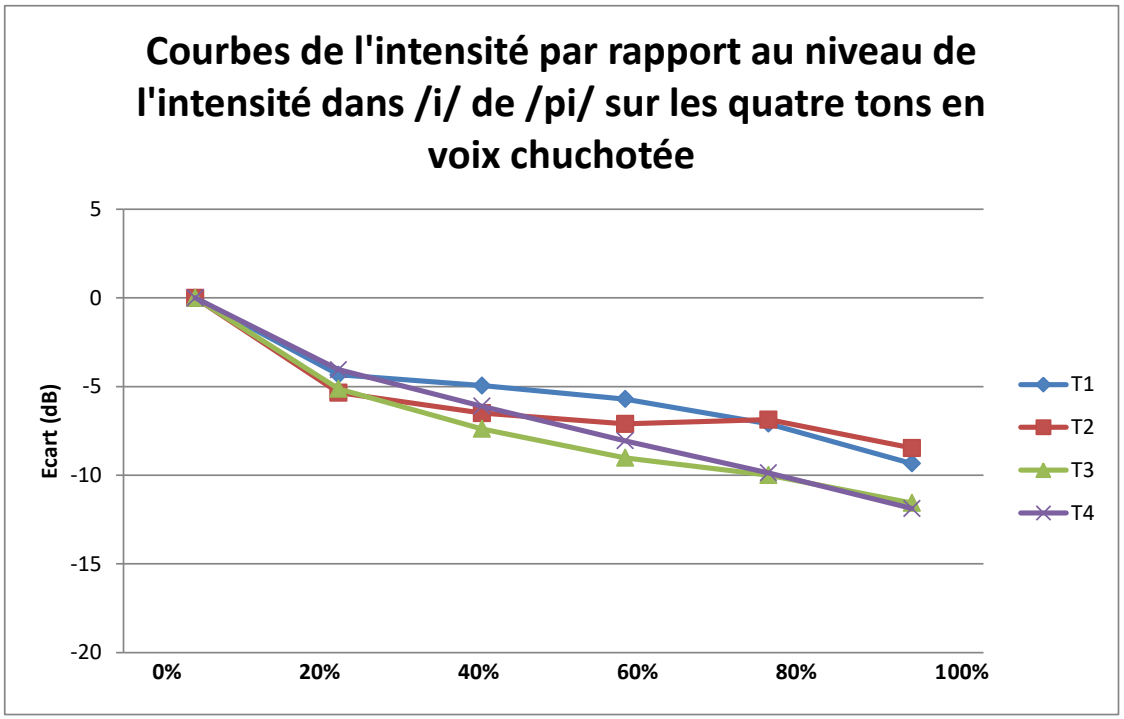


Figure 70 : Courbes de l'intensité de /i/ par rapport au niveau initial de l'intensité dans /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée.

Nous avons effectué, d'ailleurs, des analyses *Two-Way ANOVA* sur les divergences au NI dans chaque phase de la voyelle /a/, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire.

Tableau 60 : Significativité des effets du ton et du mode de phonation sur le niveau de l'intensité dans chaque phase de la voyelle /i/, normalisé au niveau du temps.

Facteur	Phase					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Le mode de phonation	***	***	***	***	***	***
Le ton	**	***	***	***	***	***

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Le tableau 60 présente les résultats de ces analyses *ANOVA*. Selon ce tableau, le facteur *mode de phonation* a un effet significatif sur le NI dans l'ensemble du timbre de /i/ ($p < 0,0001$). En outre, le facteur *ton* a également un effet sur le NI ($p = 0,0016$ à 0% de la voyelle, et $p < 0,0001$ entre 20% et 100% de la voyelle).

Tableau 61 : Significativité dans les divergences au niveau de l'intensité entre les tons en voix modale, dans le contexte /pi/, normalisé au niveau du temps.

0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
T1		**	ns	ns	T1		***	***	ns	T1		***	***	ns
T2			ns	***	T2			ns	***	T2			ns	***
T3				**	T3				***	T3				***
T4					T4					T4				

60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
T1		***	***	ns	T1		***	***	**	T1		***	***	***
T2			**	***	T2			***	ns	T2			***	ns
T3				***	T3				***	T3				***
T4					T4					T4				

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Concernant l'effet du ton sur NI, le tableau 61 en présente davantage de détails, et ce, dans /pi/ en voix modale. Les différents types de contrastes tonals sont représentés ici par différentes couleurs.

En observant ce tableau, nous avons pu constater que dans ce contexte en voix modale, lorsque le ton varie, la majorité des divergences observées au NI sont significatives. Entre les tons qui sont en contraste [+/-U] (c'est-à-dire entre T1 et T2, et entre T3 et T4), les divergences sont significatives dans toutes les phases de la voyelle /i/. Elles sont à un niveau supérieur de significativité à partir de 20% de la voyelle ($p < 0,0001$). En revanche, entre les tons qui sont en contraste [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4 et entre T2 et T3), les divergences sont moins souvent significatives. Plus précisément, les divergences au NI entre T2 et T3 sont significatives entre 60% et 100% de la voyelle alors que les divergences au NI entre T1 et T4 sont significatives entre 80% et 100% de la voyelle. Quant aux tons en contraste avec les deux types de traits (c'est-à-dire entre T1 et T3 et entre T2 et T4), les divergences au NI entre T1 et T3 sont significatives à partir de 20% de la voyelle tandis que les divergences au NI entre T2 et T4 sont significatives entre 0% et 60% de la voyelle.

Tableau 62 : Significativité dans les divergences au niveau de l'intensité entre les tons en voix chuchotée dans le contexte /pi/, normalisé au niveau du temps.

0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns	T2			ns	*	T2			ns	ns
T3				ns	T3				ns	T3				ns
T4					T4					T4				

60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
T1		ns	*	ns	T1		ns	*	ns	T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
T3				ns	T3				ns	T3				ns
T4					T4					T4				

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Le tableau 62 présente l'effet du ton sur NI dans /pi/ en voix chuchotée, avec les différents types de contrastes tonals représentés par différentes couleurs. Ce tableau repose sur les analyses *One-Way ANOVA* du NI effectuées avec *ton* comme facteur analysé et *sujet* comme variable aléatoire.

Ce tableau nous amène à constater que, dans ce contexte en voix chuchotée, lorsque le ton varie, peu de divergences au NI sont significatives. Les divergences significatives en fonction du ton apparaissent davantage entre les tons en contraste avec les deux types traits (c'est-à-dire entre T1 et T3, et entre T2 et T4). Plus précisément, les divergences entre T1 et T3 sont significatives entre 60% et 80% de la voyelle /i/ tandis que celles entre T2 et T4 sont significatives seulement à 20% de la voyelle.

Selon les résultats de l'analyse des corrélations entre le niveau de l'intensité et F0, dans ce contexte, les corrélations NI-F0 sont positives, toutefois à différents niveaux de linéarité dans les deux modes de phonation. Les corrélations sont comme celles illustrées dans la figure 71. À partir de cette figure, nous constatons que la valeur de R^2 de la courbe de tendance linéaire en voix modale est de 0,8592, plus élevée que celle en voix chuchotée (0,396). Cela démontre des corrélations NI-F0 fortes en voix modale et des corrélations assez faibles en voix chuchotée. Ainsi, nous pensons qu'en voix modale, les courbes d'intensité pourraient être prises comme des « indices tonals secondaires » dans la perception alors qu'en voix chuchotée, leur potentialité à être des « indices tonals secondaires » est à mettre en question.

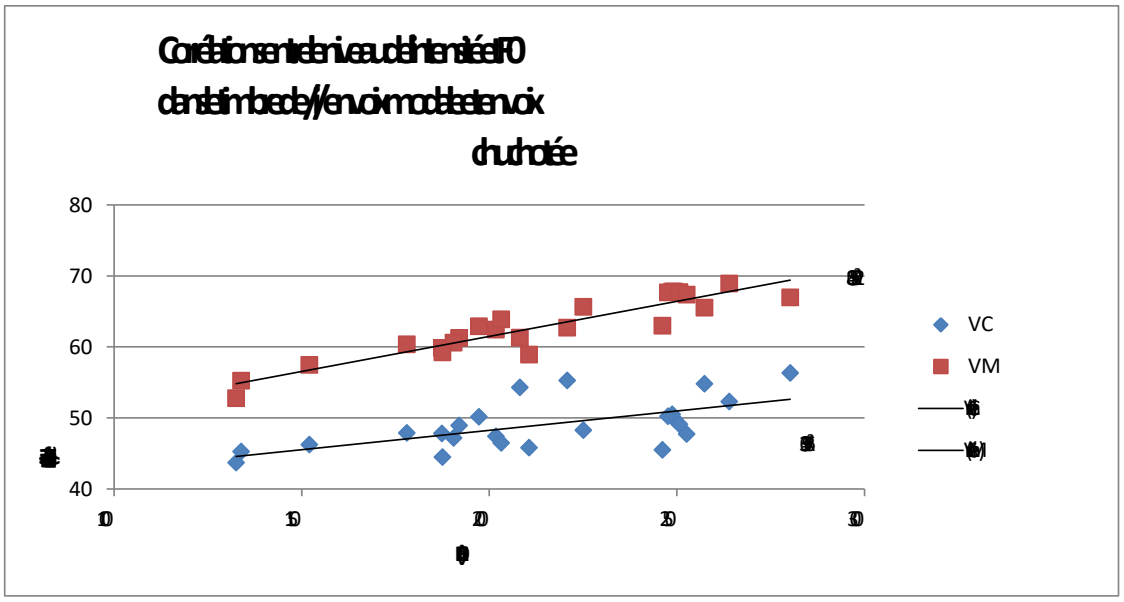


Figure 71 : Les corrélations entre le niveau de l'intensité et F0 dans le timbre de /i/ en voix modale et en voix chuchotée, avec l'effet du ton neutralisé.

7.3. La variation du niveau de l'intensité : le cas de /u/ dans /pu/ dans les deux modes de phonation

Les courbes du NI absolu dans les deux modes de phonation sont illustrées dans la figure 72.

À partir de cette figure, nous découvrons que les courbes en voix modale sont situées plus haut au long de l'échelle de valeur, par rapport à la voix chuchotée. Cela nous indique qu'en voix modale, le NI de /u/ est toujours plus haut que ce qu'il présente en voix chuchotée sans subir d'influence du ton porté. D'autre part, les courbes en voix modale se limitent à une étendue d'environ 15 dB. Leurs différences de forme sont relativement importantes. En voix chuchotée, les courbes se limitent à une étendue de 10 dB. De plus, leurs différences de forme sont beaucoup moins importantes.

Dans cette étude comparative des courbes du NI, il est possible d'en déduire un pattern qui s'adapte aux deux modes de phonation. T1 et T4, qui sont au trait [+U], sont liés à des NI similaires de 0% à 40% de la voyelle /u/, alors que dans la même phase, T2 et T3, qui sont au trait [-U], sont liés à des NI similaires. Les NI de T2 et de T4 dans cette phase sont toutefois plus bas que les NI de T1 et de T4. Cette tendance de distinction en fonction des traits [+/-U] a été confirmée dans toutes les phases de la voyelle. À la fin de la voyelle, le NI de T1 se distingue de celui de T4, étant plus élevé que ce dernier, et le NI de T2 se distingue de celui de T3, étant plus élevé que ce dernier. Dans la même phase, T1 et T2, qui sont au trait [h], ont tendance à être liés à

des NI similaires et ce, par rapport aux NI dans les autres phases. T3 et T4, qui sont au trait [l], ont tendance à être liés à des NI similaires et ce, par rapport aux NI dans les autres phases. Dans la même phase, c'est-à-dire à la fin de la voyelle, les NI de T3 de T4 sont toutefois plus bas que les NI de T1 et de T2.

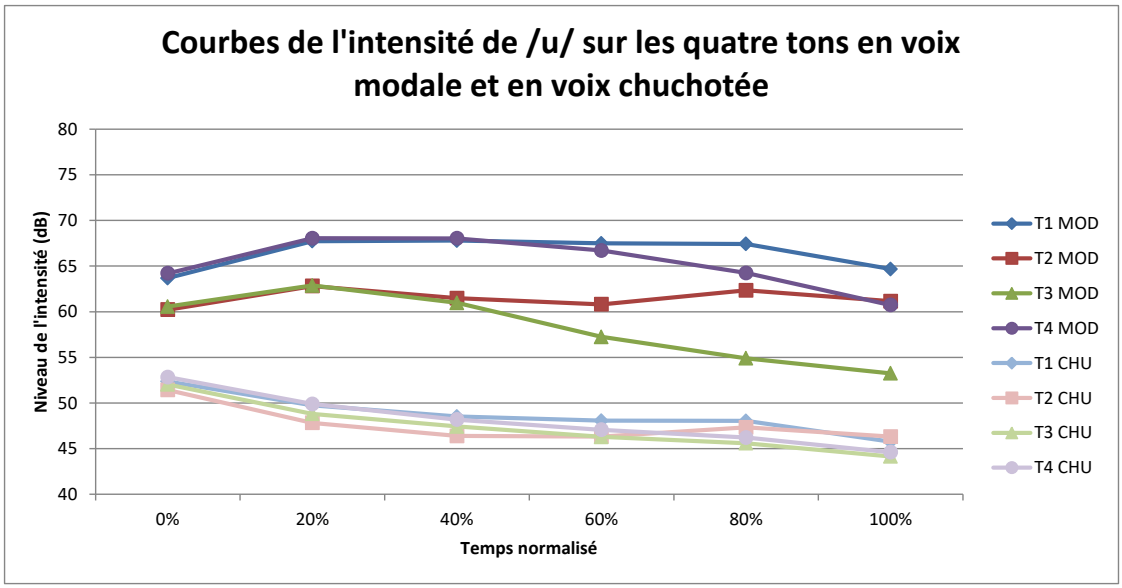


Figure 72: Courbes du niveau de l'intensité de /u/ normalisées au niveau du temps, dans /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée, définies à partir des moyennes interindividuelles du niveau de l'intensité.

Dans l'étude des contours du NI relatif, nous avons formulé les remarques suivantes (*cf.* Figures 73 et 74) : en voix modale, d'un côté, les courbes T1 et T4 montent à leur sommet à 20% de la voyelle /u/ (4 dB au-dessus du NI initial), ensuite chutent tout au long du reste de la voyelle. À la fin de la voyelle, la courbe T1 arrive à 1 dB au-dessus du NI initial alors que la courbe T4 arrive à -4 dB. D'un autre côté, les courbes T2 et T3 montent de 0% à 20% de la voyelle, et atteignent les NI différents à 100% de la voyelle. Plus précisément, la courbe T2 finit à 1 dB au-dessus du NI initial et la courbe T3 à 7 dB en dessous. Sur le plan général, en voix modale, toutes les courbes présentent une forme naturellement descendante entre 20% et 100% de la voyelle, à l'exception de la courbe T2 qui remonte entre 60% et 80% de la voyelle (*cf.* Figure 73).

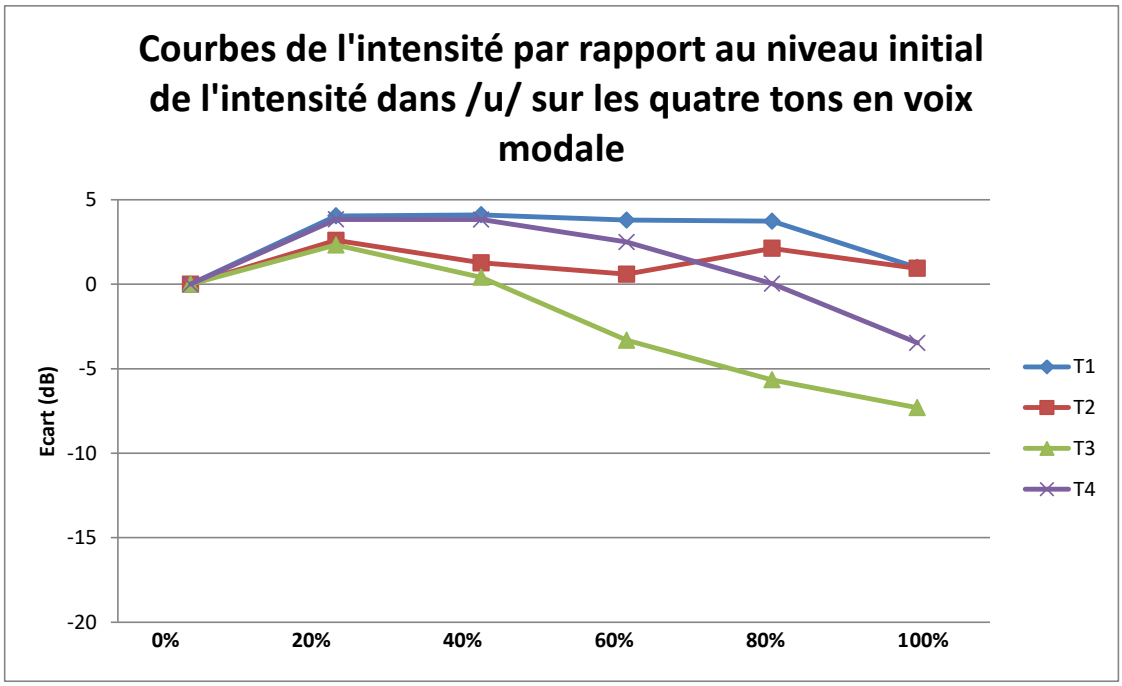


Figure 73 : Les courbes de l'intensité de /u/ par rapport au niveau initial de l'intensité dans /pu/ sur les quatre tons en voix modale.

Quant à la variation du NI en voix chuchotée, à partir de la figure 74 qui illustre les courbes du NI relatif, nous avons observé toutes les courbes du NI en forme descendante, proches les unes des autres entre 0% et 20% de la voyelle (-3 dB par rapport au NI initial à 20% de la voyelle). À partir de 20% de la voyelle, elles chutent et atteignent différents niveaux à la fin de la voyelle. La courbe T1 arrive à -6 dB par rapport au NI initial, la courbe T2 à -5 dB, les courbes T3 et T4 à -8 dB. Ainsi, nous en concluons que dans ce mode de phonation, toutes les courbes du NI ont une forme naturellement descendante tout au long de la voyelle, à l'exception des courbes T1 et T2 qui remontent entre 60% et 80% de la voyelle.

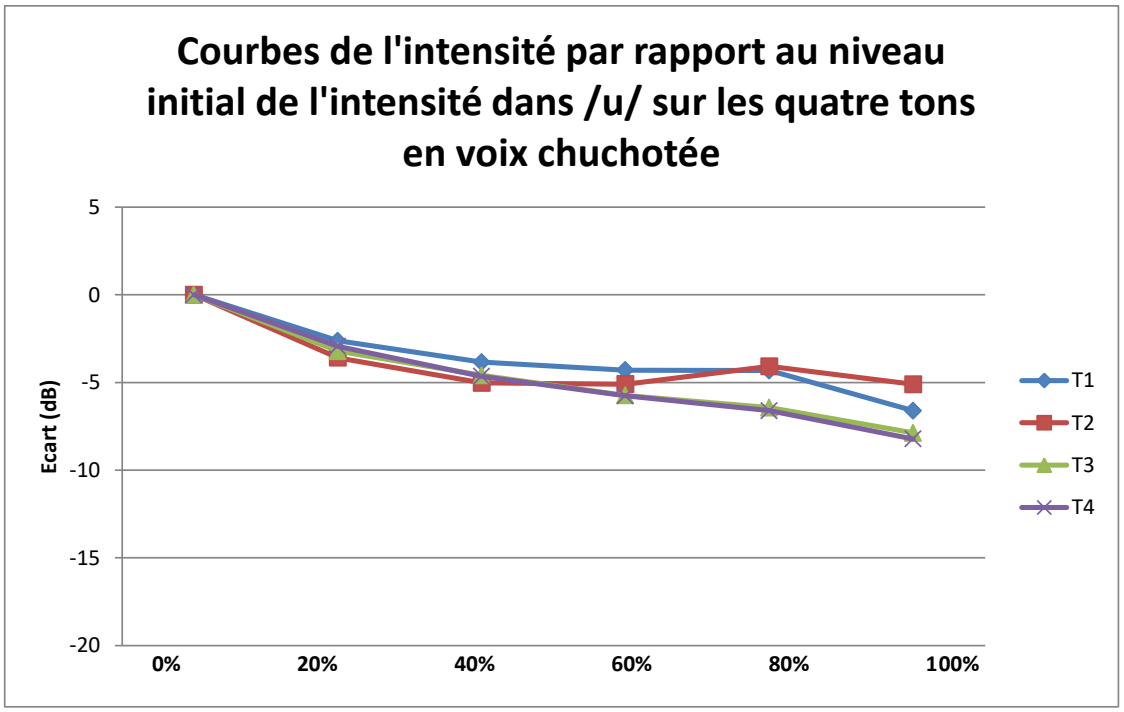


Figure 74 : Courbes de l'intensité de /u/ par rapport au niveau initial de l'intensité dans /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée.

Des analyses *Two-Way ANOVA* ont été effectuées sur les divergences au NI dans chaque phase de la voyelle /u/, avec *ton* et *mode de phonation* comme facteurs analysés et *sujet* comme variable aléatoire.

Tableau 63 : Significativité des effets du ton et du mode de phonation sur le niveau de l'intensité dans chaque phase de la voyelle /u/, normalisé au niveau du temps.

Facteur	Phase					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Le mode de phonation	***	***	***	***	***	***
Le ton	**	***	***	***	***	***

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Le tableau 63 présente les résultats de ces analyses. Il montre que le facteur *mode de phonation* a un effet significatif sur le NI dans l'ensemble du timbre de /u/ ($p < 0,0001$) tandis que le facteur *ton* a un effet significatif sur le NI à partir de 20% du timbre de /a/ ($p = 0,0096$ à 0% de la voyelle, et $p < 0,0001$ entre 20% et 100% de la voyelle).

Tableau 64 : Significativité dans les divergences au niveau de l'intensité entre les tons en voix modale, dans le contexte /pu/, normalisé au niveau du temps.

0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
T1		*	*	ns	T1		***	***	ns	T1		***	***	ns
T2			ns	**	T2			ns	***	T2			ns	***
T3				*	T3				***	T3				***
T4					T4					T4				

60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
T1		***	***	ns	T1		***	***	**	T1		***	***	***
T2			***	***	T2			***	ns	T2			***	ns
T3				***	T3				***	T3				***
T4					T4					T4				

* = p ≤ 0,05
** = p ≤ 0,01
*** = p ≤ 0,001
ns = p > 0,05

Concernant l'effet du ton sur NI, le tableau 64 en présente davantage de détails, et ce, dans /pu/ en voix modale. Les différents types de contrastes tonals sont représentés par différentes couleurs ici.

En observant ce tableau, nous pouvons constater que dans ce contexte en voix modale, lorsque le ton varie, la majorité des divergences observées au NI sont significatives. Elles présentent, d'ailleurs, un niveau supérieur de la significativité à partir de 20% de la voyelle /u/ (p < 0,0001). Entre les tons qui sont en contraste [+/-U] (c'est-à-dire entre T1 et T2, et entre T3 et T4), les divergences sont significatives dans toutes les phases de la voyelle. En revanche, entre les tons qui sont en contraste du trait [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4, et entre T2 et T3), les divergences sont significatives entre 60% et 100% de la voyelle. Plus précisément, les divergences entre T2 et T3 sont significatives entre 60% et 100% de la voyelle alors que celles entre T1 et T4 sont significatives entre 80% et 100% de la voyelle. Quant aux tons avec les deux types de contrastes (c'est-à-dire entre T1 et T3, et entre T2 et T4), les divergences entre T1 et T3 sont significatives dans toutes les phases de la voyelle tandis que celles entre T2 et T4 sont significatives entre 0% et 60% de la voyelle.

Tableau 65 : Significativité dans les divergences au niveau de l'intensité entre les tons en voix chuchotée, dans le contexte /pu/, normalisé au niveau du temps.

0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
T3				ns	T3				ns	T3				ns
T4					T4					T4				

60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
T1		ns	ns	ns	T1		ns	*	ns	T1		ns	ns	ns
T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			*	ns
T3				ns	T3				ns	T3				ns
T4					T4					T4				

* = $p \leq 0,05$
** = $p \leq 0,01$
*** = $p \leq 0,001$
ns = $p > 0,05$

Le tableau 65 présente des détails sur l'effet du ton au NI en voix chuchotée dans ce contexte syllabique, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Ces détails sont donnés par les analyses *One-Way ANOVA* du NI dans ce contexte, effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire.

Ce tableau nous amène à constater que dans ce contexte en voix chuchotée, lorsque le ton varie, peu de divergences significatives se produisent au NI. Entre les tons qui sont en contraste [+/-U] (c'est-à-dire entre T1 et T2, et entre T3 et T4), les divergences ne sont pas significatives, et ce, dans toutes les phases de la voyelle /u/. Les divergences significatives apparaissent seulement entre T1 et T3 à 80% de la voyelle, ainsi qu'entre T2 et T3 à la fin de la voyelle.

L'analyse des corrélations entre le niveau de l'intensité et F0 dans ce contexte (*cf.* Figure 75) montre que, similaires aux cas des corrélations NI-F0 dans les timbres de /a/ et de /i/, les corrélations dans le timbre de /u/ sont positives et plutôt linéaires dans les deux modes de phonation. La valeur de R^2 de la courbe de tendance linéaire en voix modale est de 0,7507, plus élevée que celle en voix chuchotée qui est de 0,3236. Cela démontre des corrélations NI-F0 fortes en voix modale et des corrélations assez faibles en voix chuchotée. Cela reflète qu'en voix modale, les courbes de l'intensité ont plus de possibilité d'être prises comme des « indices secondaires » du pitch tonal dans la perception, alors qu'en voix chuchotée, leur potentialité d'être des « indices tonals secondaires » est réduite, par rapport à celle en voix modale.

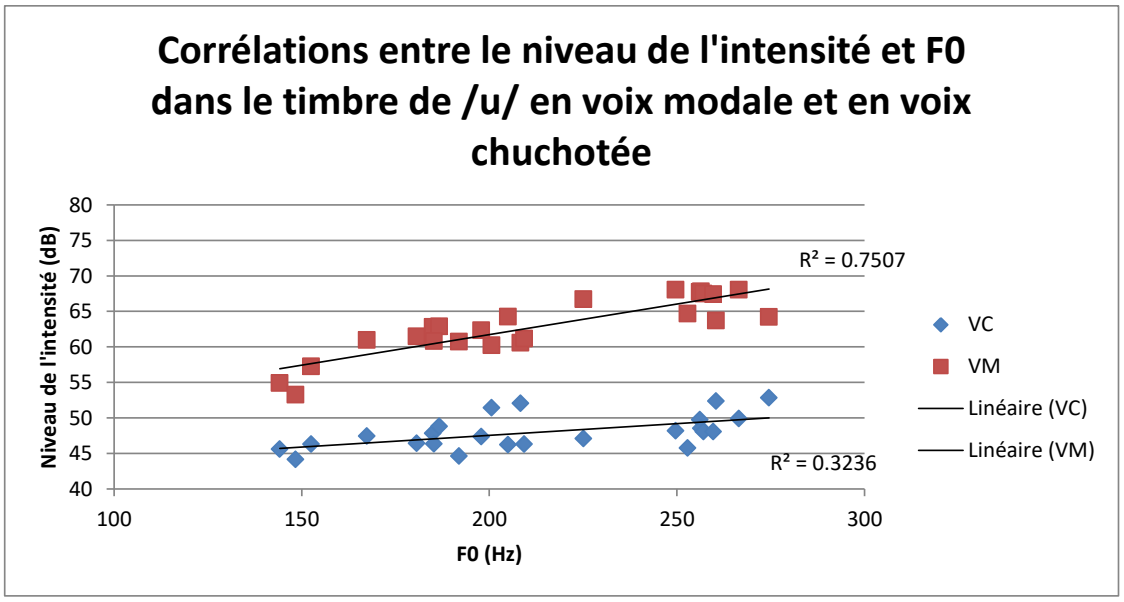


Figure 75 : Les corrélations entre le niveau de l'intensité et F0 dans le timbre de /u/ en voix modale et en voix chuchotée, avec l'effet du ton neutralisé.

7.4. Comparaison des divergences au niveau de l'intensité dans les contextes /pa/ /pi/ /pu/

Nous avons également étudié, dans cette partie de notre recherche, l'effet du contexte sur les divergences au NI des timbres vocaliques en voix modale ainsi qu'en voix chuchotée.

Les figures 76 et 77 illustrent respectivement les courbes d'intensité des timbres /a i u/ en voix modale et celles en voix chuchotée, avec l'effet du ton neutralisé.

L'observation de ces deux figures nous amène à constater une tendance générale dans les formes des courbes d'intensité. C'est-à-dire que la courbe d'intensité de la voyelle /i/ et celle de /u/ sont proches l'une de l'autre, en dessous de celle de /a/ sur l'échelle des valeurs. Dans les deux modes de phonation, les courbes de l'intensité se distinguent les unes des autres au début et se rapprochent à la fin de la voyelle.

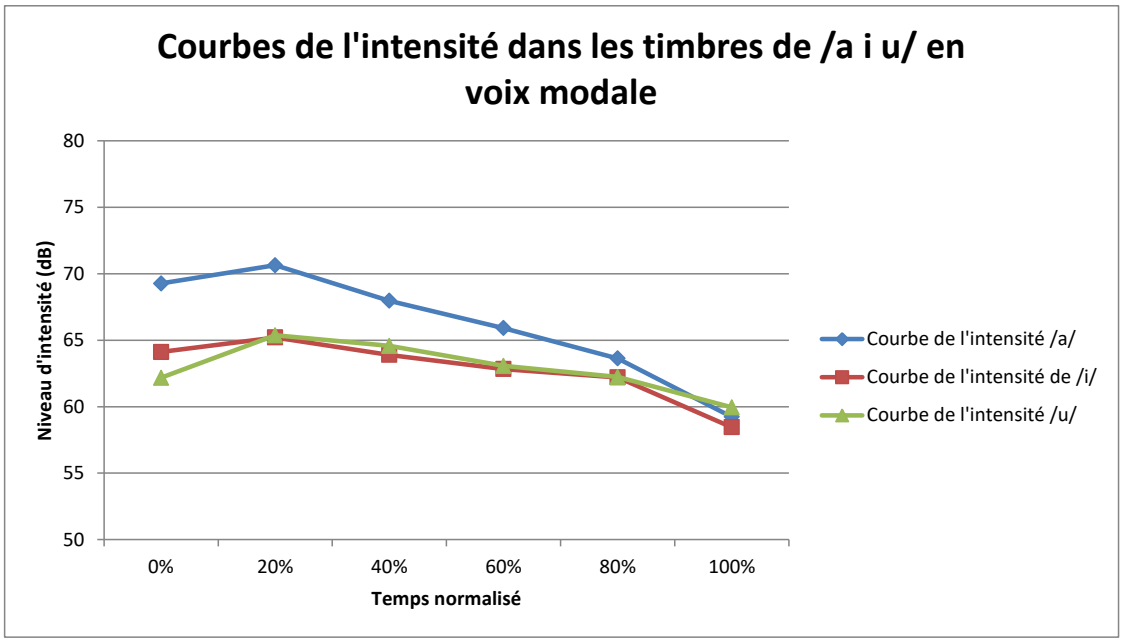


Figure 76 : Courbes de l'intensité dans les timbres de /a i u/ en voix modale, avec le temps normalisé et l'effet du ton neutralisé.

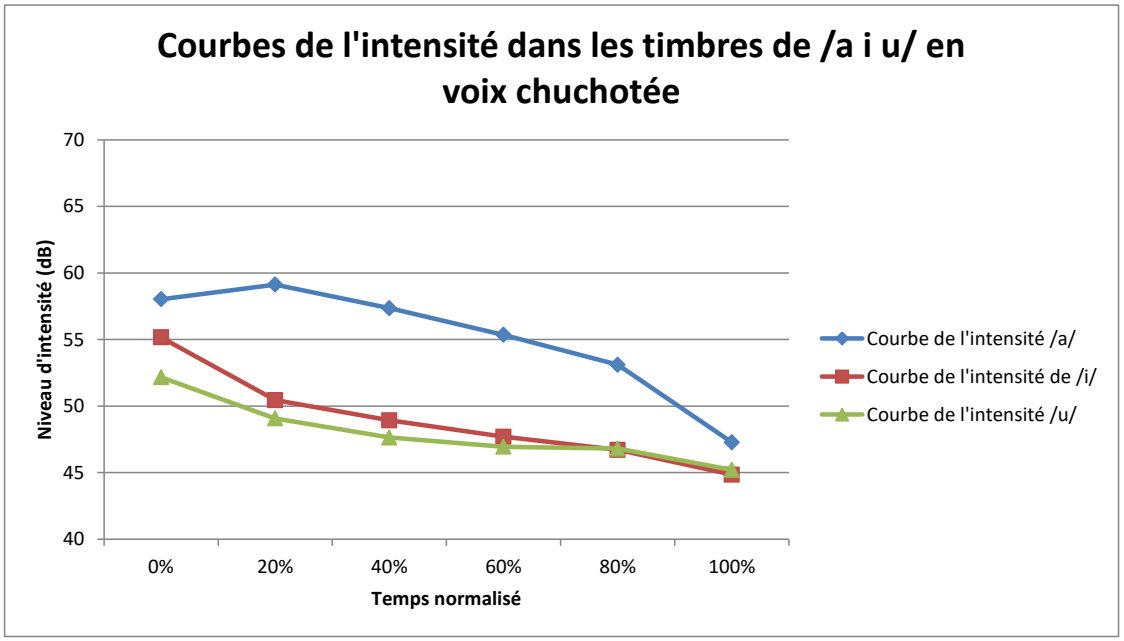


Figure 77 : Courbes de l'intensité dans les timbres de /a i u/ en voix chuchotée, avec le temps normalisé et l'effet du ton neutralisé.

Rappelons-nous ici les analyses effectuées des corrélations entre le NI et F0 dans les timbres vocaliques, mentionnées dans les sections précédentes. La figure 60 présente une comparaison des corrélations NI-F0 dans les timbres des trois voyelles sur la dimension du mode de phonation. Par commodité, les résultats sont regroupés et présentés ici sous le même titre de figure. L'observation des deux parties de la figure 78, qui présentent les corrélations dans les deux modes de phonation, nous fait remarquer que les corrélations sont en général fortes en voix modale et assez faibles en

voix chuchotée. De plus, parmi les trois contextes, le NI dans le timbre de /i/ semble être davantage corrélé à F0, par rapport à ceux dans les timbres de /a/ et de /u/. Les corrélations NI-F0 dans le timbre de /i/ présentent une valeur de R^2 plus élevée que celles dans les autres voyelles, et ce, dans les deux modes de phonation. Cela indique que dans toutes les voyelles, notamment dans le timbre de /i/, la courbe d'intensité pourrait être prise comme « indice tonale secondaire » par l'auditeur lorsque le locuteur parle avec une voix modale. Si le locuteur employait une voix chuchotée, la courbe de l'intensité contribuerait probablement moins à la perception du ton, par rapport à celle en voix modale.

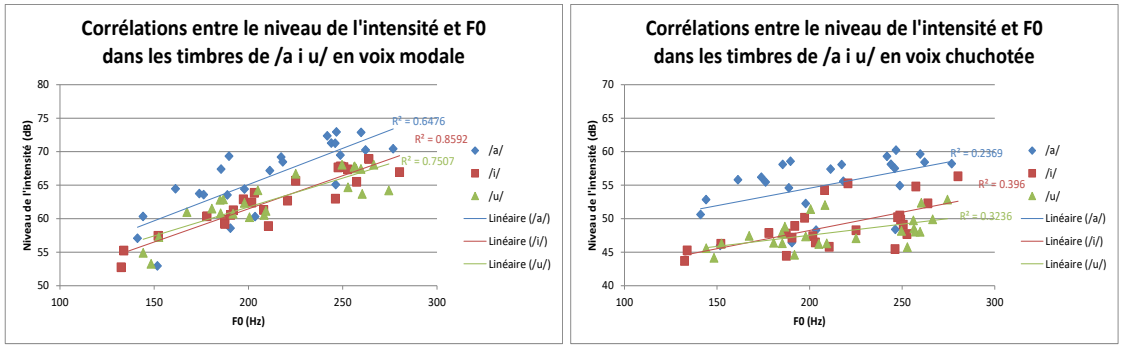


Figure 78 : Les corrélations entre le niveau de l'intensité et F0 dans les timbres de /a i u/ en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), avec l'effet du ton neutralisé.

Tableau 66 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de l'intensité des timbres en voix modale.

	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu		Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
0%	T1	***	***	ns	60%	T1	**	**	ns
	T2	***	***	ns		T2	*	*	ns
	T3	***	***	ns		T3	*	*	ns
	T4	**	***	*		T4	*	ns	ns
20%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu	80%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
	T1	***	***	ns		T1	ns	ns	ns
	T2	***	***	ns		T2	ns	ns	ns
	T3	***	***	ns		T3	ns	ns	ns
	T4	**	***	ns		T4	ns	ns	ns
40%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu	100%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
	T1	***	***	ns		T1	ns	ns	ns
	T2	**	ns	ns		T2	ns	ns	ns
	T3	**	*	ns		T3	ns	ns	ns
	T4	*	*	ns		T4	ns	ns	ns

* = $p \leq 0{,}05$ ** = $p \leq 0{,}01$ *** = $p \leq 0{,}001$ ns = $p > 0{,}05$

Les analyses *Two-Way ANOVA* des divergences au NI entre les contextes /pa/ /pi/ /pu/, effectuées avec *contexte* et *ton* comme facteurs analysés et avec *sujet* comme variable aléatoire, nous ont apporté davantage de renseignements sur l'effet du contexte au NI.

Le tableau 66 présente la significativité dans les divergences au NI entre les contextes en voix modale que nous avons observée dans ces analyses *ANOVA*. À partir de ce tableau, nous pouvons constater qu'en voix modale, l'effet du contexte sur le NI se manifeste principalement entre 0% et 60% du timbre vocalique. De surcroît, cet effet se manifeste davantage entre /pa/ et /pi/, ainsi qu'entre /pa/ et /pu/. Entre /pi/ et /pu/, les divergences au NI sont peu significatives statistiquement. Elles sont significatives seulement sur T4 dans le début du timbre vocalique.

Tableau 67 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de l'intensité des timbres en voix chuchotée.

	Ton	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**		**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
0%	T1	ns	***	ns	60%	T1	***	***	ns
	T2	ns	***	ns		T2	***	***	ns
	T3	ns	***	ns		T3	***	***	ns
	T4	ns	**	ns		T4	***	***	ns
	Ton	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**		**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
20%	T1	***	***	ns	80%	T1	***	***	ns
	T2	***	***	ns		T2	***	***	ns
	T3	***	***	ns		T3	***	***	ns
	T4	***	***	ns		T4	***	***	ns
	Ton	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**		**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
40%	T1	***	***	ns	100%	T1	**	**	ns
	T2	***	***	ns		T2	*	ns	ns
	T3	***	***	ns		T3	*	ns	ns
	T4	***	***	ns		T4	ns	ns	ns

* = $p \leq 0{,}05$ ** = $p \leq 0{,}01$ *** = $p \leq 0{,}001$ ns = $p > 0{,}05$

Le tableau 67 présente la significativité des divergences au NI entre les contextes en voix chuchotée observée dans les analyses *ANOVA*. Ce tableau montre qu'en voix chuchotée, l'effet du contexte se manifeste principalement entre /pa/ et /pi/, ainsi qu'entre /pa/ et /pu/. De surcroît, entre /pa/ et /pi/, les divergences au NI sont significatives à partir de 20% du timbre vocalique, et leur niveau de significativité abaissé à la fin du timbre. Entre /pa/ et /pu/, les divergences au NI sont significatives dans toutes les phases du timbre vocalique. Leur niveau de significativité a également baissé à la fin du timbre. Plus précisément, à 100% du timbre, l'effet du contexte entre /pa/ et /pu/ se manifeste uniquement sur T1.

7.5. Synthèse analytique des résultats de la variation du niveau de l'intensité

Cette section présente une synthèse des analyses des divergences au niveau de l'intensité dans les sections précédentes. Les analyses ont été effectuées sur trois axes : le mode de phonation, le ton et le contexte syllabique.

Nos données montrent que le niveau de l'intensité en voix modale est plus haut que celui en voix chuchotée (*cf.* Figures 64, 67, 68, 71, 72 et 75). Cela rejoint les résultats dans la littérature existante (*cf.* Section 3.1.)

Tableau 68 : Synthèse de l'effet du mode de phonation sur les divergences au niveau de l'intensité dans toutes les phases des timbres vocaliques, dans les trois contextes.

Facteur *le mode de phonation*	Phase						
sur	0%	20%	40%	60%	80%	100%	* = p ≤ 0,05
NI du timbre /a/	***	***	***	***	***	***	** = p ≤ 0,01
NI du timbre /i/	***	***	***	***	***	***	*** = p ≤ 0,001
NI du timbre /u/	***	***	***	***	***	***	ns = p > 0,05

Le tableau 68 présente la synthèse de l'effet du facteur *mode de phonation* sur les divergences au niveau de l'intensité dans les trois contextes. En observant ce tableau, nous avons pu constater que l'effet du mode de phonation est significatif sur le niveau de l'intensité, et ce, dans toutes les phases des timbres dans les trois contextes.

Par rapport à l'effet du ton sur le niveau de l'intensité, les résultats des analyses précédentes montrent que les divergences au niveau de l'intensité sont davantage significatives en voix modale, par rapport à la voix chuchotée. Plus précisément, les divergences au niveau de l'intensité en voix chuchotée sont davantage significatives dans /pa/ et peu significatives dans les contextes /pi/ et /pu/ (*cf.* Tableaux 58, 59, 61, 62, 64 et 65).

Tableau 69 : Synthèse de l'effet du ton sur les divergences au niveau de l'intensité dans toutes les phases des timbres vocaliques, dans les deux modes de phonation.

Facteur *le ton*	Phase						* = p ≤ 0,05
sur	0%	20%	40%	60%	80%	100%	** = p ≤ 0,01
NI en VM	***	***	***	***	***	***	*** = p ≤ 0,001
NI en VC	ns	**	***	***	***	ns	ns = p > 0,05

Le tableau 69 montre la synthèse de cet effet du ton sur le niveau de l'intensité. Nous avons remarqué dans ce tableau qu'en général, l'effet du ton sur le niveau de

l'intensité se manifeste dans toutes les phases du timbre vocalique en voix modale, tandis qu'il se manifeste davantage entre 20% et 80% du timbre vocalique en voix chuchotée.

L'effet du ton s'observe d'ailleurs dans les formes des courbes d'intensité. Plus précisément, le niveau de l'intensité au début de la voyelle est relativement haut lorsque la voyelle porte T1 ou T4 (ou bien, les tons au trait [+U]), tandis qu'il est relativement bas lorsque la voyelle porte T2 ou T3 (ou bien, les tons au trait [-U]). À la fin de la voyelle, le niveau de l'intensité est relativement haut par rapport au niveau initial de l'intensité lorsque la voyelle porte T1 ou T2 (ou bien, les tons au trait [h]), tandis qu'il est relativement bas par rapport au niveau initial de l'intensité lorsque la voyelle porte T3 ou T4 (ou bien, les tons au trait [l]). Cette tendance est explicite en voix modale mais est beaucoup moins claire en voix chuchotée (*cf.* Figures 64, 68 et 72). De plus, notre étude des corrélations entre les tons nous amène à constater que le niveau de l'intensité est corrélé à la valeur de F0 de manière linéaire. Pourtant, cette corrélation est plutôt forte en voix modale mais est assez faible en voix chuchotée (*cf.* Figures 59, 62, 65 et 78).

Nos analyses de la significativité des divergences au niveau de l'intensité entre les tons montrent aussi que, entre les tons qui sont en contraste [+/-U] (c'est-à-dire entre T1 et T2 et entre T3 et T4), les divergences sont significatives dans quasiment toutes les phases de la voyelle /i/. En revanche, entre les tons qui sont en contraste du trait [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4 et entre T2 et T3), les divergences significatives se trouvent principalement à partir de 60% de la voyelle (*cf.* Tableaux 58, 59, 61, 62, 64 et 65).

En ce qui concerne l'effet du contexte, nous avons remarqué dans nos analyses que le niveau de l'intensité est supérieur dans /pa/ que ceux dans /pi/ et dans /pu/ (*cf.* Figures 76 et 77). Par ailleurs, les résultats des analyses montrent que les divergences au niveau de l'intensité sont davantage significatives entre les contextes /pa/ et /pi/, ainsi qu'entre /pa/ et /pu/, et ce, dans tous les deux modes de phonation. Entre les contextes /pi/ et /pu/, les divergences au niveau de l'intensité ne sont pas significatives statistiquement.

L'effet du contexte se manifeste également dans les corrélations entre le niveau de l'intensité et la valeur de F0. Parmi les trois contextes, le niveau de l'intensité dans le timbre de /i/ semble être davantage corrélé à F0, par rapport à ceux dans les timbres de /a/ et de /u/ (*cf.* Figure 78).

Tableau 70 : Synthèse de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de l'intensité dans toutes les phases des timbres vocaliques, dans les deux modes de phonation.

Facteur *le contexte*	Phase						* = p ≤ 0,05
sur	0%	20%	40%	60%	80%	100%	** = p ≤ 0,01
VM	***	***	***	***	**	*	*** = p ≤ 0,001
VC	***	***	***	***	***	***	ns = p > 0,05

Le tableau 70 montre une synthèse de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de l'intensité dans les deux modes de phonation. L'observation de ce tableau nous amène à constater que l'effet du contexte se manifeste dans toutes les phases de la voyelle dans les deux modes de phonation. En revanche, en voix modale, le niveau de significativité des divergences diminue à la fin du timbre vocalique, alors qu'en voix chuchotée, l'effet du contexte reste au même niveau de significativité ($p < 0,001$) dans toutes les phases du timbre vocalique.

Ainsi, nous arrivons à la conclusion que les trois facteurs le mode de phonation, le ton et le contexte syllabique présentent tous leur effet sur les divergences au niveau de l'intensité. Il est à remarquer, toutefois, que les liens entre le niveau de l'intensité au ton sont relativement intenses en voix modale, et qu'ils le sont beaucoup moins en voix chuchotée.

Notre étude des variations au niveau d'intensité nous donne à constater que le niveau d'intensité a considérablement baissé en voix chuchotée par rapport à la voix modale.

En voix modale, le niveau d'intensité montre un corrélat explicite avec la catégorie tonale. Plus précisément, le trajet de la variation au niveau d'intensité correspond au pitch tonal : un pitch haut mène souvent un niveau d'intensité plus élevé, et *vice versa*. Toutefois, cette corrélation devient opaque en voix chuchotée. Peu de différences significatives ont été observées au niveau de l'intensité lorsque le ton varie en voix chuchotée.

8 *Étude de la structure formantique*

Ce chapitre contribue aux analyses que nous avons effectuées sur les données spectrales des voyelles porteuses du ton, celles recueillies dans les contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale et en voix chuchotée. Ces analyses seront donc contrastives, dans l'objectif de mettre en lumière la possibilité et l'efficacité des stratégies compensatoires de la perte de F0 que les sujets emploient.

De surcroît, la structure formantique nous intéresse puisqu'elle est la conséquence sonore de l'ensemble des mouvements réajustés des organes articulatoires. Sa variation est donc corrélée à des modifications articulatoires. L'étude de la structure formantique nous fournira donc des indices sur d'éventuels ajustements articulatoires liés aux tons et au mode de phonation.

Nous nous concentrons dans cette étude sur la performance des quatre premiers formants du spectre, étant donné que ces formants sont considérés comme indices principaux de la hauteur du timbre vocalique pour le système auditif (*cf.* Section 3.2.). Les valeurs des fréquences centrales de ces formants en Hz ont été mesurées dans les phases 0%, 20%, 40%, 60%, 80% et 100% de la voyelle normalisée au niveau du temps. La tonie à laquelle ces valeurs correspondent, en unité de Mel, sera également étudiée, afin de contrôler la validité de l'impression mélodique que le spectre est capable de provoquer à l'oreille. Pour compléter les informations auditives, nous avons mesuré la largeur des bandes formantiques et nous avons calculé la largeur des Barks auxquels les formants correspondent.

Dans le cadre de cette thèse, nous émettons les hypothèses suivantes sur la divergence éventuelle de la structure formantique et sur sa contribution à la sensation tonale :

- *Hypothèse 6* : la structure formantique connaîtrait un pattern de divergence en fonction du ton, comme celui observé au niveau de F0, et ce probablement en voix modale. Ce pattern se présenterait en tant que tendances évidentes de divergences spectrales liées aux tons, puisqu'en voix modale, le spectre subit davantage la conséquence des modifications larygales, par rapport à la voix chuchotée.

- *Hypothèse 7* : les tendances des divergences spectrales liées aux tons, si elles existent, devraient être différentes en voix chuchotée de celles que nous pouvons observer en voix modale. Dans ce cas-là, ces tendances seraient probablement dues aux ajustements articulatoires supraglottiques employés par les locuteurs afin de compenser l'absence de F0. En revanche, s'il n'y avait pas de tendance évidente de divergence dans les spectres en voix chuchotée, nous pourrions suggérer que les ajustements supraglottiques compensatoires sont médiocres (ou bien, leurs conséquences acoustiques sont médiocres).

- *Hypothèse 8 :* les quatre premiers formants dans le même spectre montreraient des sensibilités à différents niveaux à la variation tonale, et ce, surtout en voix chuchotée. Les formants à des hautes fréquences, c'est-à-dire F3 et F4, seraient plus sensibles aux tons que les formants à des fréquences plus basses, c'est-à-dire F1 et F2.
- *Hypothèse 9 :* la caractéristique intrinsèque de la voyelle jouerait aussi un rôle dans la divergence spectrale. Autrement dit, les spectres des voyelles /a i u/ devraient avoir des sensibilités différentes à la variation tonale.

En mettant ces hypothèses en examen, nous analyserons l'ensemble des données recueillies chez tous les 13 sujets. Les analyses sont effetuées dans différents contextes syllabiques. Elles seront suivies d'une comparaison entre les divergences spectrales dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/.

8.1. Divergence spectrale du segment vocalique dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale *vs* voix chuchotée

8.1.1. Étude des courbes des formants isolés et de leurs tonies correspondantes

Afin d'étudier la performance des formants lors de la variation tonale, nous avons calculé la Moy Inter de la fréquence centrale de chaque formant en Hz et les avons converties en *Mel* à l'ordre logarithmique (*cf.* Section 3.2.). Les courbes que nous étudions dans ce chapitre sont définies selon les Moy Inter et celles de tonie correspondante.

Étude des courbes F1 et de leurs tonies correspondantes

F1 est lié davantage au degré d'aperture, bien que la relation entre F1 et le degré d'aperture ne soit pas linéaire. La figure 79 illustre les courbes F1 de /a/ en Hz et la figure 80 les courbes de tonie correspondante en Mel.

D'après l'observation de ces figures, nous avons formulé les remarques suivantes : *a*) en général, la courbe F1 de /a/ présente toujours une forme montante-descendante au fil du temps, quel que soit le mode de phonation et le ton concerné. Cette forme de courbe reflète la variation du degré d'aperture durant la production de /a/. *b*) Les courbes F1 en voix modale connaissent davantage de variations au fil du temps (F1 variant entre 500 Hz et 1200 Hz), par rapport à la voix chuchotée (F1 variant entre 900 Hz et 1200 Hz), ainsi les courbes de tonie correspondante (celles de la voix modale variant entre 650 Mel et 1200 Mel et celles de la voix chuchotée entre 900 Mel et 1150 Mel). *c*) F1 au début et à la fin de la voyelle connaît davantage de variations en fonction du ton en voix modale, par rapport à la voix chuchotée. En voix modale, les courbes F1 commencent entre 850 Hz et 900 Hz et se terminent entre 550 Hz et 820 Hz en fonction du contexte tonal, alors qu'en voix chuchotée, elles commencent à environ 960 Hz et se terminent entre 920 Hz et 940 Hz. En correspondance, les courbes de tonie en voix modale commencent entre 900 Mel et 940 Mel et se terminent à 650-870 Mel, tandis que celles en voix chuchotée commencent vers 960 Mel et se terminent à 910-950 Mel. *d*) Les valeurs de F1 en voix modale nous semblent suivre un pattern de variation similaire à celui de F0 (*cf.* Chapitre 6. Figure 54). C'est-à-dire, dans une phase où F0 est élevé, la valeur de F1 augmente, et *vice versa*. Cette tendance de synchronisation entre F0 et F1 apparaît tout au long de la voyelle. En revanche, nous n'avons pas observé de tendance explicite dans la variation de F1 en voix chuchotée.

Nous avons remarqué d'ailleurs dans cette figure, une fin de courbe F1 à des valeurs plus élevées lorsque /a/ porte T3. Cela pourrait suggérer, d'après nous, que T3 fait augmenter le degré d'aperture dans la production de /a/.

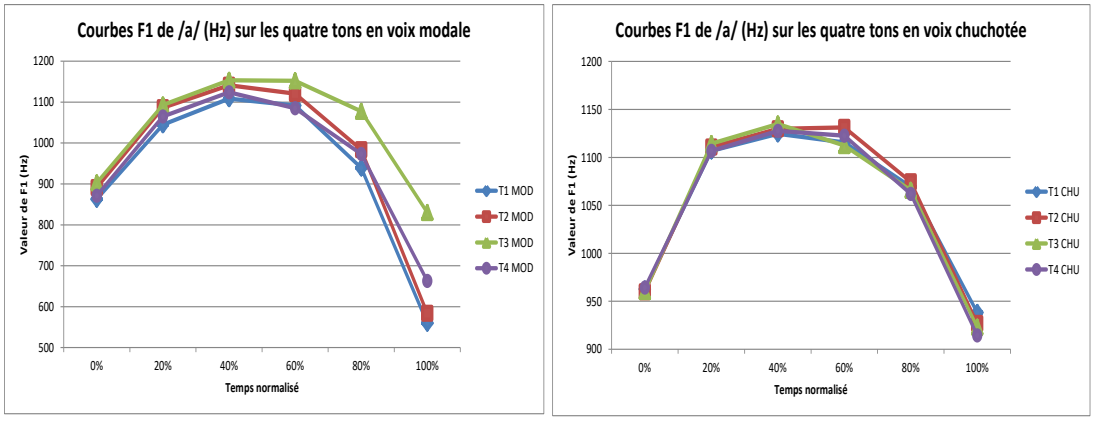


Figure 79 : Courbes F1 (Hz) de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F1 : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

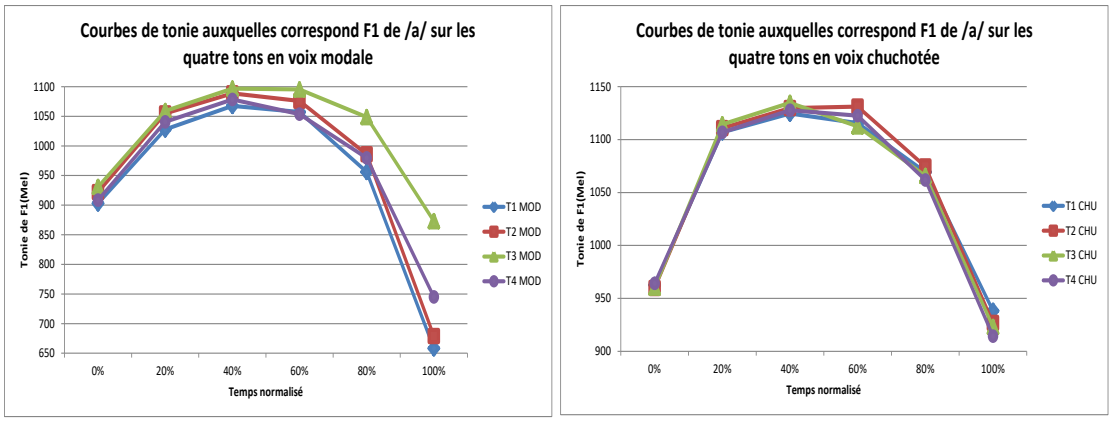


Figure 80 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F1 de /a/ sur les quatres tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

Dans cette étude, nous avons également contrôlé la significativité de l'effet du ton sur les formants dans chaque contexte, et ce avec les analyses *One-Way ANOVA* effectuées sur les données des deux modes de phonation. Dans ces analyses, *ton* est facteur analysé, et *sujet* est la variable aléatoire.

Tableau 71 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F1 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pa/.

	F1														
VM	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	***	ns	T1		ns	***	***
	T2			ns	ns	T2			**	ns	T2			***	*
	T3				*	T3				**	T3				***
	T4					T4					T4				
VC	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Le tableau 71 présente les résultats des analyses de l'effet du ton sur F1, et ce, dans les deux modes de phonation dans /pa/, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. En observant ce tableau, nous pouvons constater que l'effet du ton sur F1 se manifeste davantage en voix modale, par rapport à son effet en voix chuchotée. En voix modale, les divergences au niveau de F1 sont significatives entre 60% et 100% de la voyelle /a/. Plus précisément, entre les tons en contraste au trait [+/-U] (c'est-à-dire entre T1 et T2, et entre T3 et T4), les divergences au niveau de F1 ne sont pas significatives entre T1 et T2 alors que celles entre T3 et T4 sont significatives entre 60% et 100% de la voyelle. Entre les tons en contraste au trait [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4, et entre T2 et T3), les divergences au niveau de F1 sont significatives entre T1 et T4 seulement à 100% de la voyelle ($p < 0,001$) alors que celles entre T2 et T3 sont significatives entre 80% et 100% de la voyelle. Entre les tons qui sont en deux types de contraste (c'est-à-dire entre T1 et T3, et entre T2 et T4), les divergences au niveau de F1 entre T1 et T3 sont significatives entre 80% et 100% de la voyelle ($p < 0,001$), tandis que les divergences entre T2 et T4 sont significatives seulement à 100% de la voyelle ($p < 0,05$). Quant aux divergences au niveau de F1 en voix chuchotée, elles nous semblent ne pas subir l'influence du ton.

Étude des courbes F2 et de leurs tonies correspondantes

F2 reflète plus ou moins la position du dos de la langue dans la cavité buccale. Il est également lié à la forme de la cavité labiodentale et à la position du larynx (Howard et Angus 2012). Les courbes de sa variation dans la voyelle /a/ sur les quatre tons sont illustrées dans la figure 81, et les courbes de tonie correspondante dans la figure 82.

Ces figures nous indiquent que : *a*) de manière générale, la courbe de F2 de /a/ présente une forme montante dans tous les deux modes de phonation et sur tous les quatre tons. Ceci pourrait être dû au mouvement du dos de la langue vers la région antérieure de la cavité buccale dans la production de /a/, mais aussi dû à l'anticipation de la phase d'obstruction de la consonne affriquée alvéolaire /ts/ qui suit /a/ dans ce contexte. En voix modale, les courbes F2 commencent entre 1540 Hz et 1600 Hz et se terminent entre 1710 Hz et 1780 Hz. En voix chuchotée, elles commencent entre 1660 Hz et 1710 Hz et se terminent entre 1780 Hz et 1840 Hz. En correspondance, les courbes de tonie en voix modale commencent entre 1320 Mel et 1340 Mel et se terminent à 1390-1420 Mel, alors que celles en voix chuchotée commencent entre 1370 Mel et 1400 Mel, tout en terminant à 1420-1450 Mel. *b*) Etant situées dans les mêmes zones sur l'échelle des valeurs dans les figures 81 et 82, les courbes F2 et celles de tonie nous semblent connaître davantage de variations en fonction du ton en voix chuchotée, par rapport à la voix modale. *c*) La variation de F2 nous semble corrélée aux registres tonals binaires (les traits [+/-U]). Plus précisément, lorsque /a/ porte un ton au trait [+U], les valeurs de F2 sont plus élevées que celles sur un ton au trait [-U]. *d*) L'effet des traits [h/l] sur F2 nous paraît implicite en voix modale, mais il se manifeste davantage en voix chuchotée. Dans les parties droites des figures 81 et 82, les courbes des tons au trait [+U] se situent plus haut à l'échelle des valeurs que celles des tons au trait [-U], et ce apparaît dans toutes les phases de la voyelle ; de plus, 80% -100% de /a/, les courbes des tons au trait [h] se situent plus haut que celles des tons au trait [l][58]. Ces tendances de variation sont similaires que le pattern de F0 en voix modale (*cf.* Chapitre 6. Figure 54).

Du point de vue articulatoire, les courbes F2 illustrées dans cette figure semblent indiquer des modifications au niveau glottique ou supraglottique en fonction du ton.

[58] Nous employons ici les traits binaires puisqu'ils s'adaptent mieux à la description de la performance du formant. Une description sur 5 partitions ou une description aux traits à contour n'expliquerait pas les valeurs proches apparues dans la même phase de la voyelle sur différents tons (*cf.* Chapitre 6).

Au niveau supraglottique, elles pourraient nous indiquer le déplacement de la position du dos de la langue. Au niveau glottique, elles pourraient nous indiquer la hauteur du larynx qui change lorsque le ton varie.

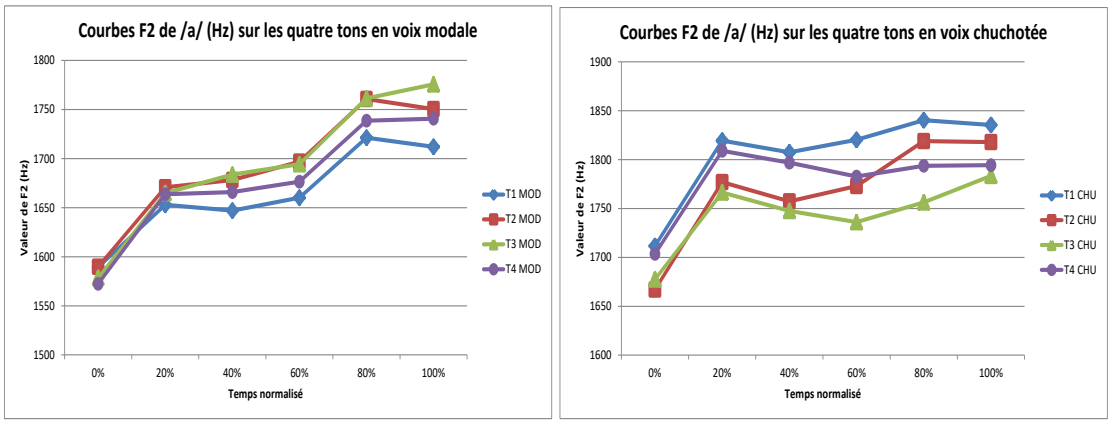


Figure 81 : Courbes F2 (Hz) de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F2 : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

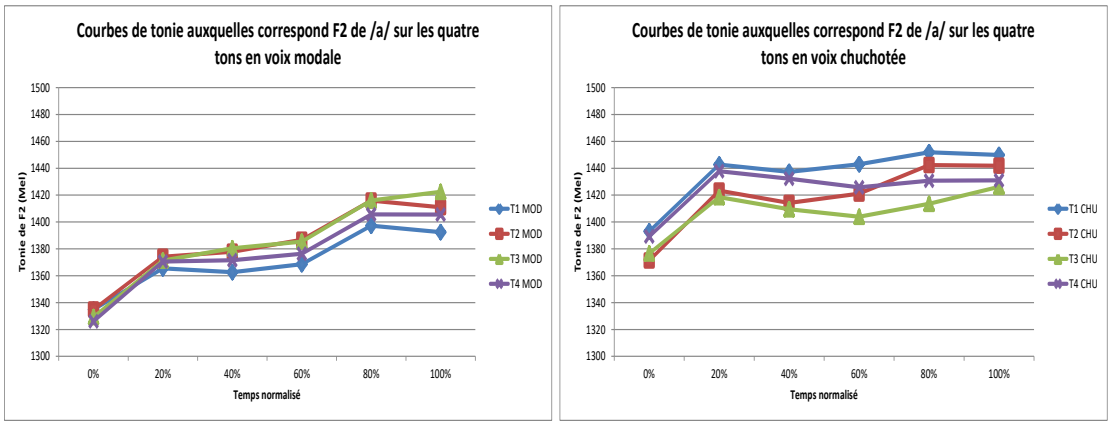


Figure 82 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F2 de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

Tableau 72 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F2 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pa/.

	F2														
VM	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
VC	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	*	ns	T1		ns	*	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Le tableau 72 présente les résultats des analyses *One-Way ANOVA* de l'effet du ton sur F2 dans les deux modes de phonation dans /pa/, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Les analyses *ANOVA* ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire. Ce tableau montre que l'effet du ton sur F2 se manifeste davantage en voix chuchotée, alors qu'il n'est pas significatif en voix modale. Plus précisément, nous avons observé dans ce tableau que les divergences au niveau de F2 sont significatives entre 60% et 80% de la voyelle de /a/. Plus précisément, ces divergences significatives se trouvent uniquement entre T1 et T3 dans ce contexte.

Étude des courbes F3 et de leurs tonies correspondantes

F3 serait lié quelque part à la forme de la cavité labiodentale, à la protrusion des lèvres, ainsi qu'à la position du larynx (Howard et Angus 2012), bien que les relations articulatori-acoustiques ne soient pas linéaires. Sa variation (Hz), en fonction du ton dans les deux modes de phonation, est illustrée dans la figure 83, et la variation de sa tonie dans la figure 84.

Les courbes dans ces deux figures nous indiquent que : *a*) en voix modale, la courbe F3 de /a/ présente en général une forme descendante-montante. En revanche, en voix chuchotée, elle présente une forme montante-plate lorsque /a/ porte un ton au trait [+U], et une forme descendante-montante sur un ton au trait [-U]. *b*) Quelle que soit la condition phonatoire, les courbes F3 de /a/ connaissent des variations assez importantes lorsque le ton varie. En voix modale, les courbes varient dans la zone entre 2840 Hz et 3110 Hz (correspondant à 1820-1900 Mel au niveau de la tonie), alors qu'en voix chuchotée, elles varient entre 2950 Hz et 3100 Hz (correspondant à 1860-1910 Mel en tonie). *c*) En voix modale, la variation de F3 nous semble corrélée aux registres tonals binaires. Plus précisément, les valeurs de F3 sur les tons au trait [+U] sont plus importantes que celles sur les tons au trait [-U]. En outre, les courbes sur les tons au même trait à registre commencent à des valeurs similaires. Dans les courbes T1 et T4, les valeurs au début sont plus élevées que celles dans les courbes T2 et T3. *d*) En voix modale, l'effet des traits [h/l] sur F3 se manifeste à la fin des courbes sur les tons au trait [+U] mais pas dans celles au trait [-U]. En voix chuchotée, la variation de F3 nous semble davantage liée aux traits à registre. Les courbes T1 et T4 se situent plus haut à l'échelle des valeurs que les courbes T2 et T3 dans toutes les phases de la voyelle. En revanche, l'effet des traits [h/l] sur F3 n'est pas explicite d'après les courbes en voix chuchotée.

Ces courbes F3 semblent d'ailleurs indiquer des modifications de la position du larynx, puisque la position du larynx a un effet important sur F3, mais aussi sur F2. Nous sommes particulièrement intéressée par l'abaissement simultané des valeurs de F2 et de F3 en voix chuchotée lorsque /a/ porte un ton au trait [-U], et par leur augmentation simultanée lorsque /a/ porte un ton au trait [+U] (*cf.* Figures 81 et 83). Cela indique vraisemblablement que dans ce contexte, la position du larynx change en fonction du trait à registre en voix chuchotée.

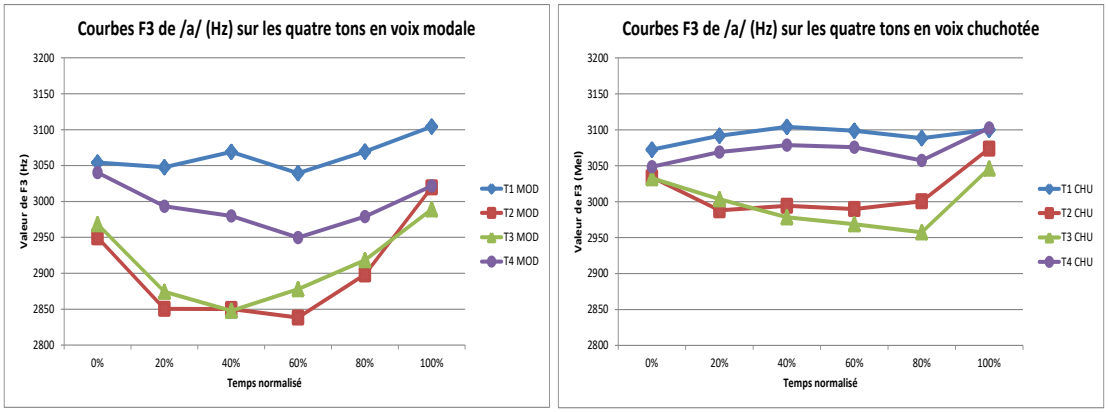


Figure 83 : Courbes F3 (Hz) de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F3 : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

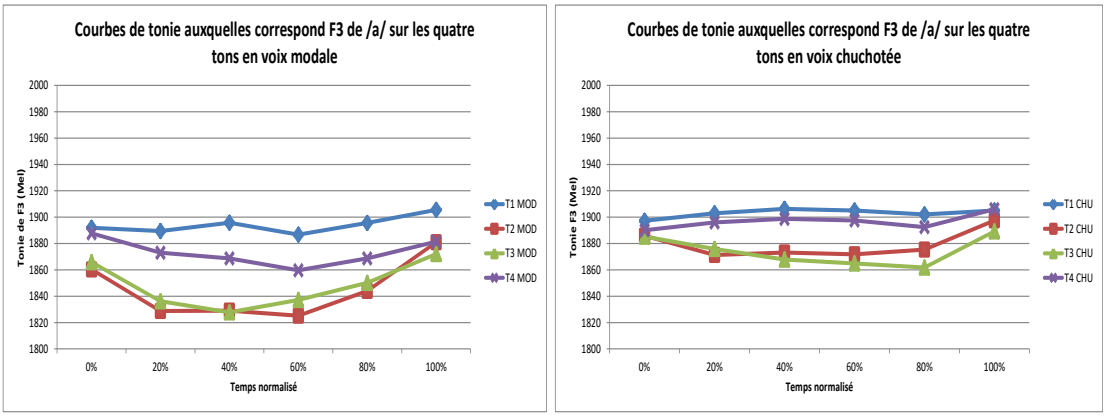


Figure 84 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F3 de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

Tableau 73 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F3 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pa/.

	F3														
VM	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		*	ns	ns	T1		**	**	ns	T1		***	***	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	*	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		**	*	ns	T1		**	*	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
VC	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	*	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				

* = $p \leq 0{,}05$ ** = $p \leq 0{,}01$ *** = $p \leq 0{,}001$ ns = $p > 0{,}05$

Le tableau 73 présente les résultats des analyses *One-Way ANOVA* de l'effet du ton sur F3, et ce, dans les deux modes de phonation dans /pa/, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Les analyses *ANOVA* ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire. Ce tableau montre que l'effet du ton sur F3 se manifeste davantage en voix modale, par rapport à son effet en voix chuchotée. En voix modale, les divergences au niveau de F3 sont significatives entre 0% et 80% de la voyelle /a/. Plus précisément, entre les tons en contraste au trait [+/-U] (c'est-à-dire entre T1 et T2, et entre T3 et T4), les divergences au niveau de F3 entre T1 et T2 sont significatives entre 0% et 80% de la voyelle alors que celles entre T3 et T4 ne sont pas significatives dans toutes les phases de /a/. Entre les tons en contraste au trait [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4, et entre T2 et T3), nous n'avons pas observé de divergence significative à F3. Entre les tons en contraste avec les deux types de traits (c'est-à-dire entre T1 et T3, et entre T2 et T4), les divergences au niveau de F3 entre T1 et T3 sont significatives entre 20% et 80% de la voyelle tandis que celles entre T2 et T4 sont significatives seulement à 0% de la voyelle ($p < 0{,}05$). Quant aux divergences au niveau de F3 en voix chuchotée, elles sont significatives seulement entre T1 et T3 à 80% de la voyelle.

Étude des courbes F4 et de leurs tonies correspondantes

Les relations entre F4 et les mouvements articulatoires restent peu connues. Toutefois au niveau perceptif, ce formant est reconnu pour sa contribution à la sensation mélodique. Les figures 85 et 86 illustrent respectivement la variation de F4 en Hz et la variation de sa tonie correspondante, dans les deux modes de phonation.

À partir de ces figures, nous avons remarqué que : *a*) de manière générale, la courbe de F4 de /a/ présente une forme montante dans tous les modes de phonation, et ce, sur tous les quatre tons. *b*) Sur le même plan de valeurs, les courbes F4 semblent connaître davantage de variations en voix chuchotée que celles en voix modale. Toutefois, les valeurs de F4 au début et à la fin de /a/ sont proches dans les deux modes de phonation. Plus précisément, en voix modale, les courbes commencent entre 4100 Hz et 4190 Hz (2170-2190 Mel en tonie) et se terminent entre 4300 Hz et 4430 Hz (2210-2250 Mel en tonie). En voix chuchotée, elles commencent entre 4100 Hz et 4160 Hz (2170-2190 Mel en tonie) et se terminent entre 4250 Hz et 4400 Hz (2200-2240 Mel en tonie). *c*) La valeur de F4 nous semble corrélée aux registres tonals binaires : en voix modale ainsi qu'en voix chuchotée, les valeurs de F4 sur T1 et T4 sont supérieures aux valeurs de F4 sur T2 et T3 et ce, dans toutes les phases de /a/. En revanche, une exception existe : la courbe T2 monte davantage à la fin de /a/ et dépasse éventuellement les courbes T1 et T4 au niveau de la valeur. *d*) En voix modale, les variations de F4 en fonction du ton à la fin de la voyelle ne correspondent ni aux cibles tonals prescrites ni à une distinction de 5 partitions. En revanche, en voix chuchotée, l'effet des traits binaires [h/l] se manifeste de manière explicite à la fin du segment. Ceci ressemble à ce que nous observons dans la variation de F0 (*cf.* Chapitre 6. Figure 54).

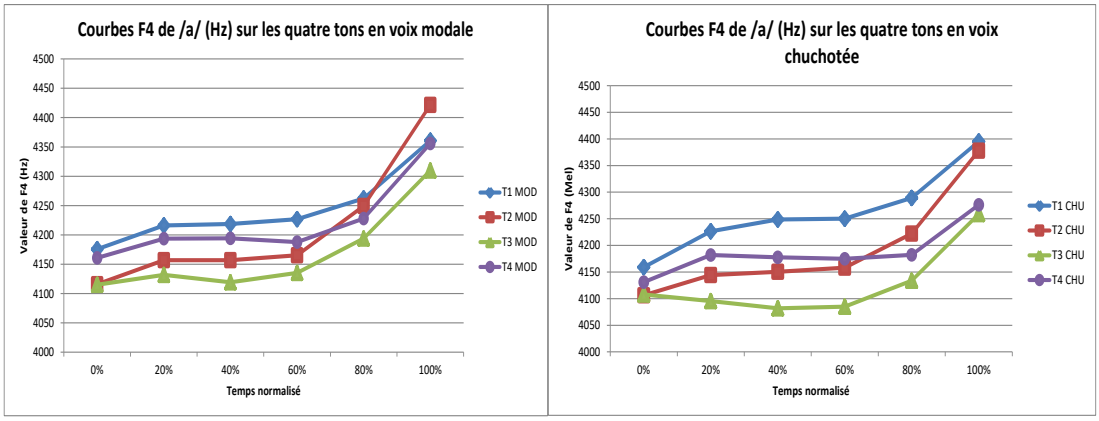


Figure 85 : Courbes F4 (Hz) de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F4 : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

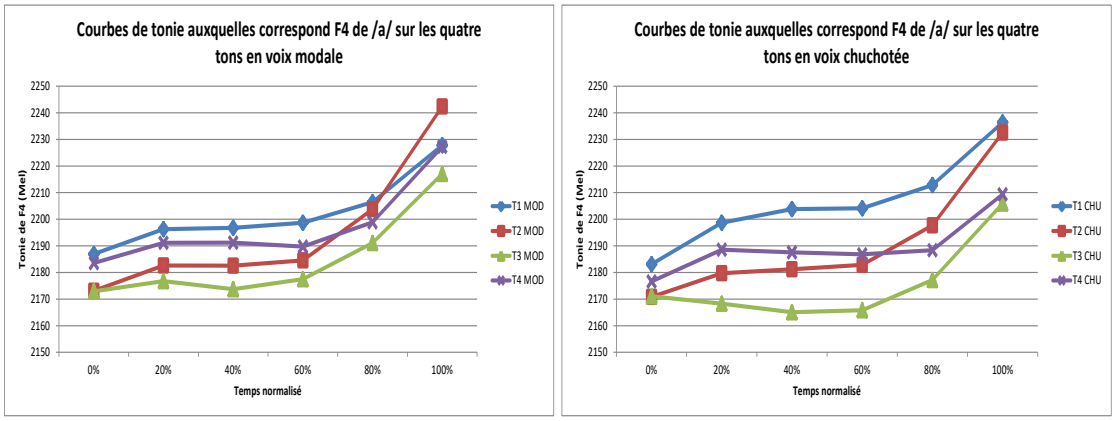


Figure 86 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F4 de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

Tableau 74 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F4 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pa/.

	F4														
VM	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
VC	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	**	ns	T1		ns	***	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	***	ns	T1		ns	**	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				

* = $p \leq 0,05$ ** = $p \leq 0,01$ *** = $p \leq 0,001$ ns = $p > 0,05$

Le tableau 74 présente les résultats des analyses *One-Way ANOVA* de l'effet du ton sur F4 de /a/ et ce, dans les deux modes de phonation, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Ces analyses ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire.

Ce tableau nous permet de constater que l'effet du ton sur F4 se manifeste davantage en voix chuchotée, alors qu'il nous semble manquant en voix modale. En voix chuchotée, les divergences au niveau de F1 sont significatives entre 20% et 80% de la voyelle /a/ et ce, principalement entre T1 et T3.

8.1.2. Analyse des écarts (Mel) entre les formants voisins

En plus des analyses des formants isolés, nous avons étudié les écarts entre les formants voisins dans le même spectre, dans l'objectif d'avoir une vision plus large des modifications du spectre lors de la variation tonale. Cela nous permet ainsi d'exploiter les possibilités perceptives que ces modifications spectrales exposent. La figure 87 illustre les écarts de tonie (Mel) entre les formants voisins dans toutes les phases de /a/ sur les quatre tons.

Suivant l'observation des courbes de variation des écarts dans ces figures, nous avons remarqué que de manière globale, ces écarts varient davantage en voix modale, par rapport à ceux en voix chuchotée, à l'exception de l'écart F2-F1. Quel que soit le mode de phonation, l'écart F2-F1 et l'écart F3-F2 ont tendance à augmenter lorsqu'il s'agit d'un pitch tonal élevé (dans le trait [+U] ou le trait [h]) et à diminuer lorsqu'il s'agit d'un pitch tonal bas (dans le trait [-U] ou le trait [l]). En revanche, l'écart F4- F3 a tendance à augmenter là où apparaît un pitch tonal bas, et à diminuer là où apparaît un pitch tonal haut.

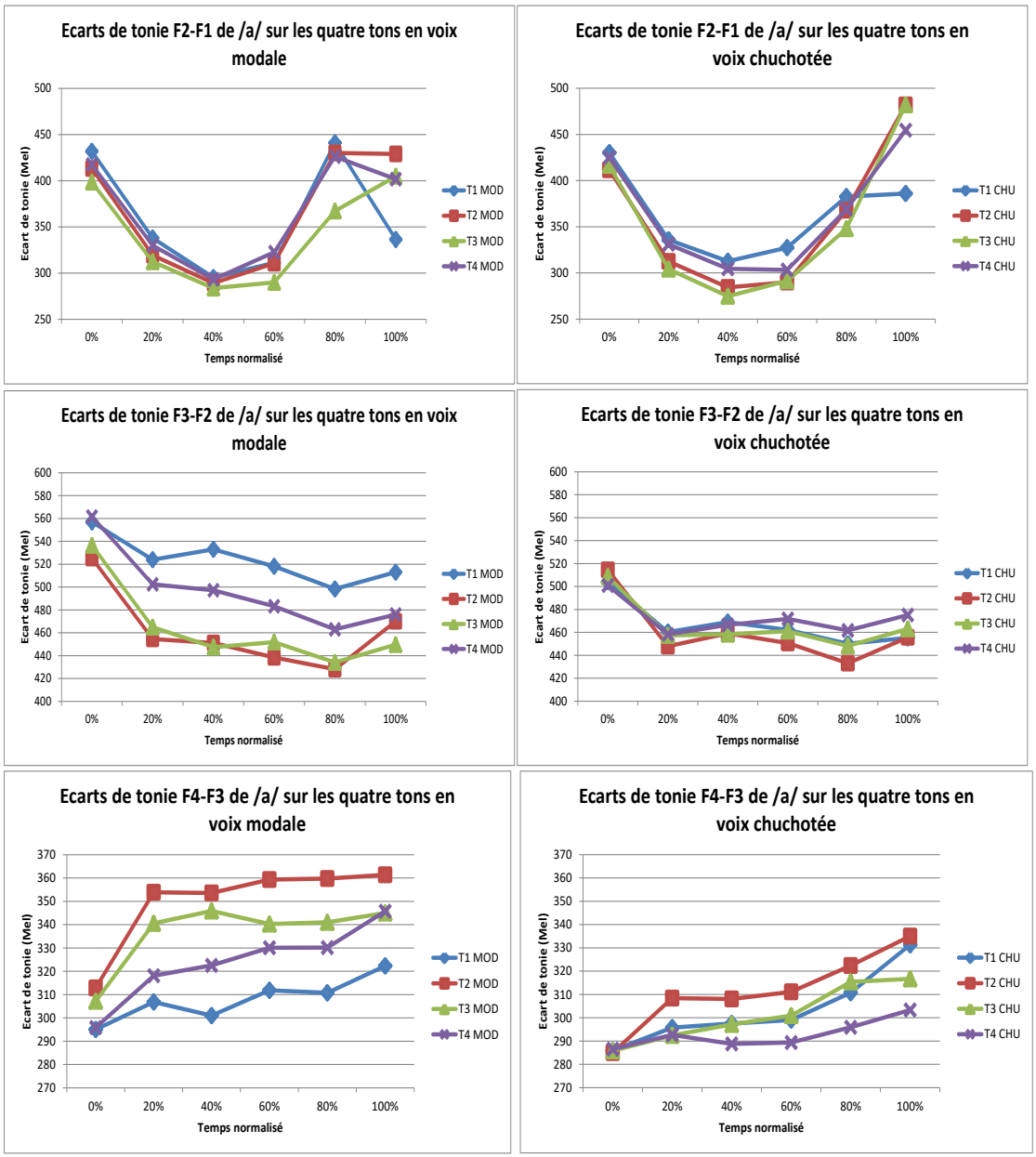


Figure 87 : Courbes des écarts en tonie (Mel) entre les formants voisins dans le spectre de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des écarts entre les fréquences centrales : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

8.1.3. Analyses des seuils différentiels et de la largeur des bandes critiques

Ces analyses contribuent à étudier l'audibilité des variations que nous avons observées précédemment dans le spectre. Sur la base de cette préoccupation, nous avons comparé dans un premier temps l'ensemble du spectre de /a/ en voix modale avec celui dans la voix chuchotée.

La figure 88 illustre un exemple d'extrait oscillographique et spectrographique des spectres de /a/ dans les deux modes de phonation en question. Dans cette figure, les différences entre les signaux sur le plan oscillographique démontrent de manière claire la conséquence de la modulation de fréquence et d'amplitude dans le signal en voix chuchotée. Par ailleurs, comparé au signal en voix modale sur le plan spectrographique, le signal en voix chuchotée se comporte comme un bruit de bande passe-haut qui laisse passer les fréquences au-dessus de 1000 Hz.

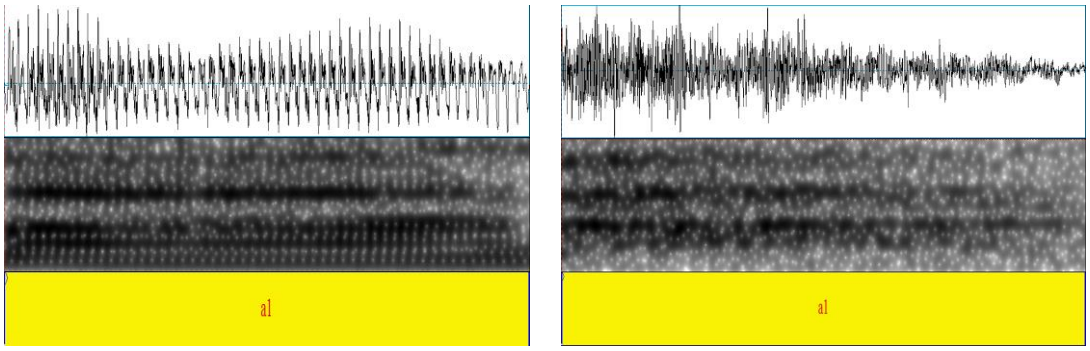


Figure 88 : Aperçu global du spectre de /a/ en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite) dans une fenêtre à une largeur de 5000 Hz (exemplaire de /a/ sur T1 de Sujet ZXF).

Ces caractéristiques des spectres nous permettent d'estimer les seuils différentiels pour les signaux dans les deux modes de phonation. Les seuils de la voix modale peuvent être calculés à partir des fréquences centrales des formants, et ceux de la voix chuchotée peuvent être retrouvés selon les valeurs des fréquences porteuses mesurées.

Tableau 75 : Les moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants (Hz) et seuils différentiels de variation de fréquence correspondants, dans toutes les phases de /a/ en voix modale.

/a/	*VM*							
	F1 (Hz)		**F2 (Hz)**		**F3 (Hz)**		**F4 (Hz)**	
phase	Moy Inter	Seuil	Moy Inter	Seuil	Moy Inter	Seuil	Moy Inter	Seuil
0%	882	3	1583	6	3003	11	4142	14
20%	1072	4	1663	6	2941	10	4175	15
40%	1132	4	1669	6	2937	10	4172	15
60%	1112	4	1682	6	2926	10	4179	15
80%	993	3	1746	6	2966	10	4233	15
100%	659	2	1745	6	3034	11	4362	15

Le tableau 75 présente les fréquences centrales généralisées aux quatre premiers formants de /a/, ainsi que les seuils différentiels correspondants (équivalents à 3,5‰ des fréquences centrales, *cf.* Section 3.2.). À partir de ce tableau, nous pouvons constater que le seuil différentiel de variation de F1 est de 2 - 4 Hz, le seuil de F2 est de 6 Hz, le seuil de F3 est de 10-11 Hz et le seuil de F4 est de 15 Hz. Suite à une révision des variations spectrales de /a/ observées précédemment en voix modale (*cf.* Figures 79, 81, 83 et 85), nous affirmons que ces variations en fonction du ton dépassent les seuils différentiels, c'est-à-dire qu'elles sont perceptibles.

En ce qui concerne l'estimation des seuils différentiels de la voix chuchotée, la figure 89 illustre les Moy Inter des fréquences porteuses mesurées sur les quatre tons dans les spectres de /a/ en voix chuchotée. Cette figure montre que les fréquences porteuses sont plus ou moins similaires sur les quatre tons. Elles correspondent à des valeurs autour de 140 Hz, à l'exception de la fréquence porteuse sur T2 qui est plus élevée que les autres. D'autre part, d'après les barres d'erreurs qui indiquent les écart-types interindividuels, la fréquence porteuse varie considérablement d'un sujet à l'autre.

Suite à une révision du rapport entre la fréquence porteuse et le seuil différentiel de variation de fréquence (*cf.* Section 3.2. Figures 18 et 19), nous constatons que les fréquences porteuses, mesurées ici, correspondent à un seuil différentiel supérieur à 50 Hz mais inférieur à 100 Hz. C'est-à-dire qu'en voix chuchotée, les variations de fréquence en dessous de 50 Hz risquent de ne pas pouvoir être perçues. Vu que le spectre de /a/ en voix chuchotée se présente comme un bruit de bande passe-haut, les seuils différentiels dans ce contexte doivent donc être indépendants du niveau de l'intensité. Nous rappelons que parmi les divergences spectrales que /a/ a connues en voix chuchotée en fonction du ton (*cf.* Figures 80, 82, 84 et 86), les divergences au

niveau de F1 ne dépassent pas les seuils estimés alors que les divergences des autres formants dépassent les seuils mais ce, plutôt au milieu et vers la fin de la voyelle.

Il est à noter d'ailleurs que plus la fréquence porteuse est haute, plus le seuil différentiel est élevé. Par ce fait, nous supposons que T2 exige probablement davantage de variations de fréquence que les autres tons pour être perçu sur /a/.

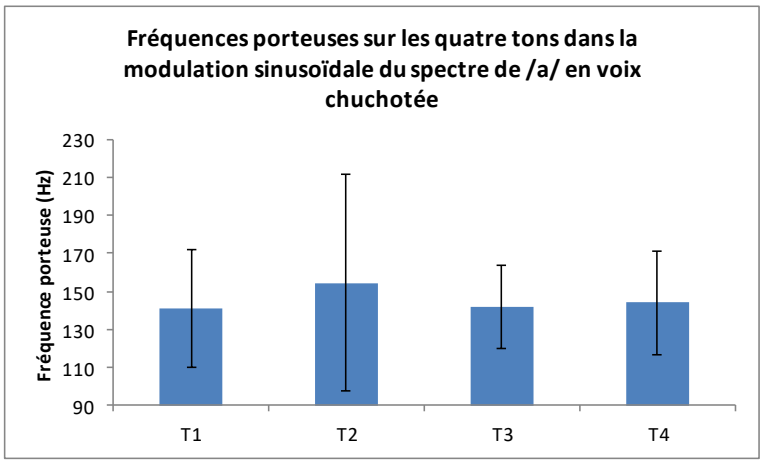


Figure 89 : Moyennes interindividuelles des fréquences porteuses sur les quatre tons dans la modulation sinusoïdale du spectre de /a/ en voix chuchotée.

Tableau 76 : Moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants (Hz) et de la largeur des bandes critiques correspondantes dans toutes les phases de /a/ : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/	*VM*								*VC*							
	F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)		F4 (Hz)		F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)		F4 (Hz)	
phase	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC
0%	882	154	1583	239	3003	470	4142	711	949	161	1690	254	3047	478	4126	707
20%	1072	175	1663	250	2941	458	4175	719	1176	187	1793	268	3038	476	4162	716
40%	1132	182	1669	251	2937	457	4172	718	1209	191	1777	266	3039	477	4165	716
60%	1112	180	1682	253	2926	455	4179	720	1195	190	1778	266	3033	476	4167	717
80%	993	166	1746	262	2966	463	4233	732	1109	179	1802	270	3026	474	4207	726
100%	659	131	1745	262	3034	476	4362	763	896	155	1808	271	3081	485	4327	755

Tableau 77 : Moyennes interindividuelles de la largeur des quatre premiers bandes formantiques mesurée à 50% de /a/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/	F1(Hz)	F2(Hz)	F3(Hz)	F4(Hz)
VM	190.75	192.06	216.04	375.19
VC	193.65	180.58	238.96	365.88

Les tableaux 76 et 77 présentent, respectivement, la largeur des bandes critiques estimée et celle des bandes formantiques réellement mesurée dans les spectres de /a/.

Dans le tableau 76, la largeur des bandes critiques est estimée à partir des Moy Inter des fréquences centrales des formants. Elle reflète un niveau hypothétique du potentiel perceptif d'un auditeur qui écoute les signaux chuchotés. Avec les

fréquences centrales variant d'une phase à l'autre dans le spectre de /a/, la largeur des bandes critiques estimée est censée connaître aussi des variations d'une phase à l'autre. En observant ce tableau, nous avons remarqué que les bandes critiques en voix chuchotée sont probablement plus larges que celles en voix modale.

Toutefois, la largeur des bandes formantiques est plus ou moins constante dans les spectres de /a/. Ainsi, le tableau 76 présente seulement les Moy Inter calculées à la base des mesures prises à 50% de /a/, normalisée au niveau du temps (*cf.* Tableaux 319-322 dans les Annexes 5). Ce tableau montre que la largeur de F4 est plus importante que la largeur de F3. Cette dernière est, d'ailleurs, plus importante que la largeur de F1 et de F2. En outre, la largeur de F2 varie moins et la largeur de F4 varie plus entre les sujets, par rapport à la largeur des autres formants.

En comparant les données dans ces deux tableaux, nous avons trouvé que la largeur de F1 est proche de celle de sa bande critique correspondante. Plus précisément, plus la fréquence centrale du formant est haute, plus l'écart entre la largeur de bande formantique et la largeur de bande critique est grande. Cela signifie que les fréquences marginales dans la bande de F1 seront masquées une fois elles dépassent l'étendue de la bande critique correspondante alors que cela n'apparaîtrait pas dans les formants situés dans les hautes fréquences (F3 et F4). Autrement dit, les hautes fréquences pourraient être plus aptes que les fréquences basses à conserver des informations mélodiques.

8.2. Divergence spectrale du segment vocalique dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale *vs* voix chuchotée

8.2.1. Étude des courbes des formants isolés et de leurs tonies correspondantes

Cette étude, comme celle sur la divergence spectrale dans /pi/, s'appuie sur la Moy Inter de la fréquence centrale de chaque formant en Hz ainsi que leur tonie correspondante en Mel.

Étude des courbes F1 et de leurs tonies correspondantes

La figure 90 illustre les courbes F1 de /i/ en Hz et la figure 91 les courbes de tonie en Mel. À partir de ces figures, nous constatons que : *a*) en général, en voix modale, la courbe F1 de /i/ présente une tendance montante-descendante au fil du temps,

toutefois sa forme change lorsque le ton varie. En voix chuchotée, elle présente une tendance descendante et sa forme spécifique dépend du contexte tonal. *b*) Les courbes F1 en voix modale connaissent plus de variations (F1 variant entre 300 Hz et 370 Hz, la tonie variante entre 300 Mel et 370 Mel), par rapport à la voix chuchotée (F1 variant entre 370 Hz et 420 Hz, la tonie variante entre 370 Mel et 420 Mel). En revanche, dans la même phase, les valeurs de F1 en voix chuchotées sont supérieures à ses valeurs en voix modale. *c*) En voix modale, la position du pic dans la courbe F1 varie en fonction du ton, alors qu'en voix chuchotée, la forme de la courbe semble indépendante du contexte tonal entre 20% et 80% de /i/. En revanche, à 0% et à 100%, les valeurs de F1 semblent correspondre aux traits tonals binaires [+/-U] et [h/l]. Plus précisément, au début de la voyelle, le trait [+U] correspond aux valeurs de F1 plus élevées et [-U] aux valeurs plus basses. À la fin de la voyelle, le trait [h] correspond aux valeurs de F1 plus élevées et [l] aux valeurs plus basses.

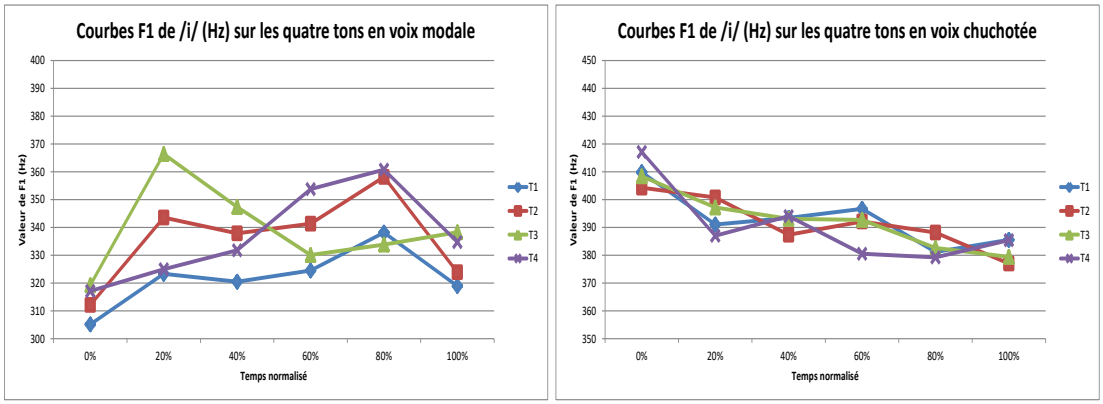


Figure 90 : Courbes F1 (Hz) de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F1 : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

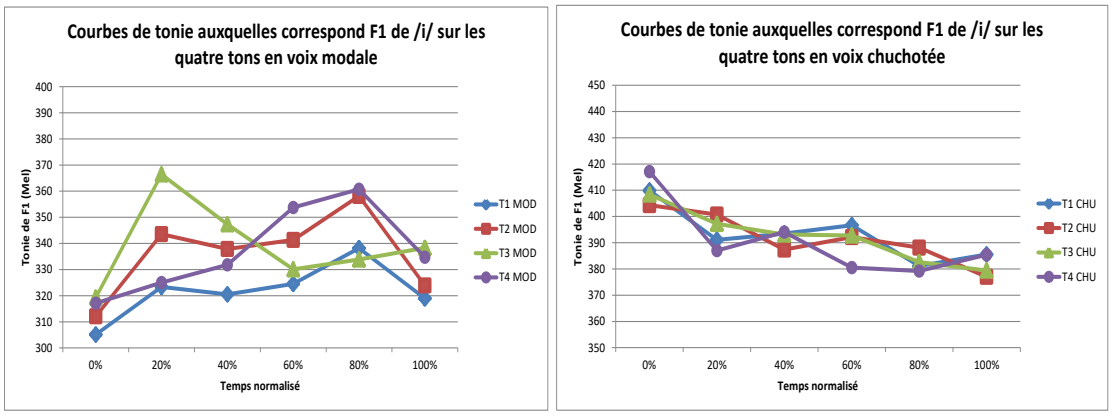


Figure 91 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F1 de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

Tableau 78 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F1 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pi/.

	F1														
VM	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	***	ns	T1		ns	*	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				***	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	*	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
VC	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Le tableau 78 présente les résultats des analyses de l'effet du ton sur F1, et ce, dans les deux modes de phonation dans /pi/, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Les analyses *ANOVA* ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire.

En observant ce tableau, nous pouvons constater que dans ce contexte, l'effet du ton sur F1 se manifeste davantage en voix modale alors qu'il n'est pas significatif en voix chuchotée. En voix modale, les divergences au niveau de F1 sont significatives entre 20% et 60% de la voyelle /i/. Plus précisément, entre les tons en contraste au trait [+/-U] (c'est-à-dire entre T1 et T2, et entre T3 et T4), les divergences au niveau de F1 ne sont pas significatives entre T1 et T2 alors que celles entre T3 et T4 sont significatives à 20% de la voyelle. Entre les tons en contraste au trait [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4, et entre T2 et T3), les divergences au niveau de F1 sont significatives entre T1 et T4 seulement à 60% de la voyelle (p < 0,001) alors que celles entre T2 et T3 ne sont pas significatives dans toutes les phases. Entre les tons qui sont en deux types de contraste (c'est-à-dire entre T1 et T3, et entre T2 et T4), les divergences significatives au niveau de F1 se produisent principalement entre T1 et T3, et ce, entre 20% et 40% de la voyelle.

Étude des courbes F2 et de leurs tonies correspondantes

Les courbes de variation de F2 dans le spectre de /i/ sur les quatre tons sont comme celles illustrées dans la figure 92, et les courbes de tonie correspondante dans la figure 93.

En observant ces courbes, nous avons remarqué que : *a*) dans les deux modes de phonation, la courbe de F2 de /i/ présente une forme montante-descendante. En voix modale, les courbes commencent à 2800-2900 Hz (équivalent à 1810-1840 Mel en tonie) et se terminent à 2700-2800 Hz (équivalent à 1780-1800 Mel en tonie). En voix chuchotée, elles commencent à 2700-2750 Hz (équivalent de 1770-1790 Mel) et se terminent à 2650-2750 Hz (équivalent à 1760-1790 Mel). Ceci correspondrait au mouvement du dos de la langue vers la région antérieure de la cavité buccale, suivi par le rapprochement entre la langue et la partie vélaire pour produire /ts/. *b*) La position et le niveau du pic dans la courbe F2 change lorsque le ton varie en voix modale. *c*) Les courbes F2 de /i/ connaissent davantage de variations en fonction du ton en voix modale, par rapport à la voix chuchotée. Plus précisément, en voix modale, les courbes s'étendent dans la zone entre 2700 Hz et 3050 Hz (1780-1890 Mel en tonie). En voix chuchotée, elles s'étendent entre 2650 Hz et 3000 Hz (1760-1880 Mel en tonie). *d*) Si nous employons les traits tonals binaires, nous découvrons qu'en voix modale, les courbes sur les tons au trait [h] commencent à des valeurs plus importes que celles au début des courbes au trait [l], alors que ces premières courbes se terminent à des valeurs moins importantes que celles à la fin de ces dernières courbes. Par ailleurs, dans le même mode de phonation, au milieu de la voyelle, les courbes sur les tons au trait [+U] se situent plus haut sur l'échelle des valeurs que les courbes au trait [-U]. Quant à la voix chuchotée, elle n'amène pas de tendance évidente dans la variation de F2.

Du point de vue articulatoire, les courbes F2 dans cette figure pourraient suggérer au milieu du timbre de /i/ une position de la langue plus proche de la région antérieure de la cavité buccale lorsque /i/ porte un ton au trait [+U]. Ces courbes pourraient également indiquer une position du larynx relativement haute lorsque /i/ porte un ton au trait [+U].

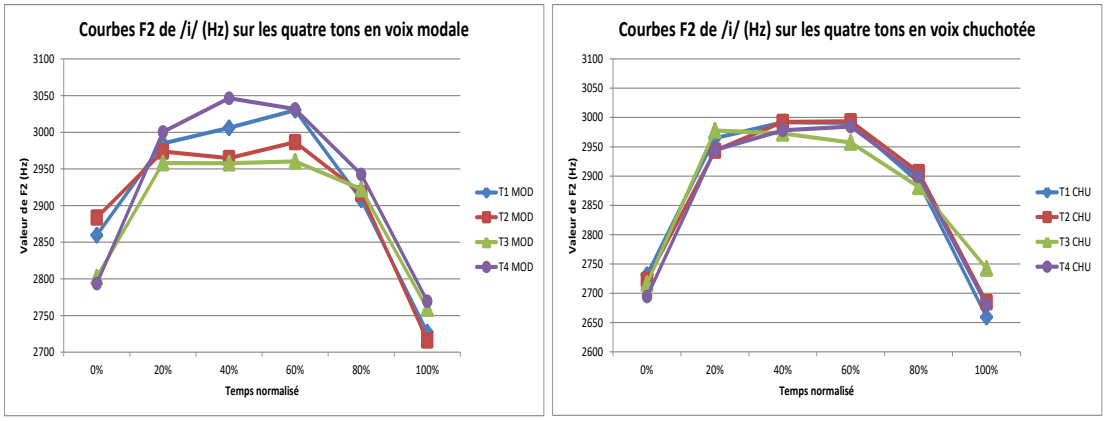


Figure 92 : Courbes F2 (Hz) de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F2 : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

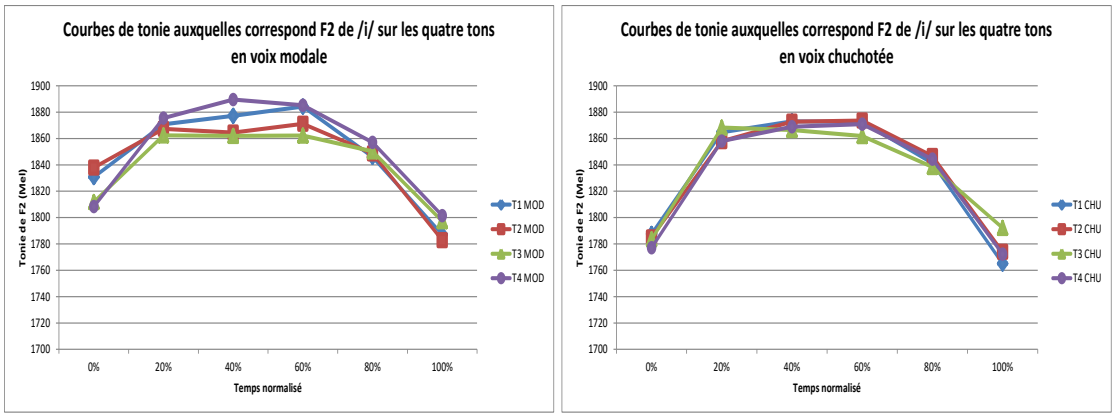


Figure 93 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F2 de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

Tableau 79 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F2 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pi/.

	F2														
VM	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
VC	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Le tableau 79 montre les résultats des analyses *One-Way ANOVA* de l'effet du ton sur F2, et ce, dans les deux modes de phonation dans /pi/, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Les analyses *ANOVA* ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire. Ces résultats montrent que dans ce contexte, les divergences au niveau de F2 en fonction du ton ne sont pas significatives, ni en voix modale ni en voix chuchotée.

Étude des courbes F3 et de leurs tonies correspondantes

La variation de F3 (Hz) en fonction du ton dans les deux modes de phonation est illustrée dans la figure 94, et sa variation de tonie dans la figure 95.

Ces deux figures indiquent que : *a*) quel que soit le mode de phonation concerné, la courbe F3 de /i/ présente une forme montante-descendante, toutefois le niveau de son pic change lorsque le ton varie. *b*) Sur le même plan de valeurs, il nous paraît que les courbes F3 varient légèrement plus en voix modale qu'en voix chuchotée. Ceci est surtout visible à 40% de /i/. Toutefois, les courbes F3 se situent en général dans la même zone sur l'échelle des valeurs. En voix modale, les courbes s'étendent entre

3200 Hz et 3750 Hz (1940-2080 Mel en tonie), alors qu'en voix chuchotée, elles se situent entre 3250 Hz et 3730 Hz (1950-2080 en tonie). *c*) En voix modale, un effet des traits [+/-U] nous semble se manifester entre 20% et 60% de /i/, avec le trait [-U] correspondant aux valeurs de F3 plus importantes et le trait [+U] aux valeurs moins importantes dans ces phases. En outre, en voix chuchotée, aucune corrélation ne peut s'établir entre la courbe F3 et le ton.

Si nous prenons en compte les divergences aux niveaux de F2 et de F3 dans l'analyse du spectre de /i/ (*cf.* Figure 92 et 94), nous remarquerons qu'en voix modale, le décalage F3-F2 est plus important lorsque /i/ porte un ton au trait [-U] et ce, au milieu du timbre de /i/. Cela indique, d'après nous, que /i/ est produite avec une constriction linguale plus fermée et une position de la langue plus avancée lorsqu'elle porte un ton au trait [-U]. Ces divergences ne sont pas reproduites en voix chuchotée.

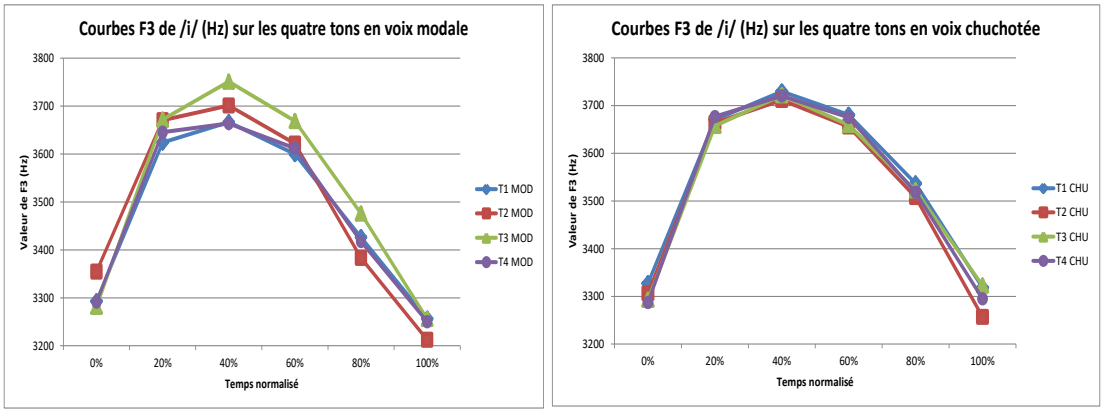


Figure 94 : Courbes F3 (Hz) de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F3 : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

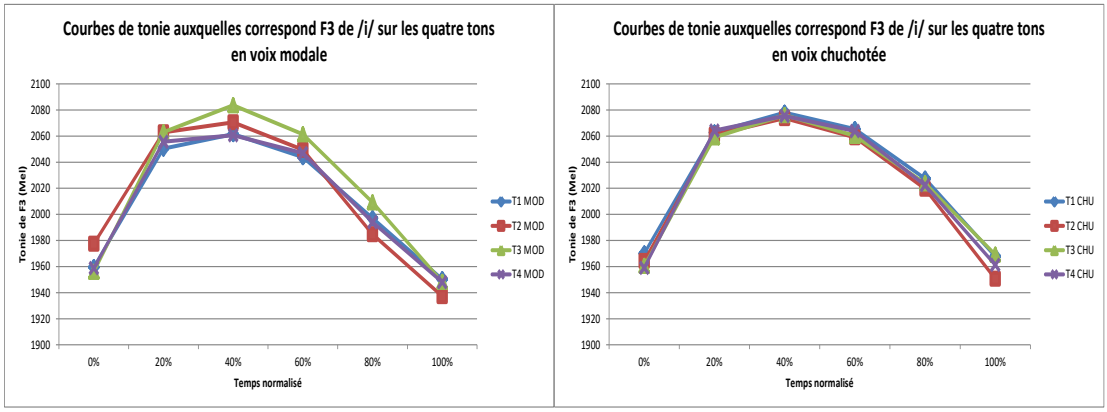


Figure 95 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F3 de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

Tableau 80 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F3 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pi/.

	F3														
VM	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
VC	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				

* = $p \leq 0,05$ ** = $p \leq 0,01$ *** = $p \leq 0,001$ ns = $p > 0,05$

Les résultats des analyses *One-Way ANOVA* de l'effet du ton sur les divergences au niveau de F3 dans les deux modes de phonation dans /pi/ sont présentés dans le tableau 80, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Les analyses *ANOVA* ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire. En observant ce tableau, nous avons pu constater que dans ce contexte, l'effet du ton sur F3 n'est pas significatif dans les deux modes de phonation, similaire à son cas sur F2 dans le même contexte.

Étude des courbes F4 et de leurs tonies correspondantes

Suite à l'observation de la figure 96 qui illustre la variation de F4 (Hz) de /i/ sur les quatre tons et de la figure 97 qui illustre la même variation au niveau de la tonie, nous avons formulé les remarques suivantes : *a*) de manière générale, la courbe F4 de /u/ présente une tendance montante-plate dans tous les modes de phonation. *b*) Sur le même plan de valeurs, les courbes F4 varient dans la même zone en voix modale ainsi qu'en voix chuchotée. En voix modale, les courbes F4 commencent entre 4150 Hz et 4240 Hz (équivalent à 2180-2200 Mel en tonie) et se terminent entre 4400 Hz et 4550 Hz (équivalent à 2230-2270 Mel en tonie). En voix chuchotée, elles commencent entre 4170 Hz et 4250 Hz (2180-2200 Mel en tonie) et se terminent entre 4400 Hz et

4490 Hz (2230-2260 Mel en tonie). *c*) Dans les deux modes de phonation, les valeurs de F4 de /i/ nous semblent corrélées avec les registres tonals binaires. Les courbes F4 sur les tons au trait [+U] se situent au-dessus de celles au trait [-U] sur l'échelle des valeurs et ce, dans toutes les phases de /i/. En outre, les courbes au même registre tonal commencent à des valeurs similaires, les courbes au trait [+U] étant supérieures aux courbes au trait [-U]. *d*) À la fin de la voyelle, l'effet des traits [h/l] se manifeste sur F4. Plus précisément, les valeurs de F4 sur les tons au même trait [h/l] sont similaires. Lorsqu'il s'agit des tons aux traits [h/l] différents, la valeur F4 sur un ton au trait [h] est plus élevée que la valeur de F4 sur un ton au trait [l]. Ces tendances de variation au niveau de F4 s'apparentent à celles observées dans la variation de F0 (*cf.* Chapitre 6. Figure 57).

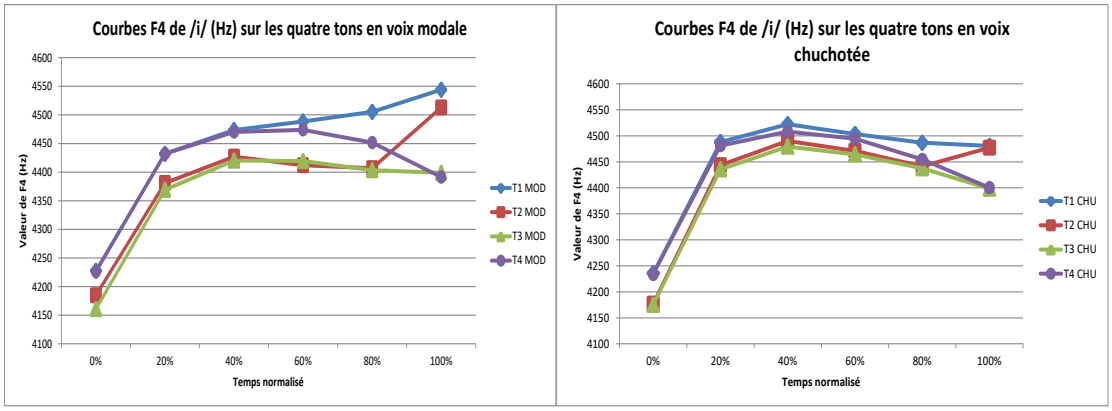


Figure 96 : Courbes F4 (Hz) de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F4 : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

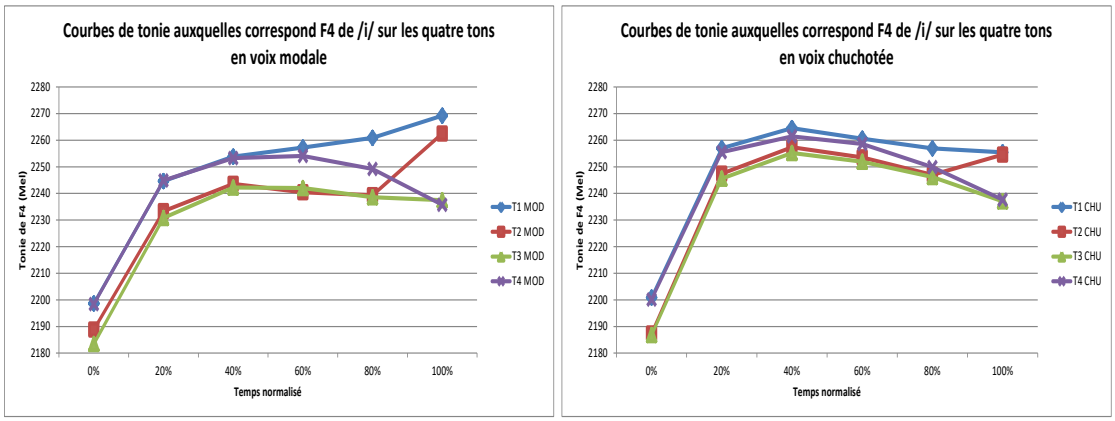


Figure 97 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F4 de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

Tableau 81 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F4 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pi/.

	F4														
VM	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		*	**	ns	T1		ns	**	***
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			*	**
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
VC	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Les résultats des analyses *One-Way ANOVA* de l'effet du ton sur les divergences au niveau de F4 dans les deux modes de phonation dans /pi/ sont présentés dans le tableau 81, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Les analyses *ANOVA* ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire.

L'observation de ce tableau nous amène à constater que dans ce contexte, l'effet du ton sur F4 se manifeste davantage en voix modale, alors qu'il n'est pas significatif en voix chuchotée. En voix modale, les divergences au niveau de F4 sont significatives entre 80% et 100% de la voyelle /i/. Plus précisément, entre les tons en contraste au trait [+/-U] (c'est-à-dire entre T1 et T2, et entre T3 et T4), les divergences au niveau de F4 entre T1 et T2 sont significatives à 80% de la voyelle alors que celles entre T3 et T4 ne sont pas significatives quelle que soit la phase. Entre les tons en contraste au trait [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4, et entre T2 et T3), les divergences au niveau de F4 sont significatives à 100% de la voyelle. Quant aux tons en contraste avec les deux types de traits (c'est-à-dire entre T1 et T3, et entre T2 et T4), les divergences significatives au niveau de F4 entre T1 et T3 se produisent entre 80% et 100% de la voyelle tandis que celles entre T2 et T4 se produisent à 100% de /i/.

8.2.2. Analyse des écarts (Mel) entre les formants voisins

La figure 98 illustre les écarts de tonie (Mel) entre les formants voisins dans toutes les phases de /i/ sur les quatre tons, et ce, dans les deux modes de phonation.

En observant les écarts dans cette figure, nos constats sont que de manière globale, les écarts semblent varier davantage en voix modale, par rapport à ceux en voix chuchotée. Plus précisément, en voix modale, l'écart F2-F1 et l'écart F4-F3 montrent une tendance croissante sur un pitch tonal haut (dans le trait [+U] et le trait [h]), et une tendance décroissante sur un pitch tonal bas (dans le trait [-U] et le trait [l]) et ce, à l'exception de l'écart F2-F1 sur T2. En revanche, entre 20% et 60% de /i/, l'écart F3-F2 présente des tendances similaires que celles dans l'écart F2-F1. À la fin de /i/, l'écart F3-F2 présente une tendance croissante lorsqu'il s'agit d'un trait [l] et une tendance décroissante lorsqu'il s'agit d'un trait [h]. En voix chuchotée, les écarts entre les formants voisins varient peu en fonction du ton dans toutes les phases de /i/ sauf à 100%.

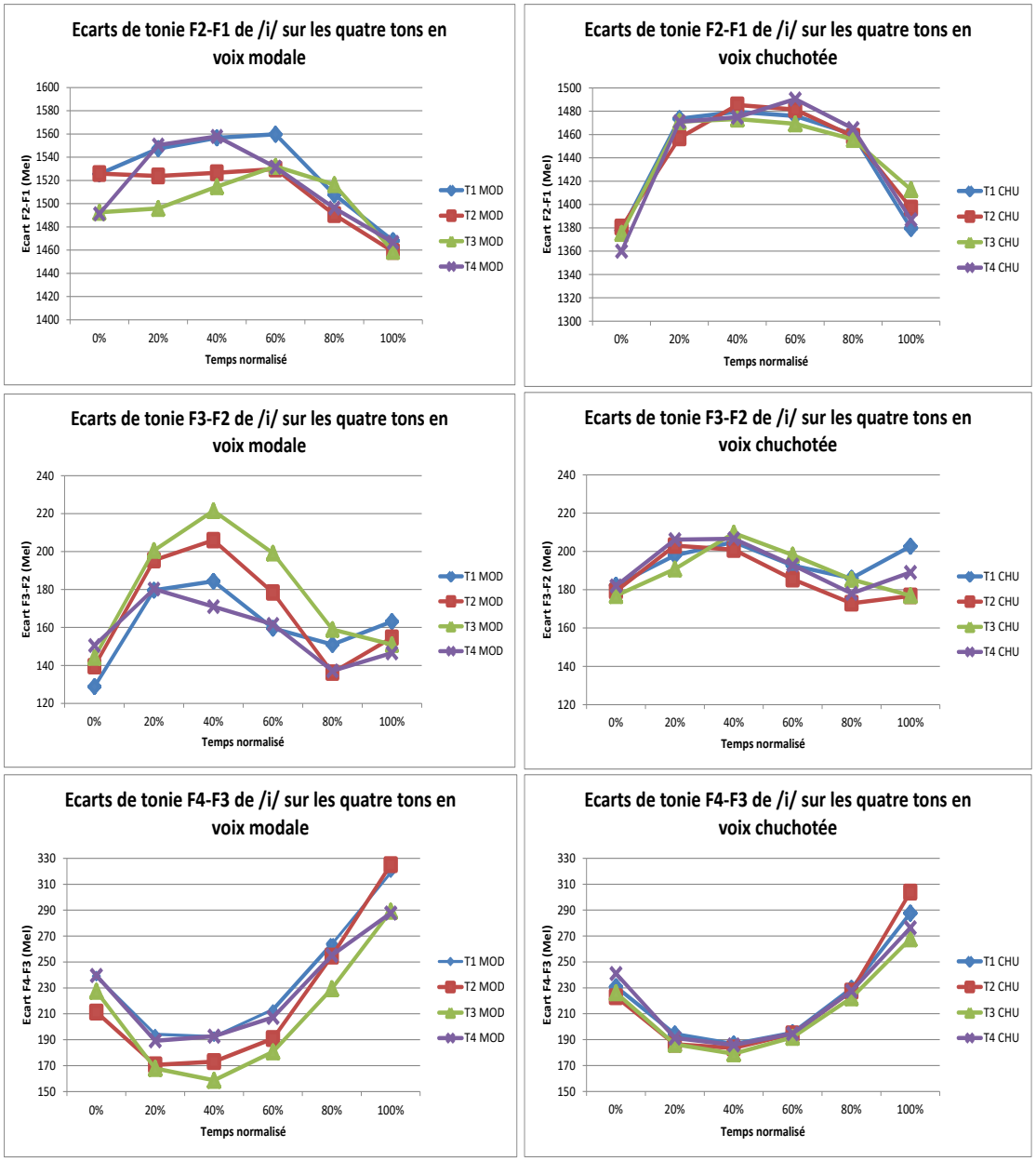


Figure 98 : Courbes des écarts en tonie (Mel) entre les formants voisins dans le spectre de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des écarts entre les fréquences centrales : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

8.2.3. Analyses des seuils différentiels et de la largeur des bandes critiques

Dans cette partie de notre étude, nous avons comparé au premier temps l'ensemble du spectre de /a/ en voix modale avec celui dans la voix chuchotée. La figure 99 illustre un exemple de comparaison sur les plans oscillographique et spectrographique.

En observant cette figure, nous avons remarqué la conséquence de la modulation de fréquence et d'amplitude sur le signal en voix chuchotée. Par ailleurs, comparé au signal en voix modale sur le plan spectrographique, le signal en voix chuchotée se comporte comme un bruit de bande passe-haut qui laisse passer les fréquences au-

dessus de 2000 Hz. F1 de /i/, qui est autour de 350 Hz en voix modale, montre peu d'énergie en soi en voix chuchotée.

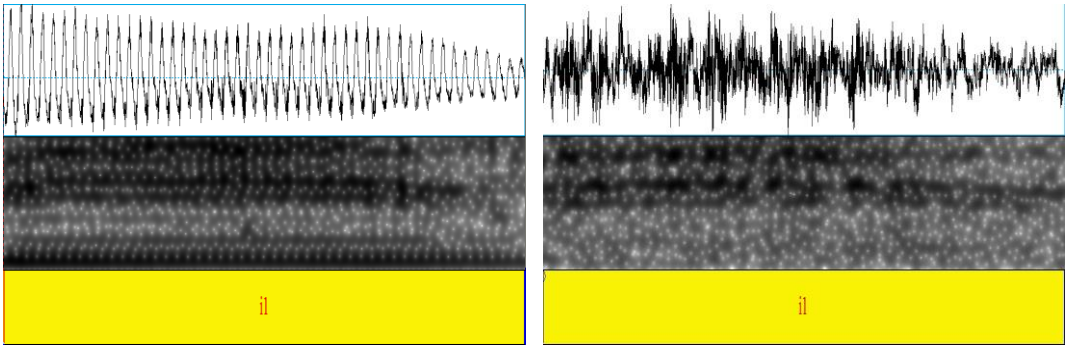


Figure 99 : Aperçu global du spectre de /i/ en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite) dans une fenêtre à une largeur d'environ 5000 Hz (exemplaire de /i/ sur T1 de Sujet ZXF).

Sur la base de ces caractéristiques spectrales, nous avons estimé les seuils différentiels pour les signaux dans les deux modes de phonation. Les seuils de la voix modale peuvent être calculés à partir des fréquences centrales des formants, et ceux de la voix chuchotée peuvent être retrouvés selon les valeurs des fréquences porteuses mesurées.

Tableau 82 : Les moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants (Hz) et seuils différentiels de variation de fréquence correspondants, dans toutes les phases de /i/ en voix modale.

/i/	*VM*							
	F1 (Hz)		**F2 (Hz)**		**F3 (Hz)**		**F4 (Hz)**	
phase	Moy Inter	Seuil	Moy Inter	Seuil	Moy Inter	Seuil	Moy Inter	Seuil
0%	313	1	2835	10	3305	12	4200	15
20%	340	1	2979	10	3653	13	4404	15
40%	334	1	2994	10	3696	13	4448	16
60%	337	1	3002	11	3626	13	4448	16
80%	348	1	2922	10	3426	12	4442	16
100%	329	1	2743	10	3244	11	4462	16

Le tableau 82 présente les fréquences centrales généralisées des quatre premiers formants de /i/, ainsi que les seuils audibles correspondants en voix modale. Ces données indiquent que le seuil différentiel de variation de F1 est de 1 Hz, le seuil de F2 est de 10-11 Hz, le seuil de F3 est de 12-13 Hz et le seuil de F4 est de 15-16 Hz selon leurs moyennes. Quant aux variations formantiques en voix modale observées précédemment (*cf.* Figures 90, 92, 94 et 96), en prenant en compte les seuils différentiels, nous constatons que les variations de F1 et de F4 dépassent en général leurs seuils mais que les variations de F2 et de F3 se trouvent éventuellement en dessous de leurs seuils (*cf.* les Annexes 5, Tableaux 139-144 pour F1, Tableaux 163-168 pour F2, Tableaux 199-204 pour F3 et Tableaux 235-240 pour F4). Cela nous

indique que lorsque le spectre de /i/ subit une modification en fonction du ton, les variations de F1 et de F4 pourraient être plus audibles que les variations de F2 et de F3.

La figure 100 illustre les Moy Inter des fréquences porteuses mesurées sur les quatre tons dans les spectres de /i/ en voix chuchotée. Selon cette figure, la fréquence porteuse est relativement basse sur T2 et T4 (environ 180 Hz), et élevée sur T3 (environ 240 Hz). Les barres d'erreurs dans cette figure, correspondant aux écart-types interindividuels, nous indiquent, par ailleurs, que la fréquence porteuse varie considérablement d'un sujet à l'autre.

Vu que le spectre de /i/, comme ce que nous avons observé dans la figure 99, est proche d'un bruit de bande passe-haut limité à 2000 Hz, son seuil différentiel de variation de fréquence doit donc être plus hauts que ceux d'un son pur et doivent être d'ailleurs indépendants du niveau de l'intensité. Il est difficile de préciser le niveau du seuil dans un tel contexte sonore. Nous ne pouvons que déduire, à partir de l'estimation des seuils différentiels des sons purs (Zwicker et Feldtkeller 1981), que /i/ doit avoir un seuil plus haut que celui de /a/, c'est-à-dire supérieur à 50 Hz. En retournant aux variations spectrales que /i/ a connues en voix chuchotée en fonction du ton (*cf.* Figures 91, 93, 95 et 97), nous remarquons que parmi ces variations, seules celles de F4 dépassent éventuellement 50 Hz. Ceci signifie que l'oreille pourrait être insensible aux modifications introduites dans les trois premiers formants de /i/. Par ailleurs, plus la fréquence porteuse est haute, plus le seuil différentiel est élevé. Par ce fait, pour être perçu sur /i/, T1 et T3 devraient exiger davantage de variations de fréquence que T2 et T4.

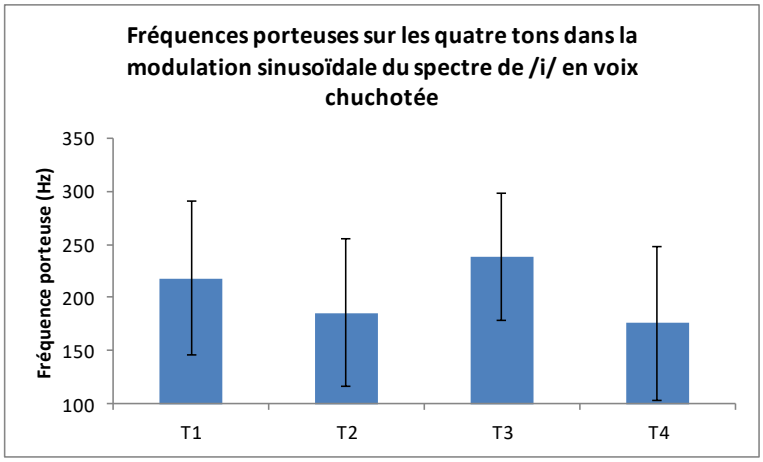


Figure 100 : Moyennes interindividuelles des fréquences porteuses sur les quatre tons dans la modulation sinusoïdale du spectre de /i/ en voix chuchotée.

Tableau 83 : Moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants (Hz) et de la largeur des bandes critiques correspondantes dans toutes les phases de /i/ : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/	*VM*								*VC*							
	F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)		F4 (Hz)		F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)		F4 (Hz)	
phase	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC
0%	313	98	2835	438	3305	529	4200	725	410	107	2716	417	3303	529	4205	726
20%	340	101	2979	465	3653	601	4404	773	394	106	2958	461	3667	604	4462	788
40%	334	100	2994	468	3696	610	4448	784	392	105	2984	466	3721	616	4500	797
60%	337	100	3002	470	3626	595	4448	784	391	105	2982	466	3668	604	4483	793
80%	348	101	2922	455	3426	553	4442	783	383	105	2894	449	3521	573	4455	786
100%	329	100	2743	422	3244	517	4462	788	382	104	2692	413	3298	527	4439	782

Tableau 84 : Moyennes interindividuelles de la largeur des quatre premiers bandes formantiques mesurée à 50% de /i/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/	*VM*			
	F1(Hz)	F2(Hz)	F3(Hz)	F4(Hz)
VM	176.88	258.73	258.25	280.56
VC	490.85	390.27	320.65	344.87

Suite à l'analyse des seuils différentiels des formants, nous avons comparé la largeur des bandes critiques estimées et celle des bandes formantiques réellement mesurées dans les spectres de /i/ (*cf.* Tableaux 83 et 84).

Le tableau 83 présente de nouveau les Moy Inter des fréquences centrales des formants de /i/, mais aussi la largeur des bandes critiques estimée à partir de ces premières. Avec les fréquences formantiques variant d'une phase à l'autre dans le spectre, la largeur des bandes critiques estimée est censée connaître aussi des variations d'une phase à l'autre. Les données dans ce tableau montrent que les bandes critiques en voix chuchotée et celles en voix modale ont des largeurs similaires.

Le tableau 84 présente les Moy Inter de la largeur des bandes formantiques (qui est plus ou moins constante dans le même spectre) de /i/ (voir Tableaux 323-326 dans les Annexes 4 pour les mesures spécifiques). À partir de ce tableau, nos constats sont qu'en voix modale, la largeur de F1 est plus étroite que celles des autres bandes formantiques. En voix chuchotée, les bandes formantiques sont plus larges que celles en voix modale, surtout celle de F1.

Nous assemblons les informations présentes dans ces deux tableaux en voix modale ainsi qu'en voix chuchotée, la largeur de F2, de F3 et de F4 ne dépasse pas celle des bandes critiques correspondantes. En revanche, la bande de F1 est plus large que sa bande critique correspondante en voix modale, alors qu'en voix chuchotée, cette première arrive à couvrir une zone de fréquences encore plus large. Plus la bande formantique est large, plus l'énergie est dispersée à l'intérieur de cette bande. De surcroît, le fait que la largeur d'une bande formantique dépasse celle de la bande critique signifie que dans cette bande une bonne partie des fréquences marginales qui se situent hors de la bande critique ne seront pas perçues par l'oreille. Ainsi, nous suggérons que F1 de /i/ risque de ne pas pouvoir fournir d'indices mélodiques à l'oreille à travers sa modification.

8.3. Divergence spectrale du segment vocalique dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale *vs* voix chuchotée

8.3.1. Étude des courbes des formants isolés et de leurs tonies correspondantes

Cette étude s'appuie sur la Moy Inter de la fréquence centrale de chaque formant en Hz ainsi que leur tonie correspondante en Mel.

Étude des courbes F1 et de leurs tonies correspondantes

La figure 101 illustre les courbes F1 de /u/ en Hz et la figure 102 les courbes de tonie en Mel. Ces figures montrent que : *a*) de manière globale, la courbe F1 de /i/ en voix modale présente une tendance montante-descendante. En voix chuchotée, elle présente une tendance plate-descendante. *b*) Les courbes F1 en voix modale semblent connaître davantage de variations (F1 variant entre 350 Hz et 430 Hz, la tonie variante entre 350 Mel et 430 Mel), par rapport à la voix chuchotée (F1 variant entre 400 Hz et 460 Hz, la tonie variante entre 400 Mel et 460 Mel). En revanche, dans la même phase, les valeurs de F1 en voix chuchotées sont supérieures à celles en voix modale.

c) En voix modale, au début de la voyelle, les valeurs de F1 les plus importantes apparaissent dans les courbes sur les tons au trait [-U] (T2 et T3) alors que les valeurs moins importantes apparaissent dans les courbes sur les tons au trait [+U] (T1 et T4). Toutefois, cette tendance se manifeste dans l'ordre inverse entre 20% et 80% de /i/. *d*) À la fin de la voyelle, les valeurs de F1 plus basses se trouvent dans les courbes sur les tons au trait [l] tandis que les valeurs plus élevées se trouvent dans les courbes au trait [h]. En voix chuchotée, nous n'avons pas observé de corrélation entre les courbes F1 et les tons.

Au niveau articulatoire, les divergences au niveau de F1 en voix modale pourraient indiquer une modification du degré d'aperture de la bouche en fonction du ton. C'est-à-dire qu'un pitch tonal haut correspond à une aperture de la bouche moins importante au début et à la fin de la voyelle /u/, tandis qu'au milieu du timbre, il correspond à une aperture plus importante. En voix chuchotée, les valeurs de F1 ne montrent pas de modification articulatoire qui serait spécifiquement liée au ton.

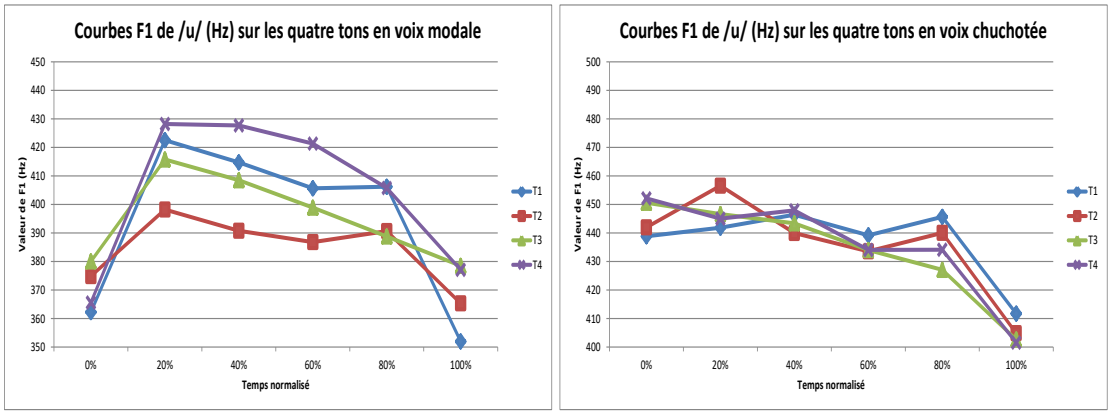
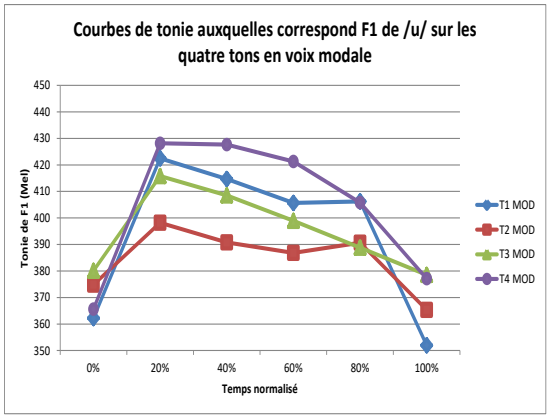


Figure 101 : Courbes F1 (Hz) de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F1 : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).



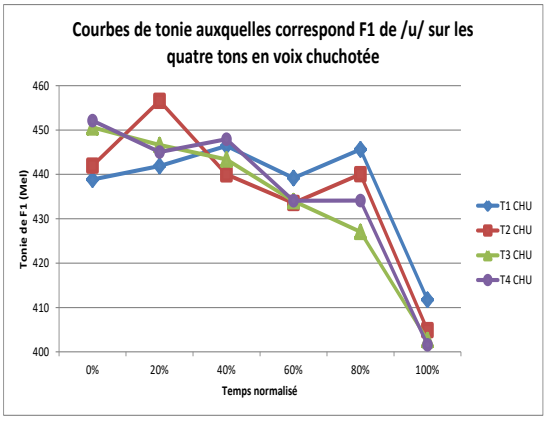


Figure 102 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F1 de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

Tableau 85 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F1 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pu/.

	F1														
VM	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
VC	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				

* = $p \leq 0{,}05$ ** = $p \leq 0{,}01$ *** = $p \leq 0{,}001$ ns = $p > 0{,}05$

Le tableau 85 présente les résultats des analyses *One-Way ANOVA* de l'effet du ton sur F1, et ce, dans les deux modes de phonation dans /pu/, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Les analyses *ANOVA* ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire. Nous avons remarqué, dans l'observation de ce tableau, que dans ce contexte, les divergences au niveau de F1 ne sont pas significatives entre les tons, ni en voix modale ni en voix chuchotée.

Étude des courbes F2 et de leurs tonies correspondantes

Les courbes F2 dans le spectre de /u/ sur les quatre tons sont dans la figure 103, et les courbes de tonie correspondante dans la figure 104.

En observant ces courbes, nous avons constaté que : *a*) dans les deux modes de phonation, la courbe F2 de /u/ présente une tendance descendante-montante, correspondant théoriquement au mouvement du dos de la langue vers l'arrière, celui suivi par un autre mouvement de la langue vers l'avant afin de produire la consonne affriquée /ts/. Cette tendance correspond également au processus d'augmentation-réduction de la protrusion des lèvres dans la production de /u/. *b*) Sur le même plan de valeurs, il nous semble que les courbes F2 de /u/ connaissent davantage de variations en fonction du ton en voix modale, par rapport à la voix chuchotée. En voix modale, les valeurs de F2 varient entre 880 Hz et 1350 Hz (équivalent à 900-1200 Mel en tonie) ; en voix chuchotée, elles varient entre 1130 Hz et 1330 Hz (équivalent à 1080-1200 Mel en tonie). *c*) Si nous employons ici les traits tonals binaires, nous observerons qu'en voix modale, les courbes sur les tons au trait [-U] commencent à des valeurs plus importantes que celles des courbes au trait [+U]. Cette tendance se manifeste jusqu'à 60% de la voyelle. En revanche, il est difficile d'établir une corrélation entre les valeurs de F2 et les traits [h/l]. Quant à la voix chuchotée, dans ce mode de phonation, il nous semble que les courbes sur les tons au trait [l] commencent à des valeurs plus importantes que celles au début des courbes au trait [h], alors que les courbes au trait [l] se terminent à des valeurs plus basses que celles à la fin des courbes au trait [h]. Dans ce mode de phonation, les traits [+/-U] semblent avoir peu d'effet sur F2.

Ces divergences au niveau de F2 nous indiqueraient d'ailleurs des modifications articulatoires en fonction du ton porté. F2, dans la prodution de /u/, augmente avec l'abaissement mandibulaire et lingual. Il est également sensible à l'arrondissement et à la protrusion des lèvres. En voix modale, un pitch tonal haut, souvent correspondant à des valeurs de F2 relativement basses au début et au milieu du timbre de /u/, pourrait être lié à une protrusion des lèvres plus importante, une position de la langue moins avancée, ou à une position du larynx plus basse. En revanche, à la fin de la voyelle, il correspond à des valeurs de F3 plus élevées, celles qui reflètent avant tout, d'après nous, la diminution de la protrusion des lèvres et l'abaissement mandibulaire.

En voix chuchotée, il nous semble que l'effet des traits [h/l] préside dans les divergences au niveau de F2. C'est-à-dire que le trait [h] correspond à des valeurs de F2 basses au début de la voyelle, et à des valeurs plus élevées à la fin de la voyelle. Cela indique que ce trait pourra îî mener à une protrusion des lèvres plus importante au début du timbre et moins importante à la fin. De plus, les valeurs élevées de F2 sur [h] à la fin de la voyelle pourraient également être dues à un abaissement mandibulaire plus remarquable à la fin de la voyelle. Le trait [l], quant à lui, montre une tendance contraire au trait [h].

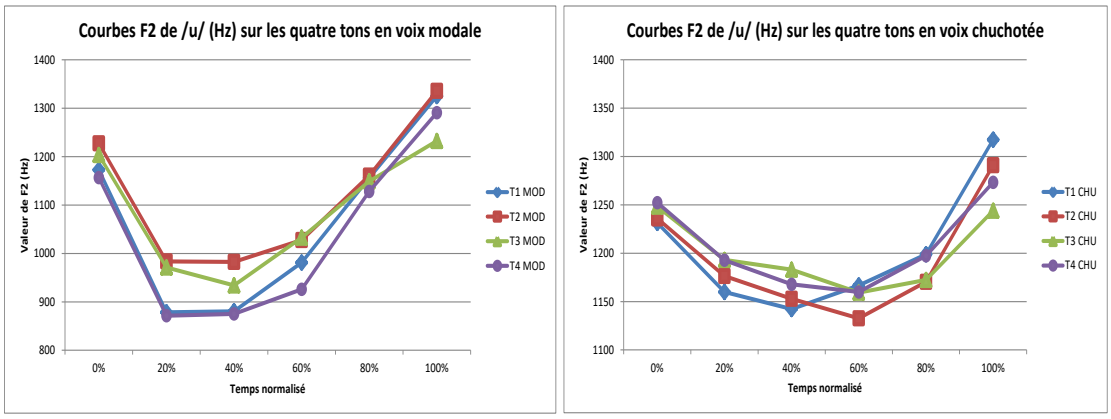


Figure 103 : Courbes F2 (Hz) de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F2 : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

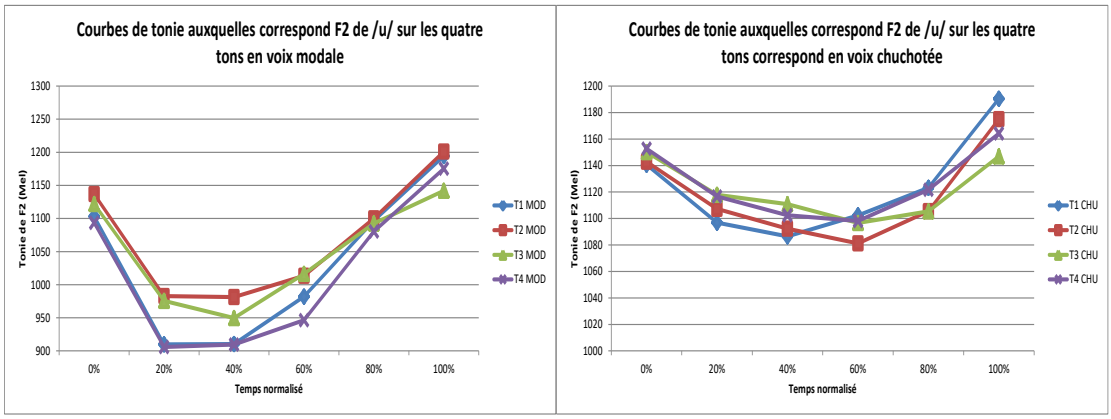


Figure 104 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F2 de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

Tableau 86 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F2 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pu/.

	F2														
VM	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		*	ns	ns	T1		*	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	*	T2			ns	*
	T3				ns	T3				*	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	*	ns
	T2			ns	*	T2			ns	ns	T2			*	ns
	T3				*	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
VC	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				

* = $p \leq 0,05$ ** = $p \leq 0,01$ *** = $p \leq 0,001$ ns = $p > 0,05$

Le tableau 86 présente les résultats des analyses *One-Way ANOVA* de l'effet du ton sur F2 et ce, dans les deux modes de phonation dans /pu/, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Les analyses *ANOVA* ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire.

Nous avons remarqué, à l'observation de ce tableau, que dans ce contexte, les divergences au niveau de F2 en fonction du ton sont davantage significatives en voix modale ($p < 0,05$) alors que celles en voix chuchotée ne sont pas significatives. En voix modale, les divergences significatives au niveau de F2 se produisent à partir de 20% de la voyelle /u/. Plus précisément, entre les tons en contraste au trait [+/-U] (c'est-à-dire entre T1 et T2, et entre T3 et T4), les divergences au niveau de F2 entre T1 et T2 sont significatives seulement à 20% de la voyelle alors que celles entre T3 et T4 sont significatives à 20% et à 60% de la voyelle. Entre les tons en contraste au trait [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4, et entre T2 et T3), les divergences significatives au niveau de F2 se produisent entre T2 et T3, et ce, à 100% de la voyelle. Quant aux tons en contraste avec les deux types de traits (c'est-à-dire entre T1 et T3, et entre T2 et T4), les divergences significatives au niveau de F4 entre T1 et T3 se produisent à

100% de la voyelle tandis que celles entre T2 et T4 se produisent entre 20% et 60% de la voyelle.

Étude des courbes F3 et de leurs tonies correspondantes

Les courbes F3 (Hz) de /u/ se présentent dans la figure 105, et celles de tonie correspondante dans la figure 106.

D'après l'observation de ces deux figures, nous constatons que : *a*) la courbe F3 de /u/ présente une tendance descendante-montante dans tous les deux modes de phonation. Cette tendance correspondrait au processus d'augmentation-diminution de la protrusion des lèvres dans la production de /u/. *b*) De manière générale, les courbes F3 varient autant en voix modale qu'en voix chuchotée. En revanche, dans la même phase, les valeurs de F3 sont légèrement supérieures en voix chuchotée, par rapport à la voix modale. *c*) Il est difficile pour nous de déduire une corrélation entre les traits tonals (que ce soit binaires, à contour prescrit, ou à partitions mélodiques) et les valeurs de F3 de /u/. Toutefois, nous pouvons présumer quand même qu'un pitch tonal haut a plus de possibilité de faire augmenter la valeur de F3 et un pitch tonal bas a plus de possibilité de faire baisser la valeur de F3.

Les dissemblances au niveau de F3 pourraient nous indiquer des modifications glottiques et supraglottiques, en fonction du ton dans la production de /u/. Le fait qu'un pitch tonal haut fasse souvent augmenter la valeur de F3 reflète, d'après nous, une position du larynx qui s'élève lorsqu'un pitch tonal haut se présente, et ce, dans les deux modes de phonation. Pourtant, dans la production de /u/, la variation de F3 subit les effets de plusieurs types de gestes. Il est donc difficile d'en déduire un comportement cohérent des modifcations gestuelles.

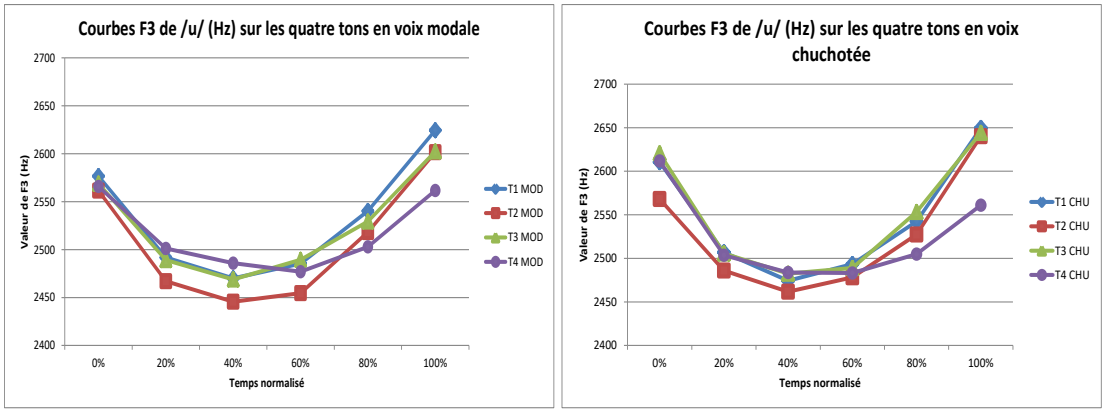


Figure 105 : Courbes F3 (Hz) de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F3 : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

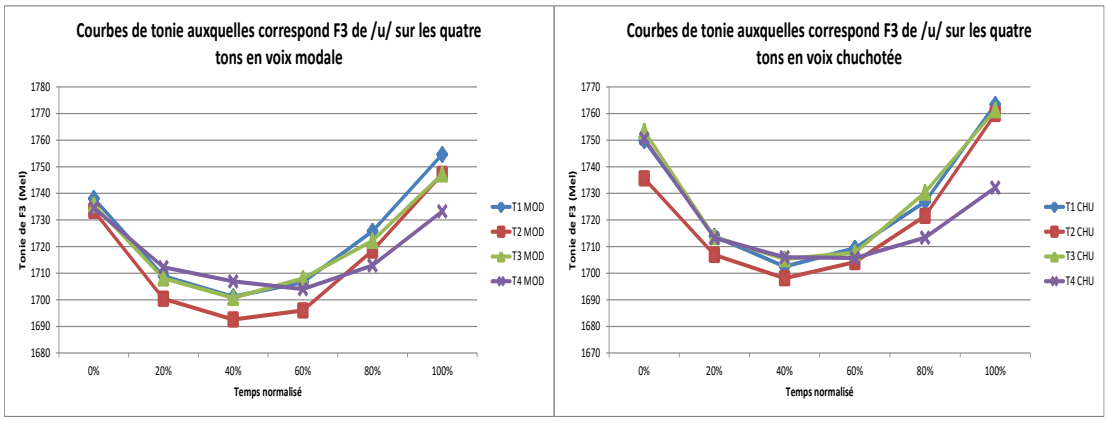


Figure 106 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspondF3 de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

Tableau 87 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F3 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pu/.

	F3														
VM	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
VC	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	*
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Le tableau 87 présente les résultats des analyses *One-Way ANOVA* de l'effet du ton sur F3, et ce, dans les deux modes de phonation dans /pu/, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Les analyses *ANOVA* ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire.

Nous avons remarqué, dans l'observation de ce tableau, que dans ce contexte, les divergences au niveau de F3 ne sont pas significatives entre les tons en voix modale. En revanche, en voix chuchotée, les divergences significatives se produisent seulement à 100% de la voyelle /u/, et ce, entre T1 et T4 ($p < 0,05$).

Étude des courbes F4 et de leurs tonies correspondantes

Les figures 107 et 108 illustrent respectivement la variation de F4 (Hz) de /u/ sur les quatre tons et celle de tonie en correspondance.

Ces figures nous indiquent que : *a*) la forme de la courbe F4 de /u/ présente une dépendance du ton concerné. *b*) Les valeurs de F4 en voix modale sont légèrement inférieures à celles en voix chuchotée. En voix modale, les valeurs de F4 varient entre 4150 Hz et 4380 Hz (équivalent à 2180-2240 Mel en tonie), alors qu'en voix chuchotée, elles varient entre 4200 Hz et 4450 Hz (équivalent à 2190-2250 Mel en

tonie). *c*) Si nous employons ici les traits tonals binaires, nous découvrons qu'en voix modale, les courbes F4 sur les tons au trait [+U] se situent plus haut que celles au trait [-U] sur l'échelle des valeurs. De surcroît, ces premières commencent à des valeurs supérieures à ces dernières. *d*) À la fin de /u/, l'effet des traits [h/l] se manifeste au niveau de F4. En voix modale, les courbes F4 sur les tons au trait [h] se terminent à des valeurs supérieures à celles à la fin des courbes F4 au trait [l]. En voix chuchotée, la variation de F4 en fonction du ton est similaire à celle observée en voix modale, à l'exception de celle à 0% de /u/, où F4 sur T1 est très proche de F4 sur T2 et T3 (ou bien, les tons au trait [-U]). Ces tendances de variation de F4 en fonction du ton s'apparentent à celles observés au niveau de F0 (*cf.* Chapitre 6. Figure 60).

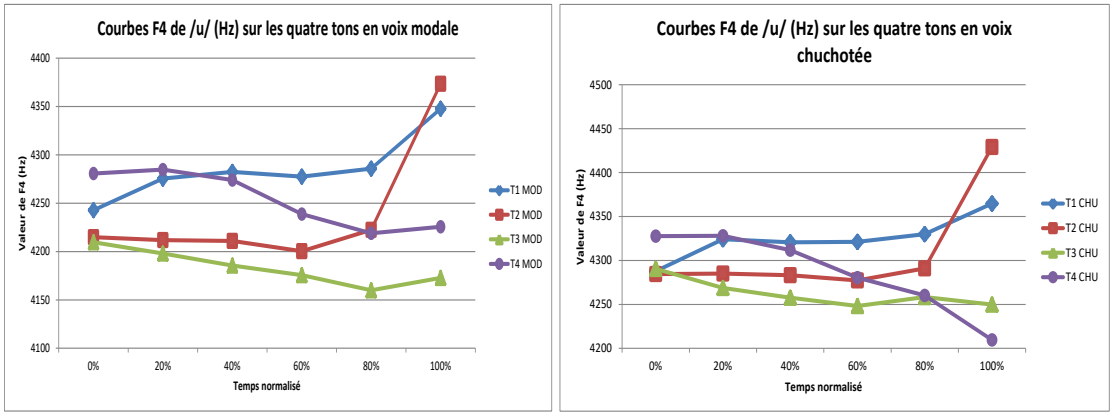


Figure 107 : Courbes F4 (Hz) de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes des moyennes interindividuelles de F4 : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

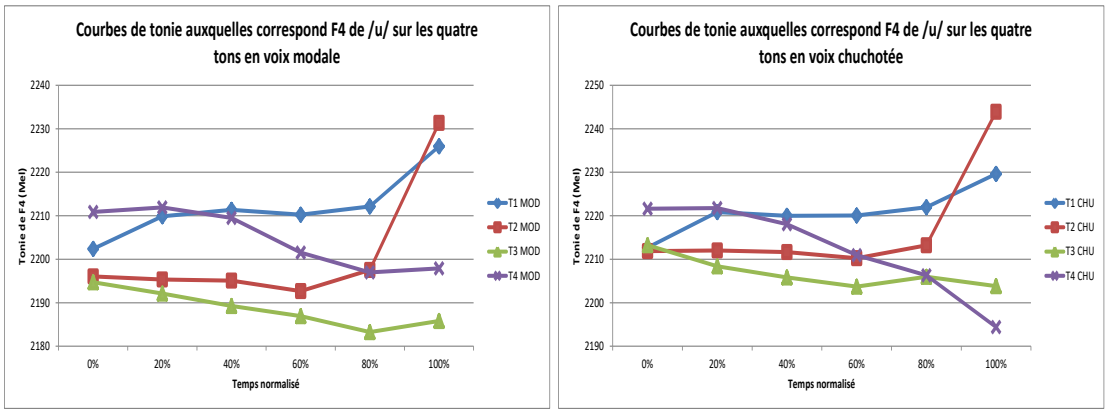


Figure 108 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles F4 de /u/ sur les autre tons correspond, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

Tableau 88 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F4 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pu/.

	F4														
VM	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	*	ns	T1		ns	**	*
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			***	*
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
VC	0%	T1	T2	T3	T4	20%	T1	T2	T3	T4	40%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			ns	ns
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				
	60%	T1	T2	T3	T4	80%	T1	T2	T3	T4	100%	T1	T2	T3	T4
	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	ns	T1		ns	ns	**
	T2			ns	ns	T2			ns	ns	T2			**	***
	T3				ns	T3				ns	T3				ns
	T4					T4					T4				

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Les résultats des analyses *One-Way ANOVA* de l'effet du ton sur F4 dans les deux modes de phonation dans /pu/ sont présentés ci-dessus dans le tableau 88, avec les différents types de contrastes tonals marqués en différentes couleurs. Les analyses *ANOVA* ont été effectuées avec *ton* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire.

Nous avons remarqué, dans l'observation de ce tableau, que dans ce contexte, en voix modale, les divergences significatives au niveau de F4 entre les tons se produisent entre 80% et 100% de la voyelle /u/. En voix chuchotée, les divergences significatives en fonction du ton se produisent à 100% de /u/. Plus précisément, en voix modale, entre les tons en contraste au trait [+/-U] (c'est-à-dire entre T1 et T2, et entre T3 et T4), les divergences au niveau de F4 ne sont pas significatives. Entre les tons en contraste au trait [h/l] (c'est-à-dire entre T1 et T4, et entre T2 et T3), les divergences significatives au niveau de F4 se produisent principalement à 100% de la voyelle. Quant aux tons en contraste avec les deux types de traits (c'est-à-dire entre T1 et T3, et entre T2 et T4), les divergences significatives au niveau de F4 entre T1 et T3 se produisent entre 80% et 100% de la voyelle, tandis que les divergences significatives entre T2 et T4 se produisent uniquement à 100% de la voyelle. En voix chuchotée, les

divergences significatives au niveau de F4 se produisent à 100% de la voyelle. Elles se trouvent principalement entre les tons en contraste au trait [h/l], mais aussi entre T2 et T4 qui sont en contraste aux deux types de trait.

8.3.2. Analyse des écarts (Mel) entre les formants voisins

La figure 109 illustre les écarts de tonie (Mel) entre les formants voisins dans toutes les phases de /u/ sur les quatre tons, et ce, dans les deux modes de phonation.

Cette figure montre que sur un plan général, ces écarts entre les formants connaissent davantage de variations en voix modale, par rapport à la voix chuchotée. Plus précisément, en voix modale, l'écart F2-F1 et l'écart F3-F2 présentent tous une tendance croissante lorsqu'il s'agit d'un pitch tonal haut (qui apparaît dans le trait [+U] et le trait [h]) mais une tendance décroissante lorsqu'il s'agit d'un pitch tonal bas (qui apparaît dans le trait [-U] et le trait [l]), et ce, à l'exception du cas de l'écart F2-F1 sur T2. Alors qu'en voix modale, l'écart F3-F4 suit le même pattern de variation que celui des autres écarts, toutefois dans l'ordre inversé. C'est-à-dire un pitch tonal haut mène à un écart plus serré et un pitch tonal bas à un écart plus important. En outre, nous trouvons qu'en voix chuchotée, la variation de l'écart F3-F2 dépend largement du ton que /u/ porte, tandis que la variation de l'écart F4-F3 en voix chuchotée s'apparente à celle en voix modale.

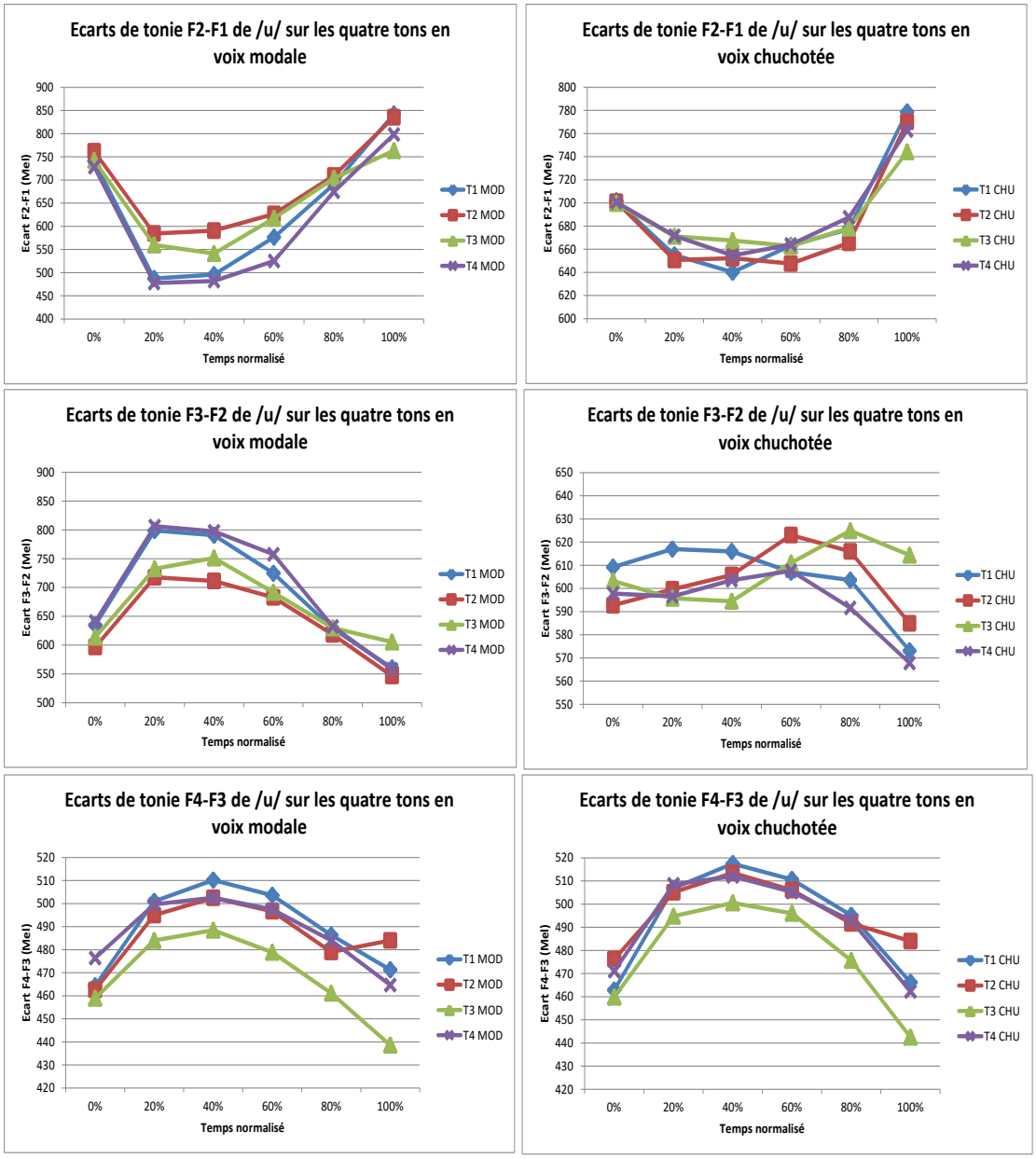


Figure 109 : Courbes des écarts en tonie (Mel) entre les formants voisins dans le spectre de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des écarts entre les fréquences centrales : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

8.3.3. Analyses des seuils différentiels et de la largeur des bandes critiques

Dans cette partie de notre étude, nous avons comparé d'abord l'ensemble du spectre de /u/ en voix modale avec celui en voix chuchotée. Un extrait des signaux est illustré dans la figure 110 en tant qu'exemple.

Dans cette figure, nous avons remarqué la conséquence de la modulation de fréquence et d'amplitude dans le signal en voix chuchotée. Par ailleurs, comparé au signal en voix modale sur le plan spectrographique, le signal en voix chuchotée s'apparente à

un bruit de bande passe-bas qui laisse passer les fréquences en dessous de 2000 Hz. F3 de /u/, qui est autour de 2500 Hz en voix modale, montre peu d'énergie en soi en voix chuchotée tandis que F4 est également affaibli à un certain degré dans le signal chuchoté.

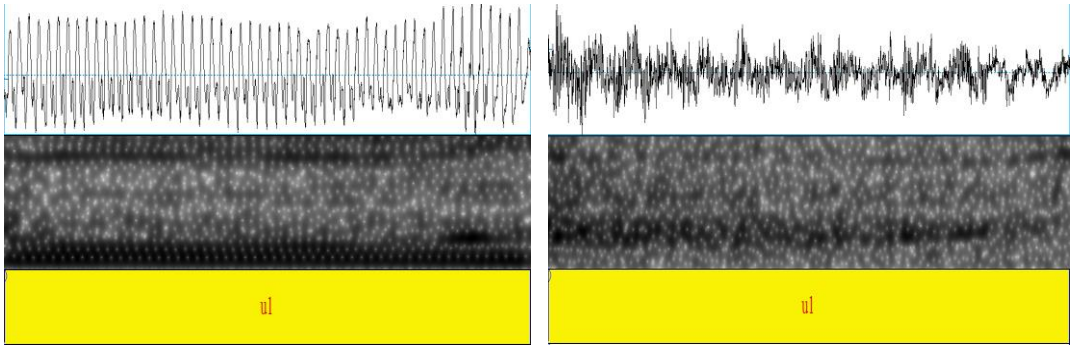


Figure 110 : Aperçu global du spectre de /u/ en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite) dans une fenêtre à une largeur d'environ 5000 Hz (exemplaire de /u/ sur T1 de Sujet ZXF).

Suite à cette observation, nous avons estimé les seuils différentiels pour les signaux dans les deux modes de phonation.

Tableau 89 : Les moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants (Hz) et seuils différentiels de variation de fréquence correspondants, dans toutes les phases de /u/ en voix modale.

/u/	*VM*							
	F1 (Hz)		**F2 (Hz)**		**F3 (Hz)**		**F4 (Hz)**	
phase	Moy Inter	Seuil	Moy Inter	Seuil	Moy Inter	Seuil	Moy Inter	Seuil
0%	313	1	1190	4	2568	9	4237	15
20%	340	1	926	3	2487	9	4243	15
40%	334	1	918	3	2468	9	4238	15
60%	337	1	992	3	2477	9	4223	15
80%	348	1	1148	4	2523	9	4222	15
100%	329	1	1296	5	2598	9	4280	15

Le tableau 89 présente les fréquences centrales généralisées des quatre premiers formants de /u/, ainsi que les seuils différentiels correspondants en voix modale. En observant ce tableau, nous avons remarqué que le seuil différentiel de variation de F1 est de 1 Hz, le seuil de F2 est de 3-5 Hz, le seuil de F3 est de 9 Hz et le seuil de F4 est de 15 Hz, d'après leurs moyennes. En prenant en compte de ces seuils, nous avons revu les variations formantiques en voix modale observées précédemment dans cette section (*cf.* Figures 101, 103, 105 et 107), et remarqué que les variations dans tous les formants dépassent en général leurs seuils, mais qu'il existe des exceptions dans certaines phases et entre certains tons (*cf.* les Annexes 5, Tableaux 145-150 pour F1, Tableaux 169-174 pour F2, Tableaux 205-210 pour F3 et Tableaux 241-246 pour F4).

Cela nous indique que lorsque le spectre de /u/ subit une modification en fonction du ton, la perceptibilité de cette modification est en général assurée, mais ceci n'est pas toujours le cas dans toutes les phases de /u/. En outre, les tons concernés jouent également une influence sur l'audibilité de cette modification spectrale.

Quant au seuil différentiel de /u/ dans les signaux chuchotés, il ne doit pas être calculé de la même manière que ceux de /a/ et de /i/. Cela parce que le spectre de /u/ en voix chuchotée s'apparente à un bruit de bande passe-bas. Ainsi, dans l'estimation de son seuil différentiel, nous devons prendre compte non seulement de la fréquence porteuse mais aussi du niveau de l'intensité. Nous ne pouvons pourtant que présumer un seuil hypothétique et ce, à partir de l'estimation des seuils des sons purs de Zwicker et Feldtkeller (1981).

La figure 111 donne les fréquences porteuses généralisées dans les spectres de /u/ sur les quatre tons en voix chuchotée. Elle constate que la fréquence porteuse varie de 120 Hz à 170 Hz, plus élevée sur T2 et plus réduite sur T4. Un bruit de bande limité à 2000 Hz ayant une telle fréquence porteuse de modulation doit avoir un seuil supérieur à 50 Hz. Dans ce cadre-là, plus la fréquence porteuse est haute, plus le seuil différentiel est élevé. Nous supposons donc que T2 exige probablement davantage de variations de fréquence que les autres tons pour être perçu sur /u/ tandis que T4 en exige moins.

En outre, pour un tel bruit dans le cadre de 30-100 dB, plus le niveau de l'intensité est élevé, plus le seuil augmente (*cf.* Section 3.2., Figure 19). Pourtant, les variations au niveau de l'intensité, mesurées dans ce contexte nous montrent qu'en voix chuchotée, le niveau de l'intensité présente peu de fluctuations (*cf.* Section 7.3. Figures 72 et 74) : il est d'environ 40-50 dB et correspond à un seuil de 20-30 Hz.

Ainsi, nous arrivons à la conclusion que le seuil différentiel de variation de fréquence dans /u/ en voix chuchotée est probablement supérieur à 50 Hz. D'après les variations réellement mesurées dans le spectre de /u/ en voix chuchotée (*cf.* Figures 102, 104, 106 et 108), les formants situés dans les hautes fréquences, surtout F4, connaissent des variations supérieures à 50 Hz en fonction du ton alors que les variations de F1 et de F2 n'atteignent pas le seuil de 50 Hz.

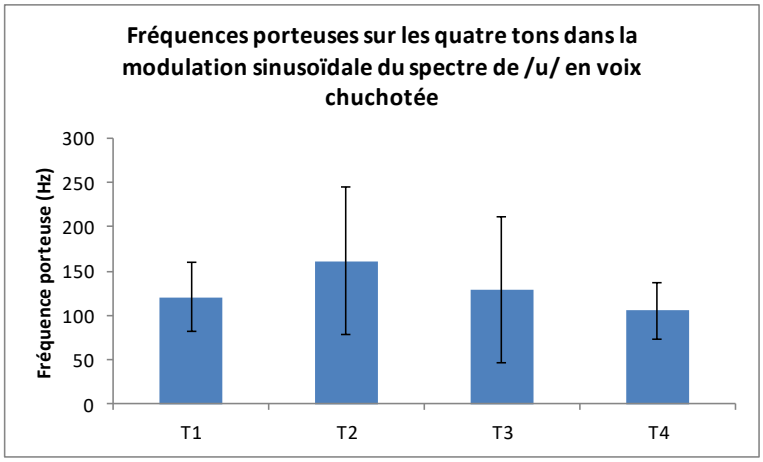


Figure 111 : Moyennes interindividuelles des fréquences porteuses sur les quatre tons dans la modulation sinusoïdale du spectre de /u/ en voix chuchotée.

Tableau 90 : Moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants (Hz) et largeur des bandes critiques correspondantes dans toutes les phases de /u/ : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/	*VM*								*VC*							
	F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)		F4 (Hz)		F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)		F4 (Hz)	
phase	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC	Moy Inter	Largeur BC
0%	313	98	1190	189	2568	391	4237	733	410	107	1242	195	2603	397	4298	748
20%	340	101	926	159	2487	377	4243	735	394	106	1181	188	2501	379	4302	749
40%	334	100	918	158	2468	374	4238	734	392	105	1162	186	2476	375	4293	747
60%	337	100	992	166	2477	375	4223	730	391	105	1155	185	2486	377	4282	744
80%	348	101	1148	184	2523	383	4222	730	383	105	1185	188	2532	385	4285	745
100%	329	100	1296	202	2598	396	4280	744	382	104	1281	200	2624	401	4313	752

Tableau 91 : Moyennes interindividuelles de la largeur des quatre premiers bandes formantiques mesurée à 50% de /u/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/	F1(Hz)	F2(Hz)	F3(Hz)	F4(Hz)
VM	162.21	299.67	337.44	363.37
VC	253.31	396.71	413.06	446.17

Suite à l'analyse des seuils différentiels des formants, nous avons étudié la largeur des bandes critiques estimée et celle des bandes formantiques réellement mesurée dans les spectres de /u/.

Le tableau 90 présente les Moy Inter des fréquences centrales des formants de /u/, ainsi que la largeur des bandes critiques estimée à partir de ces premières. Avec les fréquences formantiques variant d'une phase à l'autre dans le spectre, la largeur des bandes critiques estimée est censée connaître aussi des variations d'une phase à l'autre. À partir de ce tableau, nous constatons que sur un plan général, la largeur des bandes critiques en voix modale est proche de sa valeur en voix chuchotée.

Le tableau 91 présente les Moy Inter de la largeur des bandes formantiques de /u/ qui est plus ou moins constante dans le même spectre (*cf.* les Annexes 5, Tableaux 327-330). Les données dans ce tableau nous donnent à constater qu'dans la même condition phonatoire, la largeur de bande s'accroît de F1 à F4. Par ailleurs, chaque bande formantique en voix chuchotée est plus large que ce qu'il est en voix modale.

Les deux tableaux montrent que la largeur de bande de F4 ne dépasse pas la largeur de la bande critique correspondante, quel que soit le mode de phonation alors que la largeur de bande de F3 ne dépasse pas celle de sa bande critique correspondante en voix modale mais la dépasse en voix chuchotée. En outre, dans les deux modes de phonation, la largeur de bande de F1 et de F2 dépasse celle des bandes critiques correspondantes. Cela nous indique qu'une partie des fréquences marginales dans F1 et F2 ne peuvent pas être perçues à l'oreille. En prenant en compte la possibilité qu'il y ait plus de dispersion d'énergie dans les bandes formantiques en voix chuchotée, par rapport à la voix modale (due aux bandes formantiques plus larges en voix chuchotée que celles en voix modale), nous supposons ainsi que la perceptibilité des trois premiers formants de /u/ est réduite en voix chuchotée, par rapport à la voix modale. Autrement dit, les indices mélodiques dans les trois premiers formants de /u/, s'ils existent, risqueraient d'être trop faibles pour être perçus après le traitement du signal dans le système auditif périphérique.

8.4. Comparaison des divergences spectrales entre les contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale et en voix chuchotée

Dans l'objectif d'étudier l'effet du contexte sur les divergences spectrales, nous avons effectué une comparaison des divergences spectrales dans les trois contextes. Cette comparaison se présente ci-dessous sur l'axe du formant. Dans l'étude de chaque formant, les courbes de tonie des timbres vocaliques /a i u/ ont été définies auprès les valeurs moyennes des tonies, avec l'effet du ton neutralisé.

Étude des courbes F1 et des tonies correspondantes

La figure 112 illustre les courbes de tonie auxquelles correspondent F1 des timbres vocaliques dans les contextes /pa/ /pi/ /pu/, et ce en voix modal et en voix chuchotée. À partir de cette figure, nous avons pu constater que les courbes de tonie en voix chuchotée se situent au-dessus de celles en voix modale sur l'échelle des valeurs. De

plus, ces premières présentent des formes plus plates par rapport à ces dernières. Sur l'échelle des valeurs, les courbes de tonie de /u/ se situent bas, légèrement plus haut que celles de /i/ alors que celles de /a/ se situent le plus haut.

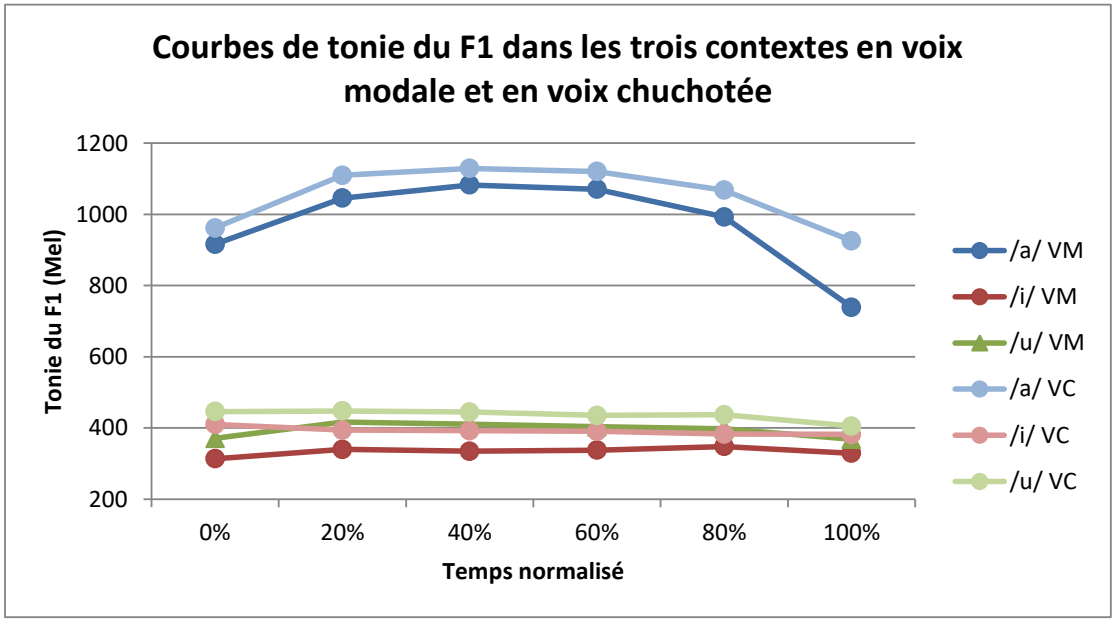


Figure 112 : Comparaison des courbes de tonie de F1 (Mel) en voix modale et en voix chuchotée dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/, avec l'effet du ton neutralisé.

Les résultats des analyses *One-Way ANOVA* des divergences dans F1, celles effectuées avec *contexte* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire, nous confirment l'effet du contexte sur les tonies auxquelles les fréquences centrales des formants correspondent.

Tableau 92 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences en tonie au niveau de F1 (Mel) des timbres en voix modale.

	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu		Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
0%	T1	***	***	**	60%	T1	***	***	***
	T2	***	***	***		T2	***	***	*
	T3	***	***	**		T3	***	***	***
	T4	***	***	*		T4	***	***	***
20%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu	80%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
	T1	***	***	***		T1	***	***	***
	T2	***	***	**		T2	***	***	ns
	T3	***	***	**		T3	***	***	**
	T4	***	***	***		T4	***	***	*
40%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu	100%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
	T1	***	***	***		T1	***	***	ns
	T2	***	***	**		T2	***	***	ns
	T3	***	***	***		T3	***	***	ns
	T4	***	***	***		T4	***	***	ns

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Le tableau 92 montre davantage de détails de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de F1 en voix modale. Ce tableau montre qu'entre les contextes /pa/ et /pi/, ainsi qu'entre /pa/ et /pu/, les divergences au niveau de F1 sont significatives dans toutes les phases des timbres vocaliques (p < 0,001). En revanche, entre /pi/ et /pu/, les divergences au niveau de F1 sont significatives entre 0% et 80% des timbres. De plus, leur niveau de significativité varie en fonction du ton.

Tableau 93 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences en tonie au niveau deF1 (Mel) des timbres en voix chuchotée.

	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu		Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
0%	T1	***	***	ns	60%	T1	***	***	*
	T2	***	***	ns		T2	***	***	*
	T3	***	***	ns		T3	***	***	*
	T4	***	***	ns		T4	***	***	**
20%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu	80%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
	T1	***	***	**		T1	***	***	**
	T2	***	***	***		T2	***	***	*
	T3	***	***	**		T3	***	***	*
	T4	***	***	***		T4	***	***	**
40%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu	100%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
	T1	***	***	**		T1	***	***	ns
	T2	***	***	**		T2	***	***	ns
	T3	***	***	**		T3	***	***	ns
	T4	***	***	**		T4	***	***	ns

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Le tableau 93 présente la comparaison des divergences au niveau de F1 entre les contextes en voix chuchotée. Dans ce tableau, nous avons remarqué qu'entre les contextes /pa/ et /pi/, ainsi qu'entre /pa/ et /pu/, les divergences au niveau de F1 sont significatives dans toutes les phases des timbres vocaliques ($p < 0,001$). En revanche, entre /pi/ et /pu/, les divergences au niveau de F1 sont significatives entre 20% et 80% des timbres. De surcroît, leur niveau de significativité varie en fonction du ton.

Nous avons étudié, d'ailleurs, les corrélations entre les divergences spectrales (Hz) et la variation de F0. Les coefficients de détermination montrent que les corrélations F0-F1 sont très faibles, et ce, dans tous les deux modes de phonation. Dans le spectre de /a/, la valeur de R^2 des corrélations en voix modale est de 0,0469, et celle en voix chuchotée est de 0,016. Dans le spectre de /i/, la valeur de R^2 des corrélations en voix modale est de 0,1865, et celle en voix chuchotée est de 0,142. Quant au spectre de /u/, la valeur de R^2 des corrélations en voix modale est de 0,0136 et celle en voix chuchotée est de 0,1002.

Étude des courbes F2 et des tonies correspondantes

Dans l'étude de F2, nous avons remarqué que les tonies de /i/ et de /u/ en voix chuchotée sont plus importantes que celles en voix modale, et que celles de /a/ dans les deux modes de phonation sont proches les unes des autres (*cf.* Figure 113). De plus, en voix chuchotée, les formes des courbes de tonie de /i/ et de /u/ sont légèrement plus plates que celles qu'elles présentent en voix modale. En revanche, ces premières présentent des formes plus plates que ces dernières. Sur l'échelle des valeurs, les courbes de tonie de /u/ se situent le plus bas tandis que celles de /a/ se situent le plus haut.

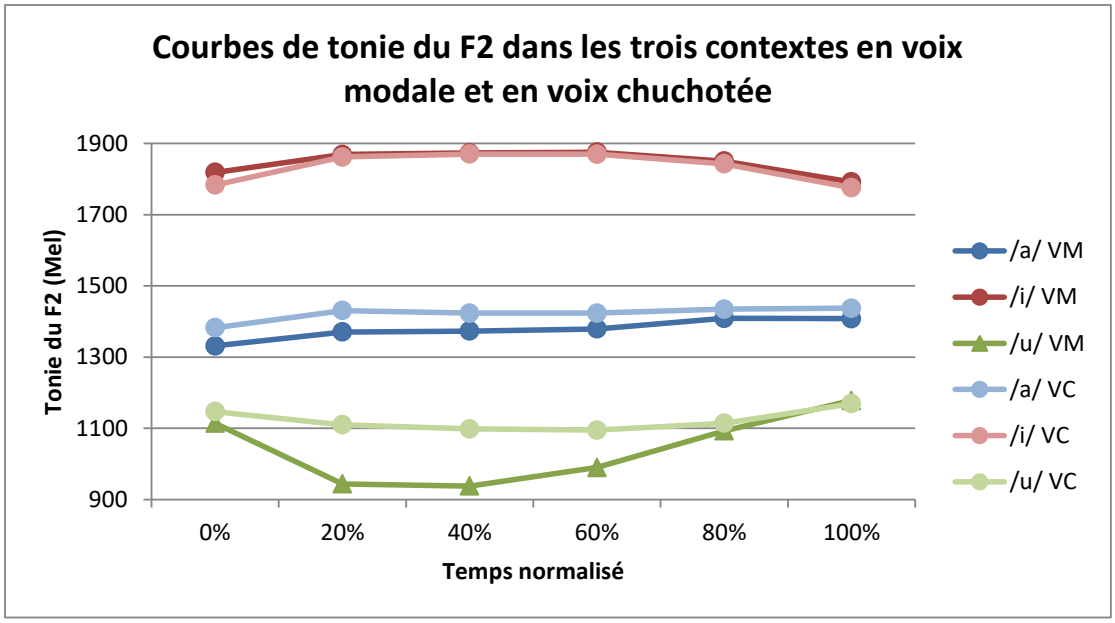


Figure 113 : Comparaison des courbes de tonie de F2 (Mel) en voix modale et en voix chuchotée dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/, avec l'effet du ton neutralisé.

Tableau 94 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de F2 (Mel) des timbres en voix modale.

	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu		Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
0%	T1	***	***	***	60%	T1	***	***	***
	T2	***	***	***		T2	***	***	***
	T3	***	***	***		T3	***	***	***
	T4	***	***	***		T4	***	***	***
20%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu	80%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
	T1	***	***	***		T1	***	***	***
	T2	***	***	***		T2	***	***	***
	T3	***	***	***		T3	***	***	***
	T4	***	***	***		T4	***	***	***
40%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu	100%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
	T1	***	***	***		T1	***	***	***
	T2	***	***	***		T2	***	***	***
	T3	***	***	***		T3	***	***	***
	T4	***	***	***		T4	***	***	***

* = $p \leq 0{,}05$ ** = $p \leq 0{,}01$ *** = $p \leq 0{,}001$ ns = $p > 0{,}05$

Le tableau 94 présente la comparaison des divergences au niveau de F2 entre les contextes en voix modale, et ce, à partir des analyses *One-Way ANOVA* (effectuées avec *contexte* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire). Dans ce tableau, nous avons remarqué qu'entre les trois contextes, les divergences au niveau de F2 sont significatives dans toutes les phases des timbres vocaliques ($p < 0{,}001$).

Tableau 95 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de F2 (Mel) des timbres en voix chuchotée.

	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu		Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
0%	T1	***	***	***	60%	T1	***	***	***
	T2	***	***	***		T2	***	***	***
	T3	***	***	***		T3	***	***	***
	T4	***	***	***		T4	***	***	***
	Ton	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**		**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
20%	T1	***	***	***	80%	T1	***	***	***
	T2	***	***	***		T2	***	***	***
	T3	***	***	***		T3	***	***	***
	T4	***	***	***		T4	***	***	***
	Ton	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**		**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
40%	T1	***	***	***	100%	T1	***	***	***
	T2	***	***	***		T2	***	***	***
	T3	***	***	***		T3	***	***	***
	T4	***	***	***		T4	***	***	***

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Le tableau 95 présente la comparaison des divergences au niveau de F2 entre les contextes en voix chuchotée. Comme celle de la voix modale, cette comparaison s'appuie sur les résultats des analyses *One-Way ANOVA*, avec *contexte* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire. Nous avons observé, dans ce tableau, les mêmes résultats que ceux en voix modale. C'est-à-dire entre les trois contextes, les divergences au niveau de F2 sont significatives dans toutes les phases des timbres vocaliques ($p < 0,001$).

Dans l'étude des corrélations entre les divergences spectrales (Hz) et la variation de F0, les coefficients de détermination montrent que les corrélations F0-F2 sont très faibles dans tous les contextes, et ce, dans les deux modes de phonation. Dans le spectre de /a/, la valeur de R^2 des corrélations en voix modale est de 0,3198, et celle en voix chuchotée est de 0,0206. Dans le spectre de /i/, la valeur de R^2 des corrélations en voix modale est de 0,0087 et celle en voix chuchotée est de 0,0042. Quant au spectre de /u/, la valeur de R^2 des corrélations en voix modale est de 0,0341 et celle en voix chuchotée est de 0,0183.

Étude des courbes F3 et des tonies correspondantes

Les résultats des analyses des courbes de tonie de F3, illustrés dans la figure 114, montrent que les courbes de tonie de /a/ et de /u/ dans les deux modes de phonation sont similaires au niveau de la forme, ainsi qu'au niveau de la valeur. Quant aux

courbes de tonie de /i/, celle en voix chuchotée est légèrement plus plate en forme que celle en voix modale. De plus, cette première présente des valeurs de tonie plus importantes que cette dernière. Sur l'échelle des valeurs, nous avons observé les courbes de tonie de /u/ situées le plus bas, celles ayant des formes descendante-montantes, et celles de /i/ situées le plus haut, celles ayant des formes montante-descendantes.

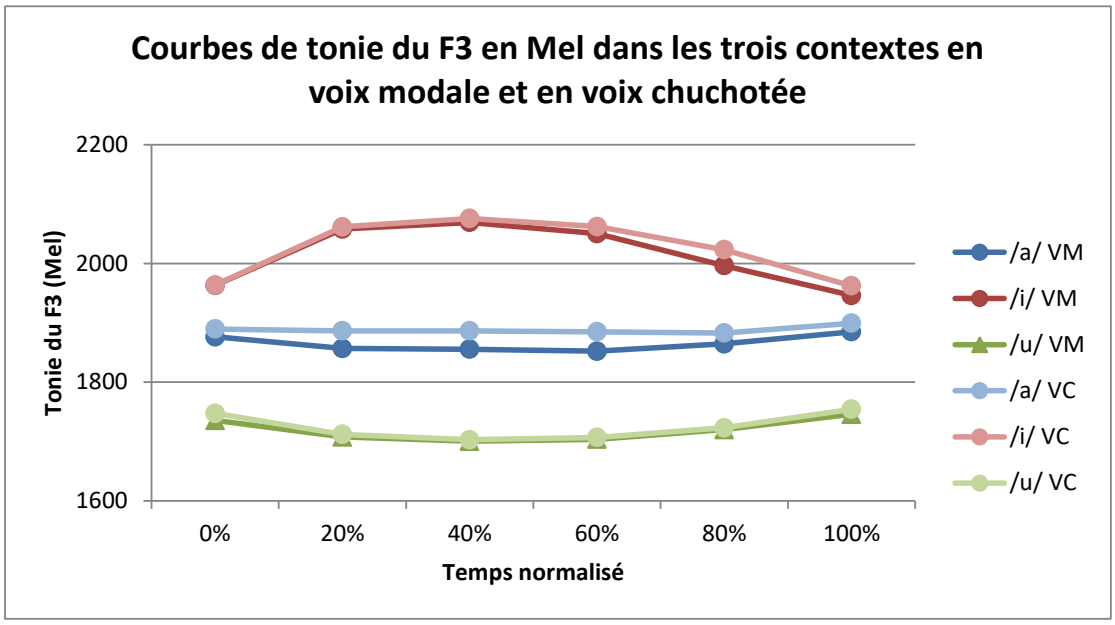


Figure 114 : Comparaison des courbes de tonie de F3 (Mel) en voix modale et en voix chuchotée dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/, avec l'effet du ton neutralisé.

Tableau 96 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences en tonie au niveau de F3 (Mel) des timbres en voix modale.

	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu		Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
0%	T1	**	***	***	60%	T1	***	***	***
	T2	***	***	***		T2	***	***	***
	T3	***	***	***		T3	***	***	***
	T4	**	***	***		T4	***	***	***
20%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu	80%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
	T1	***	***	***		T1	***	***	***
	T2	***	***	***		T2	***	***	***
	T3	***	***	***		T3	***	***	***
	T4	***	***	***		T4	***	***	***
40%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu	100%	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
	T1	***	***	***		T1	ns	***	***
	T2	***	***	***		T2	*	***	***
	T3	***	***	***		T3	***	***	***
	T4	***	***	***		T4	**	***	***

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Le tableau 96 présente la comparaison des divergences au niveau de F3 entre les contextes en voix modale, et ce, à partir des analyses *One-Way ANOVA* avec *contexte* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire. Nous avons observé, dans ce tableau, qu'entre /pa/ et /pu/, ainsi qu'entre /pi/ et /pu/, les divergences au niveau de F3 sont significatives dans toutes les phases des timbres vocaliques ($p < 0,001$). Quant aux divergences au niveau de F3 entre /pa/ et /pi/, elles sont majoritairement significatives, et pourtant, leur niveau de significativité dépend de la phase et du ton porté.

Tableau 97 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences en tonie au niveau de F3 (Mel) des timbres en voix chuchotée.

	Ton	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**		**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
0%	T1	***	***	***	60%	T1	***	***	***
	T2	***	***	***		T2	***	***	***
	T3	***	***	***		T3	***	***	***
	T4	***	***	***		T4	***	***	***
	Ton	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**		**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
20%	T1	***	***	***	80%	T1	***	***	***
	T2	***	***	***		T2	***	***	***
	T3	***	***	***		T3	***	***	***
	T4	***	***	***		T4	***	***	***
	Ton	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**		**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
40%	T1	***	***	***	100%	T1	***	***	***
	T2	***	***	***		T2	**	***	***
	T3	***	***	***		T3	***	***	***
	T4	***	***	***		T4	**	***	***

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Le tableau 97 présente les résultats des analyses de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de F3 en voix chuchotée. Comme celle de la voix modale, cette comparaison s'appuie sur les résultats des analyses *One-Way ANOVA*, avec *contexte* comme facteur analysé et *sujet* comme variable aléatoire. Nous avons observé, dans ce tableau, qu'entre /pa/ et /pu/, ainsi qu'entre /pi/ et /pu/, les divergences au niveau de F3 sont significatives dans toutes les phases des timbres vocaliques ($p < 0,001$). Quant aux divergences au niveau de F3 entre /pa/ et /pi/, elles sont significatives dans toutes les phases, et pourtant, leur niveau de significativité dépend du ton concerné.

Dans l'étude des corrélations entre les divergences spectrales (Hz) et la variation de F0, les coefficients de détermination montrent que les corrélations F0-F3 sont très faibles dans les spectres de /i/ et de /u/, et ce, dans les deux modes de phonation. Dans le spectre de /i/, la valeur de R^2 des corrélations en voix modale est de 0,0023 et celle

en voix chuchotée est de 0,0002. Dans le spectre de /u/, la valeur de R^2 des corrélations en voix modale est de 0,0141 et celle en voix chuchotée est de 0,0077. En revanche, dans le spectre de /a/, la valeur de R^2 des corrélations en voix modale est de 0,55, et celle en voix chuchotée est de 0,5708. Ceci montre des corrélations relativement fortes entre F3 de /a/ et F0.

Étude des courbes F4 et des tonies correspondantes

Les résultats des analyses des courbes de tonie de F4 sont illustrés dans la figure 115. En observant cette figure, nous avons remarqué que les courbes de tonie de /i/ et de /u/ en voix chuchotée se situent plus haut sur l'échelle des valeurs que celles en voix modale. En revanche, la courbe de tonie de /a/ en voix chuchotée est similaire au niveau de la valeur à celle en voix modale, à l'exception des phases 80% et 100% de la voyelle. Au niveau de la forme, les courbes de tonie de /i/ présentent des formes montante-plates, celles de /a/ présentant des formes plate-montantes tandis que celles de /i/ présentent des formes descendante-montantes. Sur l'échelle des valeurs, nous avons observé les courbes de tonie de /a/ situées le plus bas, et celles de /i/ situées le plus haut.

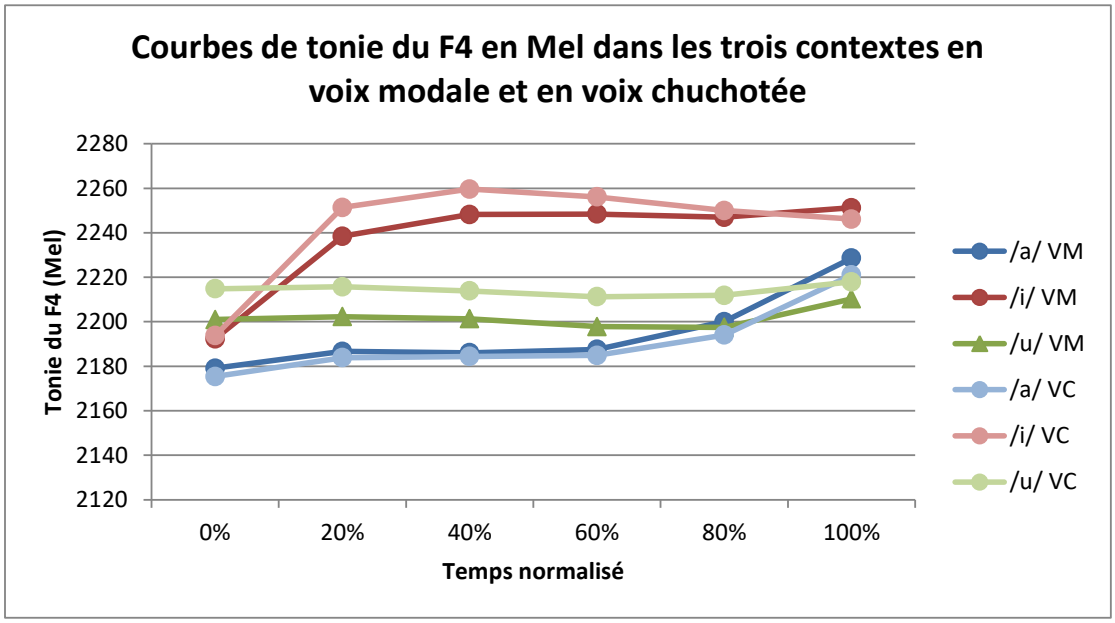


Figure 115 : Comparaison des courbes de tonie de F4 (Mel) en voix modale et en voix chuchotée dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/, avec l'effet du ton neutralisé.

Tableau 98 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences en tonie au niveau de F4 (Mel) des timbres en voix modale.

	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu		Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
0%	T1	ns	ns	ns	60%	T1	***	ns	***
	T2	ns	ns	ns		T2	***	ns	***
	T3	ns	ns	ns		T3	***	ns	***
	T4	ns	ns	ns		T4	***	ns	***
	Ton	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**		**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
20%	T1	***	ns	**	80%	T1	***	ns	***
	T2	***	ns	**		T2	**	ns	***
	T3	***	ns	**		T3	***	ns	***
	T4	***	ns	*		T4	***	ns	***
	Ton	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**		**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
40%	T1	***	ns	***	100%	T1	**	ns	**
	T2	***	ns	***		T2	ns	ns	ns
	T3	***	ns	***		T3	ns	ns	***
	T4	***	ns	***		T4	ns	ns	*

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Les résultats des analyses *One-Way ANOVA* de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de F4 en voix modale, celles effectuées avec *sujet* comme variable aléatoire, sont présentés dans le tableau 98. Ce tableau montre que les divergences significatives au niveau de F4 en voix modale se produisent principalement entre /pa/ et /pi/, ainsi qu'entre /pi/ et /pu/, et ce, entre 20% et 100% des timbres vocaliques. Plus précisément, les divergences au niveau de F4 entre /pa/ et /pi/ sont à un niveau important de significativité ($p < 0,001$) de 20% à 80% des timbres, alors qu'à 100% des timbres, elles sont significatives seulement sur T1 ($p < 0,01$). Les divergences au niveau de F4 entre /pi/ et /pu/ sont à un niveau important de significativité de 40% à 80% des timbres ($p < 0,001$) tandis que leur niveau de significativité varie en fonction du ton à 20% et à 100% des timbres vocaliques. Entre /pa/ et /pu/, les divergences au niveau de F4 ne sont pas significatives.

Tableau 99 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences en tonie au niveau de F4 (Mel) des timbres en voix chuchotée.

	Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu		Ton	pa vs pi	pa vs pu	pi vs pu
0%	T1	ns	**	ns	60%	T1	***	ns	***
	T2	ns	***	*		T2	***	**	***
	T3	ns	***	*		T3	***	***	***
	T4	*	***	ns		T4	***	*	***
20%	**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**	80%	**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
	T1	***	ns	***		T1	***	ns	**
	T2	***	**	***		T2	***	ns	**
	T3	***	***	***		T3	***	*	***
	T4	***	**	**		T4	***	ns	***
40%	**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**	100%	**Ton**	**pa vs pi**	**pa vs pu**	**pi vs pu**
	T1	***	ns	***		T1	ns	ns	ns
	T2	***	**	***		T2	ns	ns	ns
	T3	***	***	***		T3	*	ns	**
	T4	***	**	***		T4	*	ns	***

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Les résultats des analyses de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de F4 en voix chuchotée sont présentés dans le tableau 99. Comme celle de la voix modale, cette comparaison s'appuie sur les résultats des analyses *One-Way ANOVA*, avec *contexte* comme facteur analysé, et *sujet* comme variable aléatoire.

L'observation de ce tableau nous amène à constater que les divergences significatives au niveau de F4 en voix chuchotée se produisent entre tous les contextes. Plus précisément, les divergences au niveau de F4 entre /pa/ et /pi/ sont à un niveau important de significativité ($p < 0,001$) de 20% à 80% du timbre vocalique, alors qu'à 0% et à 100% du timbre vocalique, leur niveau de significativité dépend du ton. Entre /pa/ et /pu/, les divergences au niveau de F4 se produisent entre 0% et 80% et leur niveau de significativité varie en fonction du ton. Entre /pi/ et /pu/, les divergences au niveau de F4 sont à un niveau important de significativité entre 40% et 60% du timbre vocalique ($p < 0,001$) tandis que dans les autres phases du timbre vocalique, leur niveau de significativité varie en fonction du ton.

Dans l'étude des corrélations entre les divergences spectrales (Hz) et la variation de F0, les coefficients de détermination montrent que les corrélations F0-F4 sont très faibles dans /a/ et dans /i/, et ce, dans les deux modes de phonation. Dans le spectre de /a/, la valeur de R^2 des corrélations en voix modale est de 0,0083, et celle en voix chuchotée est de 0,0908. Dans le spectre de /i/, la valeur de R^2 des corrélations en

voix modale est de 0,0007 et celle en voix chuchotée est de 0,0086. Quant au spectre de /u/, la valeur de R^2 des corrélations en voix modale est de 0,5929 et celle en voix chuchotée est de 0,3689. Cela reflète des corrélations relativement fortes entre F4 de /u/ et F0 en voix modale.

8.5. Synthèse analytique des résultats des variations spectrales

Ce chapitre présente les divergences spectrales des timbres vocaliques dans les contextes /pa/ /pi/ /pu/ et ce, sur les quatre tons, dans les deux modes de phonation. Les analyses des divergences spectrales ont été effectuées à trois niveaux principaux : l'effet du mode de phonation, l'effet du ton et l'effet du contexte.

Dans les analyses de l'effet du mode de phonation sur les divergences spectrales, nous avons remarqué qu'en général, les fréquences centrales des formants des voyelles étudiées, ainsi que leur tonie correspondante, connaissent davantage de variations en voix modale qu'en voix chuchotée (*cf.* Figures 79-86, 90-97 et 101-108). En revanche, ces valeurs sont souvent plus élevées en voix chuchotée par rapport à la voix modale (*cf.* Figures 112-115). Par ailleurs, les écarts entre les formants voisins sont en général plus larges en voix modale en comparaison à la voix chuchotée (*cf.* Figures 87, 98 et 109).

Nous avons constaté d'ailleurs qu'en voix chuchotée, les largeurs des bandes formantiques sont souvent plus grandes que celles observées en voix modale. Sur un plan général, les bandes de F1 et deF2 sont moins larges que les bandes de F3 et de F4 (*cf.* Tableaux 77, 84 et 91). Ces différences au niveau de la largeur de bande défavorisent l'audibilité des modulations sinusoïdales de F1 et de F2. De plus, dans la perception d'un formant à des fréquences basses, la bande critique est relativement étroite. Cela limite l'audibilité des fréquences latérales dans les bandes formantiques à basses fréquences.

Tableau 100 : Synthèse de l'effet du facteur *mode de phonation* sur les divergences spectrales dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/.

Facteur *le mode de phonation*		Phase					
	sur	0%	20%	40%	60%	80%	100%
	du timbre /a/	***	***	***	***	***	***
F1	du timbre /i/	***	***	***	***	***	***
	du timbre /u/	***	***	***	***	***	***
	du timbre /a/	***	***	***	***	***	***
F2	du timbre /i/	**	ns	ns	ns	ns	ns
	du timbre /u/	*	***	***	***	**	ns
	du timbre /a/	ns	**	***	***	*	ns
F3	du timbre /i/	ns	ns	ns	ns	*	ns
	du timbre /u/	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	du timbre /a/	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F4	du timbre /i/	ns	*	*	ns	ns	ns
	du timbre /u/	**	**	*	*	*	ns
	* = p ≤ 0,05	** = p ≤ 0,01		*** = p ≤ 0,001		ns = p > 0,05	

Le tableau 100 montre une synthèse de l'effet du mode de phonation sur les divergences spectrales dans les trois contextes. Ce tableau nous amène à constater que le mode de phonation est davantage lié aux divergences spectrales significatives produites au niveau de F1 ($p < 0,001$). Les divergences au niveau de F2 en fonction du mode de phonation se produisent principalement dans les contextes /pa/ et /pu/. Au niveau de F3, l'effet du mode de phonation se manifeste davantage dans /pa/. Quant à F4, ses divergences, en fonction du mode de phonation, sont plus significatives dans /pi/ et dans /pu/.

En ce qui concerne l'effet du ton, nous avons pu constater que les divergences spectrales semblent le plus souvent être liées aux tons. Il est même possible d'en déduire un pattern de variations spectrales sur les quatre tons. En voix modale, ce pattern s'apparente à celui de la variation de F0 (*cf.* Chapitre 6, Figures 54, 57 et 60) pour certains formants (tel que F4 dans les trois contextes, *cf.* Figures 85, 86, 96, 97, 107 et 108), alors qu'il est dans l'ordre inversé pour d'autres formants (tel que F2, *cf.* Figures 81 et 82 pour /pa/, Figures 103 et 104 pour /pu/). Toutefois, en voix chuchotée, nous avons observé des tendances à des divergences différentes de celles observées en voix modale. Plus précisément, en voix chuchotée, les bandes formantiques à fréquences basses montrent peu de sensibilité à la variation tonale, comme pour F1 dans tous les contextes (*cf.* Figures 79, 80, 90, 91, 101 et 102).

Tableau 101 : Synthèse de l'effet du facteur *ton* sur les divergences spectrales en voix modale et en voix chuchotée.

Facteur *le ton* sur		Phase					
		0%	20%	40%	60%	80%	100%
F1	VM	ns	ns	ns	ns	ns	***
	VC	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F2	VM	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	VC	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F3	VM	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	VC	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F4	VM	ns	*	**	**	**	***
	VC	ns	**	**	***	**	***

* = $p \leq 0{,}05$ ** = $p \leq 0{,}01$ *** = $p \leq 0{,}001$ ns = $p > 0{,}05$

Le tableau 101 montre la synthèse de l'effet du ton sur les divergences spectrales, dans les deux modes de phonation, avec l'effet du contexte neutralisé. Ce tableau nous confirme que parmi les quatre premiers formants, les divergences au niveau de F4 sont les plus concernés par la variation du ton, et ce, dans les deux modes de phonation. Les divergences au niveau de F1, en fonction du ton à la fin des timbres vocaliques, sont significatives en voix modale, mais ne le sont pas en voix chuchotée.

Le pattern de variations spectrales, en fonction du ton mentionné *supra*, correspond aux traits tonals binaires [+/-U] et [h/l]. En général, un pitch tonal haut (celui correspondant au trait [+U] et au trait [h]) est souvent lié à une valeur de fréquence plus élevée, et un pitch tonal bas (celui du trait [-U] et du [l]) à une valeur plus basse. Ceci est souvent le cas dans les variations de F4 (*cf.* Figures 85 et 86 pour /a/, Figures 96 et 97 pour /i/, Figures 107-108 pour /u/). Dans les variations de F1, F2 et F3, cet ordre est parfois inversé ou opaque (*cf.* Figures 58, 60 et 62 pour /a/, Figures 69, 71 et 73 pour /i/ et Figures 80, 82 et 84 pour /u/). Sur le plan du timing, au sein du même formant, les contrastes des traits [+/-U] semblent correspondre aux contrastes en valeurs formantiques au début de la voyelle. En outre, ces contrastes sont liés aux divergences significatives dans toutes les phases de la voyelle. Quant aux traits [h/l], les contrastes sont davantage liés aux différences en valeur qui apparaissent à la fin de la voyelle.

Autre que le pattern mentionné ci-dessus, nous avons observé des divergences entre les courbes de tonie corrélées à un seul type de traits, par ex. F3 de /a/ (*cf.* Figures 83 et 84) semble varier seulement en fonction des traits [+/-U]. Cette conclusion est

soutenue non seulement par les divergences entre les courbes de tonie en fonction du ton mais également par les contrôles de la significativité des divergences spectrales entre les tons (*cf.* Tableaux 71-74, 78-81 et 85-88).

Les divergences spectrales, bien qu'elles semblent être liées aux traits tonals, elles ne sont pas corrélées à F0 de manière linéaire (*cf.* Section 8.4.). Cela reflète, d'après nous, que les indices tonals dans le spectre reposent sur les percepts des traits tonals, au lieu de se fonder sur la variation de F0.

Nous avons tenté, dans nos analyses, d'inférer des modifications articulatoires glottiques et supraglottiques en fonction du ton, à partir des divergences spectrales observées. Ces modifications articulatoires seraient dépendantes de La caractéristique intrinsèque de la voyelle.

Plus précisément, pour /a/, il nous semble que les traits [+/-U] ont une influence sur la position du larynx : [+U] correspond à une position plus haute et [-U] à une position plus basse. Cela s'observe plus clairement en voix chuchotée.

Quant à /i/, elle semble plus fermée, avec une position de la langue plus avancée, lorsqu'elle porte un ton au trait [-U], en voix modale. La même modification gestuelle n'a pas été observée en voix chuchotée.

En revanche, les divergences spectrales de /u/ sont plus complexes et il est plus difficile d'en déduire des modifications articulatoires. Nous supposons, principalement, à partir des divergences aux niveaux de F1 et de F2, qu'un pitch tonal haut présente une protrusion des lèvres qui est plus importante au début et au milieu de la voyelle et donc, est moins importante à la fin de la voyelle. De plus, un pitch tonal haut ferait également baisser la mandibule à la fin de la voyelle, et ce, dans les deux modes de phonation.

Au niveau du contexte, les divergences spectrales dans différents contextes nous montrent que les voyelles ont des sensibilités différentes à la variation tonale. En prenant en compte les quatre premiers formants dans le spectre, nous concluons que le spectre de /a/ varie plus que celui de /i/ et de /u/ lorsque le ton varie, et ce, pour tous

les quatre formants, à part pour F1 en voix chuchotée (*cf.* Figures 79-86, 90-97 et 101-108). Les spectres de /i/ et de /u/ montrent moins de sensibilité à la variation tonale que celui de /a/, surtout pour les trois premiers formants en voix chuchotée (*cf.* Tableaux 78-80 pour /i/ et Tableaux 85-87 pour /u/). D'ailleurs, les divergences spectrales, mesurées en fréquence (Hz) dans le spectre de /i/, nous semblent moins importantes que celles observées pour /u/, surtout en voix chuchotée (*cf.* Figures 90-97 pour /i/ et Figures 101-108 pour /u/). Toutefois, les contrôles de la significativité des divergences spectrales entre les tons en tonie (Mel) nous indiquent que /i/ et /u/ connaissent autant de modifications spectrales significatives, en fonction du ton, quelle que soit la condition phonatoire (*cf.* Tableaux 78-81 pour /i/ et Tableaux 85-88 pour /u/).

Suivant l'observation des spectres sur les plans temporel et fréquentiel, nous avons remarqué que dans les signaux chuchotés, les trois voyelles présentent des spectres de natures différentes. Plus précisément, les spectres de /a/ et de /i/ s'apparentent à des bruits de bande passe-haut alors que celui de /u/ ressemble à un bruit de bande passe-bas (*cf.* Figures 88, 99 et 110). Cela signifie que certains formants dans ces spectres seraient trop faibles pour l'ouïe, par ex. F1 de /i/ (*cf.* Figure 99). En outre, dans la perception des signaux chuchotés, les seuils différentiels de variation de fréquence devraient se situer au-dessus de 50 Hz. Ils sont aussi élevés que ceux des signaux en voix modale (*cf.* Tableaux 75, 82 et 89), à tel point qu'ils dépassent certaines divergences spectrales, surtout celles des formants situés dans les basses fréquences. Il est d'ailleurs à remarquer que dans les mêmes signaux, le contexte syllabique a un effet sur les fréquences porteuses de la modulation. Ces fréquences porteuses sont en général plus hautes dans le spectre de /i/ et plus basses dans le spectre de /u/ (*cf.* Figures 89, 100 et 111).

Tableau 102 : Synthèse de l'effet du facteur *contexte* sur les divergences spectrales en voix modale et en voix chuchotée.

Facteur *le contexte* sur		Phase 0%	20%	40%	60%	80%	100%
F1	VM	***	***	***	***	***	***
	VC	***	***	***	***	***	***
F2	VM	***	***	***	***	***	***
	VC	***	***	***	***	***	***
F3	VM	***	***	***	***	***	***
	VC	***	***	***	***	***	***
F4	VM	***	***	***	***	***	***
	VC	***	***	***	***	***	***

* = p ≤ 0,05 ** = p ≤ 0,01 *** = p ≤ 0,001 ns = p > 0,05

Le tableau 102 présente une synthèse de l'effet du contexte syllabique sur les divergences spectrales, dans les deux modes de phonation, avec l'effet du ton neutralisé. Ce tableau montre que le contexte a un effet significatif sur toutes les divergences spectrales observées.

Plus précisément, le contexte présente des effets à différents niveaux sur les quatre formants. Son effet est notamment significatif sur F2 et F3. Au niveau de F1, l'effet du contexte se manifeste peu pour les divergences dans /pi/ et dans /pu/. Quant à F4, les divergences entre /pa/ et /pi/, ainsi que celles entre /pi/ et /pu/, sont significatives tandis que celles entre /pa/ et /pu/ ne sont pas significatives (*cf.* Tableaux 94-99)

Les écarts au niveau de la tonie entre les formants voisins démontrent une constance auditive relative dans les spectres des signaux chuchotés. Une tendance se dessine dans ces écarts. C'est que la constance auditive se manifeste davantage dans le spectre de /i/, mais moins dans le spectre de /a/ (*cf.* Figures 87, 98 et 109). Du point de vue perceptif, cela nous indique que le spectre de /i/ ne conserve pas autant d'indices mélodiques en soi que le spectre de /a/.

Ainsi, nous arrivons aux conclusions suivantes. Premièrement, F4 nous semble davantage sensible à la variation du ton. Deuxièmement, les corrélations entre les divergences spectrales et les tons dépendent de la caractéristique intrinsèque de la voyelle portant le ton. Troisièmement, les indices tonals dans le spectre renvoient aux percepts des traits tonals, au lieu de renvoyer à la variation de F0.

Les analyses spectrales ont été pertinentes pour l'étude acoustique des deux modes de phonation étudiés et pour la recherche d'indices tonals perceptibles. Suite aux analyses de chaque résonance dans le spectre, nous avons remarqué que le pattern de corrélats entre F0 et les traits tonals s'inscrit également dans les variations spectrales, et que toutefois, seuls les corrélats entre F4 et les traits tonals sont réguliers et relativement clairs. Les variations de F1, de F2 et de F3 montrent également des corrélations entre elles et les tons. Pourtant, ces corrélations changent en fonction de la nature du segment vocalique et du mode de phonation.

En comparant les spectres de la voix modale avec ceux de la voix chuchotée, nous constatons que les tons ont un impact plus important sur la qualité du spectre en voix modale, alors qu'en voix chuchotée, les modifications spectrales en fonction du ton nous semblent entretenir une relation relativement moins étroite.

En outre, la caractéristique intrinsèque la voyelle est également à prendre en compte dans les analyses spectrales. Nous avons remarqué qu'en voix chuchotée, la distribution de l'énergie dans le spectre varie d'une voyelle à l'autre, et que les spectres des trois voyelles montrent différents niveaux de sensibilité à la variation tonale. Plus précisément, les variations spectrales de /a/ en fonction du ton sont plus importantes et même plus perceptibles que celles de /i/ et de /u/. Nous avons tenté à en déduire des modifications gestuelles liées au ton.

9 Conclusions

L'objectif de notre recherche était d'observer les caractéristiques acoustiques des segments qui portent les tons lexicaux du mandarin, afin de comprendre les éventuels rapports entre les variations de ces caractéristiques et les tons correspondants, les stratégies compensatoires employées en l'absence du pitch, et les conséquences perceptives de l'emploi de ces stratégies.

À cette fin, nous avons analysé les comportements de divers paramètres acoustiques, et ce, en production de la parole en voix modale et en voix chuchotée. En s'appuyant sur la littérature sur ces questions dans les domaines phonétique et phonologique, nos études se centrent non seulement sur les performances acoustiques des segments au niveau acoustique, mais aussi sur la nature des composantes des tons lexicaux. Autrement dit, nous avons analysé nos données afin d'examiner les problématiques liées à l'interaction *ton-son*, soit une interaction qui de nature correspondrait à une interférence *concept-forme*.

Cette discussion propose une synthèse argumentée des résultats de toutes nos analyses, qui nous amène à faire le point sur les précisions apportées précédemment. Nous reviendrons, plus loin, sur les hypothèses que nous avons formulées pour chaque dimension acoustique étudiée.

Reconstitution du pitch sur une base auditive

Les résultats de nos analyses démontrent un impact des quatre tons lexicaux du mandarin sur plusieurs dimensions des représentations phonétiques. Nos données s'appuient sur l'idée selon laquelle F0 fournirait des indices primaires des tons tandis que d'autres caractéristiques acoustiques fourniraient des indices secondaires (Segerbäck 1965, Liu et Samuel 2004). Dans notre observation des variations des paramètres acoustiques étudiés, nous avons observé un pattern de variation en fonction des traits tonals. Ce pattern nous semble s'appuyer sur les caractéristiques auditives du pitch tonal. En outre, il est établi dans la littérature qu'en l'absence des activités vibratoires des plis vocaux, les auditeurs exploitent d'autres informations perceptibles dans les représentations phonétiques, afin d'accéder au référent tonal alors que les locuteurs font un effort de leur part pour s'y adapter (Abramson 1972, Whalen et Xu 1992, Moore 2008). Cela a été soutenu par nos résultats analytiques des

tons produits en voix chuchotée. Les corrélations entre certaines caractéristiques phonétiques et les tons ont été préservées et parfois même renforcées en l'absence de F0.

Nous avons vu dans le *Chapitre 2* et le *Chapitre 3* que les informations perceptibles du ton concerné proviennent de multiples sources, mis à part F0, tels que le contexte sémantique, le contexte tonal, la variation du niveau de l'intensité, les résonances de hautes fréquences, etc. Nous retenons ici, d'après les analyses de nos données, deux sources auditives majeures d'indices tonals en parole chuchotée : le contrôle des paramètres temporels et la divergence spectrale à hautes fréquences. En revanche, lorsque le ton varie, le niveau de l'intensité nous semble présenter peu de différences significatives dans sa variation en voix chuchotée, contrairement à ce que la littérature présume.

En l'occurrence, la sensation de la hauteur mélodique se reconstitue principalement à travers l'analyse neuronale de la structure spectrale. Le pitch tonal, en tant que composante prosodique du lexique, est de nature une mélodie à transmettre dans la communication. Cette mélodie repose prioritairement sur la fréquence fondamentale, mais en même temps domine les relations entre les résonances du son complexe en parole (Palmer et Holleran 1993). Autrement dit, en perception, les hautes fréquences contribuent remarquablement à la formation de la hauteur mélodique (Ritsma 1967, 1970). Par ailleurs, la modulation de F0, ou bien, une présence de la *fine structure*, améliore la perception du pitch. Tout cela parce que la perception du ton est dépendante des modifications fréquentielles fines et précises (Zatorre *et al.* 2002).

Par ailleurs, d'un point de vue articulatoire, ce sont les ajustements au niveau glottique qui sont corrélés prioritairement au pitch tonal. Toutefois, en parole chuchotée, en l'absence d'activités vibratoires des plis vocaux et à un niveau de l'intensité subglottique faible, des ajustements glottiques et supraglottiques étaient attendus pour modifier le spectre du signal acoustique. De tels ajustements ont été rapportés par Tsunoda *et al.* (1994) et Crevier-Buchman *et al.* (2008).

En conséquence, nos analyses des données acoustiques ont été conduites dans un double sens. Elles ont été effectuées pour étudier les valeurs psychoacoustiques de ces

données, et aussi pour repérer les traces des ajustements articulatoires dans le spectre. En raison de la non-linéarité qui existe entre les représentations acoustiques-perceptives, ainsi qu'entre les représentations acoustico-articulatoires, nos analyses ne sauraient fournir seulement des inférences au niveau des opérations cognitives et physiologiques effectuées.

En ce qui concerne l'aspect perceptif, nos données démontrent un pattern de corrélations entre les caractéristiques acoustiques du spectre et les traits tonals binaires. Ce pattern s'apparente à celui observé dans la variation de F0. Ce constat a été observé autant en voix modale qu'en voix chuchotée. Cela fait écho à la Théorie Quantique des Traits (Stevens 1991) et à la Théorie Motrice de la Perception de la Parole (Liberman et Mattingly 1989), qui soutiennent une base auditive de la perception des composantes prosodiques. En voix modale, malgré la présence de F0, le pattern de variations mentionné *supra* s'observe tout de même au niveau de l'intensité, ainsi que dans les premières résonances du spectre (de hautes et de basses fréquences). Ces variations peuvent être des indices secondaires des mêmes invariants auditifs. En effet, leur existence semble s'accorder avec la proposition de la Théorie du Renforcement Acoustique (Stevens *et al.* 1986, Stevens et Keyser 1989) sur la notion de saillance (*markedness*). Autrement dit, les locuteurs ont maximalisé la saillance du ton, ou bien, la saillance des traits tonals dans les représentations acoustiques produites. Par conséquent, lorsqu'ils chuchotent, ils devraient avoir la même préoccupation qu'en voix modale. Pour cette raison, le même pattern de variations a été observé dans la voix chuchotée, bien qu'il soit significatif principalement au niveau de la quatrième résonance. Il est donc à supposer que les variations de F4, observées en voix chuchotée, renvoient de manière directe aux mêmes invariants auditifs que ceux en voix modale.

De surcroît, nous avons remarqué une tendance de variations corrélée aux tons, dans le contrôle temporel des composantes rythmiques qui portent le ton, et ce, dans les deux modes de phonation étudiés. Ces variations temporelles sont également exploitables dans le jugement du ton, d'après des études attestées dans la littérature (Whalen et Xu 1992, Shih 2007, Blicher *et al.* 1990). Toutefois, il est difficile d'émettre une hypothèse sur la nature des invariants auxquels renvoie ce contrôle

temporel, car nous ne voyons pas, dans notre recherche, de liens directs entre le contrôle temporel et des ajustements liés aux tons, sur une autre dimension. Les paramètres temporels peuvent varier en fonction des coordinations articulatoires planifiées, glottiques ou supraglottiques, aussi bien qu'en fonction des caractéristiques acoustiques dérivées des patterns tonals. En l'occurrence, les variations temporelles que nous avons observées sont la conséquence d'un ensemble de facteurs. Elles pourraient donc accéder à de multiples modules qui prennent en charge le traitement spécifique de différents aspects des représentations phonétiques.

En ce qui concerne l'aspect articulatoire, nos données indiquent des différences remarquables entre les voyelles /a i u/ dans leurs sensibilités à la variation tonale. Plus précisément, la caractéristique intrinsèque de la voyelle a un impact sur les corrélations entre les tons et les paramètres temporels, ainsi que sur les corrélations entre les tons et les trois premières résonances du spectre de la voyelle. Cela reflète qu'aux niveaux glottique et supraglottique, certaines coordinations ont été effectuées lorsque le ton varie. Quand les sujets réalisent les tons sur les trois voyelles, les coordinations supraglottiques effectuées ne sont pas les mêmes d'une voyelle à l'autre. Cela est vrai pour les deux modes de phonation étudiées. Plus précisément, dans la réalisation de /a/, les divergences spectrales reflètent un déplacement de la position du larynx en fonction du trait tonal à registre. Dans la réalisation de /i/ et de /u/, il nous semble que des coordinations gestuelles sont faites en fonction de la hauteur du pitch tonal. Ce résultat s'accorde avec les études de D'Imperio *et al.* (2003, 2007), selon l'idée que les gestes tonals et les gestes articulatoires oraux pourraient s'aligner.

Par ailleurs, nous avons observé, en voix modale, des différences significatives au niveau de l'intensité du timbre vocalique lorsque le ton varie. De fortes corrélations linéaires ont été observées entre le niveau de l'intensité et F0 en voix modale. Toutefois, en voix chuchotée, le niveau de l'intensité ne connaît quasiment pas de variation significative malgré la variation tonale, et les corrélations entre le niveau de l'intensité et F0 sont faibles. Cela démontre, d'après nous, un contrôle aérodynamique faible aux niveaux glottique et subglottique en voix chuchotée, dû aux configurations physiologiques phonatoires caractéristiques de ce mode de production de la parole.

Une question que nous nous sommes posée, tout au long de cette recherche, est que si les coordinations articulatoires effectuées en fonction du ton peuvent, en l'absence de la fréquence fondamentale, devenir une sorte d'invariant physique que le système cognitif exploite dans la distinction des tons. Autrement dit, d'après les notions de « modules fermés » et de « modules ouverts » de Liberman et Mattingly (1989), est-ce qu'il est possible que les catégories tonales existent dans les deux types de modules, auditives et homomorphiques pour les uns, gestuelles et hétéromorphiques pour les autres ?

Nous avons tenté de déduire, à partir des tendances de variations spectrales observées dans nos données en voix chuchotée, des coordinations articulatoires en fonction du ton, comme mentionné *supra*. Pourtant, il nous semble problématique de déduire des patterns tonals généraux sur un plan articulatoire. En outre, les coordinations articulatoires en fonction du ton reposent avant tout sur les gestes qui renvoient aux catégories vocaliques. Par conséquent, une réponse positive à notre question *supra* rendrait le traitement des composantes des percepts plus complex dans les modules fermés, et en même temps priverait les catégories tonales de leur indépendance par rapport aux percepts segmentaux. D'ailleurs, les phénomènes du sandhi tonal nous laissent également supposer le contraire[59].

En revanche, les similitudes dans le contrôle temporel et dans les variations spectrales que nous avons observées dans les deux modes de phonation remettent quelque part en question la théorie de Lindblom (1987, 1990) dans sa partie du « principe d'économie ». D'une part, nos données sur la voix chuchotée montrent effectivement une prise de conscience de la part des locuteurs sur la conséquence acoustique de l'absence de F0, et sur les possibilités de stratégies compensatoires dont le locuteur doit doter le niveau acoustique. C'est-à-dire que les locuteurs s'adapteraient aux besoins situationnels. D'autre part, d'un point de vue minimaliste, les variations régulières sur les multiples dimensions acoustiques que nous avons observées en voix modale semblent redondantes, vu la présence de F0. Si le locuteur cherchait une

[59] Il est toutefois à noter ici que notre recherche se limite au cadre d'une seule langue tonale, sachant que dans d'autres langues tonales, il est possible d'observer des catégories figées qui renvoient aux percepts du type *segment + ton*. D'après nous, ce type de percepts pourrait exister en catégorie gestuelle.

« diagonale idéale » entre la perception et la production, il n'aurait pas besoin d'une telle « hyper-articulation » en voix modale. Si nous voulions argumenter sur l'apparition de ces informations redondantes dans la voix modale, nous devrions supposer que ces variations acoustiques sous forme de patterns en voix modale soient des « produits secondaires » des coordinations articulatoires dans la réalisation des tons. Elles ne seraient donc pas des facteurs déterminants de la discriminabilité des tons.

Plus précisément, Comme nous l'avons mentionné *supra*, les variations temporelles combinent les conséquences d'un ensemble de facteurs, et donc ne peuvent être qu'indicateurs des patterns tonals. Elles peuvent être pertinentes en tant que sources d'informations dans le jugement du ton, mais elles ne peuvent pas fonctionner en tant que facteur déterminant dans la discriminabilité des tons.

Quant aux variations du niveau de l'intensité, elles sont significatives en voix modale mais sont moins importantes en voix chuchotée. Cela est probablement dû aux contraintes aérodynamiques de la voix chuchotée. Il est difficile de savoir, à partir de nos données, à quel point la variation au niveau de l'intensité contribue à l'intelligibilité des tons, puisqu'en voix chuchotée, nous avons peu observé de variation à ce niveau.

En revanche, avec l'idée d'une « diagonale idéale » entre la perception et la production, nous ne voyons pas pourquoi les trois premières résonances présentent aussi peu de variations régulières significatives entre les quatre tons en voix chuchotée. Une explication serait que les informations fournies par ces résonances, malgré tout, ne participent pas à la catégorisation tonale. Autrement dit, en voix chuchotée, les informations fournies par les trois premières résonances de la voyelle participent à la perception des catégories vocaliques, mais n'atteignent pas le module du traitement des catégories tonales. Dans ce cas-là, les variations dans ces résonances ne peuvent pas déterminer un seuil ou un critère de discriminabilité des tons.

Nous nous demandons ainsi quel est le seuil, ou le critère de discriminabilité des tons, en voix chuchotée. D'après Zwicker et Feldtkeller (1981), le seuil différentiel de variations fréquentielles dans un bruit de bande dépend du niveau de l'intensité et de la modulation dans le spectre. De plus, nos analyses spectrales dans le *Chapitre 8* montrent qu'en voix chuchotée, la caractéristique intrinsèque de la voyelle a

également un impact sur les caractéristiques auditives de son spectre. Ces facteurs, ayant des interactions entre eux en perception, rendent le seuil auditif des variations spectrales très fluctuant. Toutefois, le fait que les variations significatives en patterns apparaissent peu en voix chuchotée (inter-individuellement et intra-individuellement), et qu'elles sont plus ou moins dans les mêmes dimensions acoustiques d'une voyelle à l'autre, nous fait pencher soit pour une adaptation effectuée par les locuteurs, soit pour une prise de conscience des exigences perceptives qu'impose le système phonologique. Bien entendu, vu que notre recherche s'appuie sur une simple expérience de production orale, la compensation effectuée par nos locuteurs en voix chuchotée aurait dû reposer sur une base d'estimation des besoins perceptifs, sachant que sans feedback de la part des auditeurs, un décalage pourrait exister entre les résultats de cette estimation et les besoins perceptifs réels. En outre, il est tout aussi possible que les locuteurs soient suffisamment conscients des besoins perceptifs de manière générale, mais que le mode de chuchotement limite la réalisation de certaines constrictions, ou fait élargir leurs régions articulatoire-acoustiques quantiques, à tel point que les frontières acoustiques entre les différents traits deviennent floues.

Il est toutefois probable suivant Ohala (1988), de présumer une adaptation de la part de l'auditeur. Les indices tonals dans les signaux chuchotés, bien qu'ils soient peu nombreux, peuvent être exploités en perception en tant que dérivations acoustiques des patterns tonals. Certaines variations qui ne renvoient pas directement aux patterns tonals, telles que celles qui existent au niveau temporel, pourraient être préservées en mémoire et s'intégrer dans le traitement de l'ensemble du signal.

Revenons maintenant sur les traits tonals. Comme il a été mentionné précédemment dans cette section, nos données démontrent des corrélations entre les caractéristiques acoustiques segmentales et les traits tonals binaires, sous forme des cibles tonales[60]. Effectivement, si l'on considère que le ton est un percept « homomorphique », les

[60] Nous devons préciser que les cibles tonales ici renvoient particulièrement aux niveaux de la hauteur de voix en termes de contraste significatif. Bien qu'un nombre important d'études soutiennent la prise en compte de la direction de la variation ou la pente du pitch dans la perception des tons (Cutler 1986, Xu et Wang 2001), nous présumons, au moins en mandarin, que le contour n'est pas un trait en soi, mais qu'il pourrait être exploité pour anticiper la cible à atteindre et ainsi pour réduire le temps de réponse de la perception, comme ce que Xu (1994) a suggéré. En outre, une telle définition de la « cible tonale », comme celle que nous adoptons ici, s'accorderait avec l'explication des phénomènes du sandhi tonal.

traits binaires permettraient de préserver la pertinence des contrastes (et des similitudes) tonals de manière simple et efficace. Toutes autres informations, ou traits, ou indices secondaires, dont l'apparition accompagne la variation du pitch tonal, devraient s'appuyer sur ces traits tonals binaires.

La structuration d'un tel système tonal assurerait le bon fonctionnement et l'adaptabilité des modules cognitifs engagés dans le jugement du ton, face à la variabilité considérable et parfois imprévisible de l'environnement linguistique. Ces modules, accédés par une variété d'informations sensorielles de différentes sources, dont la quantité aborde un seuil, n'auraient qu'à choisir l'une des deux types de valeurs comme représentation finale. Le fonctionnement de ces modules devrait donc s'apparenter à celui des modules qui reconnaissent seulement le 1 et le 0 dans un système numérique binaire. Leurs représentations finales participeraient ensuite à la perception catégorielle. Cette suggestion s'accorderait avec les résultats des études sur la perception catégorielle des tons par les natifs sinophones (Wang 1976, Chan *et al.* 1975, cité par Wang 1976, Hallé *et al.* 2004). Ces études montrent que la perception d'un pitch mélodique est quasiment un « choix forcé » parmi les catégories tonales pour les utilisateurs d'une langue tonale. Bien entendu, pour une langue qui possède un système tonal différent de celui du mandarin, le traitement des informations tonales pourrait être différent de celui observé en mandarin (voir Abramson 1979 pour le thaïlandais).

Dans le même esprit, nous nous permettrions de suggérer qu'à l'intérieur des modules du traitement tonal, les informations sensorielles de sources différentes constitueraient une « constellation » acoustique, ou s'intègreraient dans la constitution d'une sensation unifiée du pitch tandis que leur combinaison devrait dépasser un seuil d'activation pour activer la catégorie tonale correspondante. En effet, prenant en compte les suggestions de Stevens et Keyser (1989) et de Dell (1986), nous proposerions de préférence une catégorisation tonale dans ces modules qui s'appuient principalement sur l'une des sources sensorielles, tout en intégrant les autres informations dans la sensation du pitch tonal primaire. Le choix de la source principale dans la perception tonale devrait, d'après nous, privilégier certains aspects acoustiques, telles que les résonances à hautes fréquences, mais ne s'y limite pas. Dans ce sens-là, les informations sensorielles des sources secondaires feraient augmenter le niveau d'activation, au lieu d'être des « traits redondants ». Par exemple,

dans notre recherche, le fait que les variations de F4 en fonction du ton soit davantage régulières dans les signaux chuchotés pourrait nous indiquer que les sujets ont privilégié, en général, F4 en tant que source principale d'indications des tons alors que dans d'autres études sur la perception du ton (*cf.* Section 3.2.), les auditeurs s'appuyaient principalement sur d'autres aspects acoustiques (contour d'intensité, durée vocalique, etc.). Bien entendu, cette supposition reste à vérifier avec davantage d'études sur la perception.

Étude des paramètres temporels

Nos analyses du contrôle temporel des segments visaient à comparer les paramètres temporels mesurés au sein des segments qui portent le ton lexical, et ce, plus précisément dans le segment vocalique et dans la syllabe cible. Rappelons que les rapports qui existent entre les paramètres temporels et la catégorisation tonale en mandarin ont été démontrés par des études attestées dans la littérature (Blicher *et al.* 1990, Whalen et Xu 1992, Shih 2007).

Nos hypothèses au départ étaient les suivantes :

Hypothèse 1 : dans le contexte phonologique de notre corpus, c'est la rime (voyelle) de la syllabe cible qui héberge le TBU du ton à étudier. Nous supposons ainsi que la durée de la voyelle dans la syllabe CV, ainsi que les variables temporelles relatives à la voyelle (c'est-à-dire la durée syllabique et le ratio voyelle/consonne), subiraient des modifications sous l'effet du ton porté. Ces modifications seraient plus importantes que celles que la tenue consonantique connaîtrait.

Hypothèse 2 : le VOT et le ton sont tous liés à la vibration des plis vocaux. Ainsi, nous supposons qu'en voix chuchotée, en l'absence d'activités laryngales remarquables, la durée du VOT serait réduite par rapport à la voix modale. Quant à la durée du ton (qui sera représentée dans cette recherche par la durée vocalique), ses divergences seraient, d'après nous, préservées en voix chuchotée pour une raison phonologique. Ces divergences seraient pourtant moins significatives que celles en voix modale, en raison du peu d'activité laryngale.

Une partie de l'*Hypothèse 1* a été confirmée par notre étude. D'après notre observation, certains paramètres temporels relatifs au segment vocalique, c'est-à-dire la durée du segment vocalique et le ratio voyelle/consonne, ont tendance à subir

l'influence du ton porté. Cette tendance persiste autant en voix chuchotée qu'en voix modale, bien que les paramètres temporels concernés connaissent davantage de divergences en voix chuchotée. En revanche, la durée syllabique nous semble peu influencée par le mode de phonation, contrairement à ce que nous supposions. La tenue consonantique, quant à elle, subit davantage l'influence du contexte. Le ton ne montre pas d'effet significatif sur la tenue consonantique dans notre recherche.

Par conséquent, nous en concluons que le segment vocalique dans une syllabe CV en mandarin est le nœud qui héberge le TBU, et que la variation de sa durée en fonction du ton est probablement davantage liée à la structuration géométrique du ton et aux traits tonals, et moins aux mouvements biomécaniques glottiques que F0 impose.

Notre deuxième hypothèse semble partiellement soutenue par nos constats. La durée du VOT est réduite en voix chuchotée, par rapport à la voix modale. De plus, elle manifeste encore moins de variations en voix chuchotée, par rapport à la voix modale. Cela démontre, d'après nous, un manque d'activités significatives au niveau glottique en parole chuchotée. Pourtant, les résultats de nos analyses constatent que la durée du VOT est principalement influencée par le mode de phonation et le contexte. Le ton n'a pas d'effet significatif sur ce paramètre.

La durée syllabique, bien qu'elle soit directement concernée par la variation du ton, préserve effectivement ses divergences en fonction du ton en voix chuchotée. Toutefois, ces divergences nous semblent davantage significatives en voix chuchotée, par rapport celles observées en voix modale, et ce surtout chez les divergences entre T2 et T3. Ce résultat contredit l'*Hypothèse 2*.

En outre, nos résultats analytiques permettent de constater que les trois voyelles présentes différents niveaux de sensibilité à la variation du ton. En l'occurrence, /i u/ présentent souvent des durées plus longues sur T2 et des durées plus courtes sur T3 alors que /a/ présente souvent des durées plus longues sur T2 et des durées plus courtes sur T1. Dans les analyses de l'effet du contexte, peu de différences significatives se produisent entre les contextes /pi/ et /pu/. Ainsi, nos résultats contestent quelque part l'existence de patterns tonals au niveau temporel, des patterns qui devraient être indépendants de la nature du segment porteur, bien que certaines études aient tendance à souvenir cette idée. Cela dit, nous ne rejetons pas cette hypothèse. Comme il a été mentionné précédemment dans cette section, la variation

des paramètres temporels subit un ensemble de facteurs. La différence au niveau de la sensibilité entre les voyelles que nous avons observée pourrait être due aux réajustements supraglottiques que le ton génère, des réajustements intrinsèques à chaque voyelle. Les divergences temporelles que nous observons sur différents tons pourraient donc être une combinaison de l'impact des facteurs segmentaux avec l'impact des facteurs suprasegmentaux.

Étude de la fréquence fondamentale (F0)

Nos analyses des données acoustiques reposent principalement sur les patterns du pitch tonal que F0 représente. Ainsi, notre étude de la variation de F0 en voix modale visait à mettre en lumière les composantes des patterns tonals, celles qui serviraient de repères à nos études sur les corrélats entre les traits tonals et les dimensions acoustiques.

Notre hypothèse émise au départ était la suivante :

Hypothèse 3 : en mandarin, les courbes F0 devraient respecter un pattern qui est corrélé aux traits tonals de registre et de contour. Sur la base des études sur le ton lexical depuis les années 1990, nous suggérons que la variation de F0 correspondrait davantage à l'une des descriptions autosegmentales du ton proposées par Yip (1980, 1995), Duanmu (1990) et Bao (1990,1999) (*cf.* Chapitre 2), celles présentées sous forme de traits binaires.

Cette hypothèse semble être confirmée par nos résultats. En effet, la variation de F0 montre un pattern de corrélats entre F0 et les traits tonals binaires. Les contrastes observés entre les courbes F0 soutiennent davantage les modèles tonals sur une base de traits binaires (Yip 1980, 1995, Bao 1990, 1999, Duanmu 1990). Il nous semble que ce pattern ne correspond pas à la conception des traits de contour. Les orientations des courbes F0, surtout celle de T2 ayant une phase descendante au début de la voyelle, ne s'accordent pas nécessairement aux traits de contour prescrits de Wang (1967). Selon nos analyses des valeurs de F0 sur l'échelle de demi-tons, les courbes du pitch tonal ne correspondent pas non plus à une description tonale sur 5 partitions, comme celle proposée par Chao (1930).

Dans le pattern des corrélats entre F0 et les traits tonals binaires, nous avons observé l'effet des traits [+/-U] tout au long de la voyelle, ainsi que l'effet des traits [h/l] à la

fin de la voyelle. En revanche, au début de la voyelle, la cible tonale réalisée sur F0 semble renvoyer au trait à registre correspondant. À partir de 60% de la voyelle, l'impact des traits [h/l] se manifeste graduellement dans la courbe F0.

Toutefois, vu les limites que notre corpus impose, nos données ne disposent pas suffisamment de détails sur les rapports entre les TBUs et la structure tonale qui soutiennent un modèle tonal spécifique.

Étude du niveau de l'intensité

Nous tentions d'exploiter les données du niveau de l'intensité mesuré dans les signaux aux deux modes de phonation, et ce, dans l'objectif de mettre en lumière la contribution du niveau de l'intensité à la perception des tons. La courbe de l'intensité a été considérée par certains chercheurs comme un indicateur important de la variation du pitch, en l'absence ou suite à la neutralisation de F0 (Pike 1950, Fónagy 1969, Whalen et Xu 1992). Par ailleurs, lors de la perception d'une voix chuchotée, le niveau de l'intensité influence les seuils d'audibilité des autres dimensions acoustiques, ainsi que leurs seuils différentiels (Zwicker et Feldtkeller 1981).

Les hypothèses émises au départ étaient comme suit :

Hypothèse 4: en raison de faibles activités biomécaniques au niveau glottique en voix chuchotée, nous observerions davantage de divergences dans la courbe de l'intensité, en fonction du ton en voix modale, par rapport à la voix chuchotée. Il y aurait plus de possibilité de déduire, à partir des courbes de l'intensité en voix modale, des patterns qui manifestent les effets des deux types de traits tonals binaires ([+/-U] et [h/l]), comme ceux que nous avons observés dans la variation de F0.

Hypothèse 5 : pour indiquer le ton, le niveau de l'intensité devrait être en corrélation étroite avec le pitch tonal ou avec les traits tonals. C'est-à-dire un niveau haut de l'intensité correspondrait à un pitch haut/à une cible haute, et *vice versa*.

L'*Hypothèse 4* a été confirmée par les résultats de nos analyses. En effet, nous avons observé en voix modale un niveau de l'intensité plus haut que celui observé en voix chuchotée. Nous avons déduit un pattern de forme de la courbe de l'intensité en fonction des traits tonals binaires : les traits [+/-U] semblent avoir une influence sur le niveau de l'intensité tout au long de la voyelle, y compris au début de la voyelle

tandis que les traits [h/l] semblent être liés davantage au niveau de l'intensité à la fin de la voyelle. L'observation des nombres des différences significatives au niveau de l'intensité confirme qu'un contraste tonal au trait [+/-U] mènent à des différences significatives plus nombreuses entre 20% et 60% de la voyelle, alors qu'un contraste au trait [h/l] réduit le nombre des différences significatives liés au trait [+/-U] entre 80% et 100% de la voyelle. Ce pattern se manifeste explicitement en voix modale, mais l'est beaucoup moins en voix chuchotée. En l'occurrence, en voix chuchotée, nous avons observé des nuances au niveau de l'intensité en fonction du ton. Ces nuances sont pourtant peu importantes au niveau acoustique. Leur effet perceptif pourrait donc être ignoré dans le jugement du ton. Cela a été confirmé par l'analyse des corrélations NI-F0, selon lesquelles les corrélations linéaires entre le niveau de l'intensité et F0 sont fortes en voix modale, mais sont assez faibles en voix chuchotée.

À part les différences de contours, le niveau de l'intensité connaît une modulation en voix chuchotée. Pourtant, cette modulation est irrégulière, et elle a été trouvée moins remarquable que la modulation de fréquence observée habituellement en perception. Il est problématique d'estimer un taux de modulation général à partir d'un signal dans notre recherche. Pour ces raisons, notre étude s'est privée d'analyses des modulations en amplitude et s'est concentrée sur la modulation de fréquence.

En ce qui concerne notre cinquième hypothèse, le pattern des corrélats entre le niveau de l'intensité et les traits tonals déduit *supra* est, en réalité un pattern de corrélats entre le niveau de l'intensité et le pitch tonal (ce qui est présent sous forme de cibles tonales). C'est-à-dire qu'un pitch haut/une cible tonale haute correspond à un niveau de l'intensité plus haut, et *vice versa*. D'ailleurs, nous avons remarqué que le sommet de la courbe de l'intensité apparaît souvent à 20% et à 80% de la voyelle, par ex. dans le cas de T2. Cela suggère, d'après nous, que ces deux phases de la voyelle sont importantes pour la localisation des cibles tonales. En effet, dans l'observation des contours de F0, nous avons observé également, dans ces deux phases, des écarts réduits entre les valeurs de F0 sur les tons au même trait tonal. À partir de cette observation, nous considérons que le niveau de l'intensité est intimement lié au pitch tonal.

Étude de la structure formantique

Dans notre recherche, une attention particulière a été prêtée aux analyses du spectre. Cela parce que les résonances dans le spectre, surtout celles situées dans les hautes fréquences, étaient considérées intimement liées à la sensation de la hauteur mélodique (Meyer-Eppler 1957, Fónagy 1969, DeWitt et Samuel 1990). En outre, la structure spectrale présente une gamme riche en informations critiques pour l'audibilité du segment et du ton porté. Des analyses spectrales étaient donc nécessaires pour étudier la compensation de l'absence de F0 (ou bien, la reconstitution du pitch tonal) en parole chuchotée.

Dans cette étude, nous avons émis les hypothèses suivantes :

Hypothèse 6 : la structure formantique connaîtrait un pattern de divergence en fonction du ton, comme celui observé au niveau de F0, et ce probablement en voix modale. Ce pattern se présente en tant que tendances évidentes de divergences spectrales liées aux tons, puisqu'en voix modale, le spectre subit davantage la conséquence des modifications laryngales par rapport à la voix chuchotée.

Hypothèse 7 : les tendances des divergences spectrales liées aux tons, si elles existaient, devraient être différentes en voix chuchotée de celles que nous pouvons observer en voix modale. Dans ce cas-là, ces tendances seraient probablement dues aux ajustements articulatoires supraglottiques employés par les locuteurs, afin de compenser l'absence de F0.

Hypothèse 8 : les quatre premiers formants dans le même spectre montreraient des sensibilités à différents niveaux à la variation tonale, et ce, surtout en voix chuchotée. Les formants situés dans les hautes fréquences, c'est-à-dire F3 et F4, seraient plus sensibles aux tons que les formants localisés dans les fréquences plus basses, c'est-à-dire F1 et F2.

Hypothèse 9 : la caractéristique intrinsèque de la voyelle jouerait aussi un rôle dans la divergence spectrale. Autrement dit, les spectres des voyelles /a i u/ devraient avoir des sensibilités différentes à la variation tonale.

En observant les signaux acoustiques dans les deux modes de phonation, nous avons remarqué qu'en voix chuchotée, le timbre de la voyelle n'est plus un son périodique,

mais un bruit de bande qui subit une modulation sinusoïdale en amplitude et en fréquence. Il a donc un spectre comparable à celui d'un son complexe harmonieux. La modulation en amplitude du signal en voix chuchotée étant irrégulière et son enveloppe ayant une contribution limitée à la perception du pitch (Moore 2008), elle ne fait donc pas objet de notre étude spectrale. Nous étions davantage intéressée par la modulation en fréquence dans les signaux chuchotés.

La majorité de ces hypothèses ont été soutenues par les résultats de nos analyses. Comme il a été supposé dans l'*Hypothèse 6*, un pattern de divergences corrélé aux traits tonals binaires a été observé dans les spectres. Les fréquences centrales de F4 ont tendance à augmenter sur un pitch tonal haut (apparu dans les traits [+U] et [h]), et à diminuer sur un pitch tonal bas (apparu dans les traits [-U] et [l]). Les fréquences centrales de F1, de F2 et de F3 suivent également ce pattern, mais parfois à l'ordre inverse, c'est-à-dire que leurs fréquences centrales baissent sur les traits qui présentent un pitch tonal haut, et *vice versa*. En outre, nous avons observé parfois des variations corrélées à un seul type de traits tonals, dans la troisième résonance du spectre. Les corrélations entre les divergences et F0, d'après ce que nos analyses indiquent, sont pourtant faibles. Cela reflète donc, selon nous, que les divergences spectrales renvoient directement aux traits tonals binaires. Elles ne rappellent pas nécessairement la variation de F0.

En fait, il était quelque part prévisible, d'après nous, que les divergences spectrales, ainsi que les divergences dans d'autres paramètres acoustiques, s'appuient principalement sur un système tonal à traits binaires. Les indices tonals secondaires qui existent sur d'autres dimensions acoustiques ne pourraient pas reconstituer une sensation de hauteur aussi précise que celle représentée par F0. Il n'a pas de corrélat étroit approuvé entre F0 et les autres dimensions acoustiques. Ces indices secondaires devraient donc s'appuyer sur une gamme de contrastes assez simples et pertinents phonologiquement. Les traits tonals binaires sont optimaux sur ce plan.

Les divergences spectrales en fonction du ton que nous avons observées dans les deux modes de phonation ne se produisent pas de la même manière. Cela soutient l'*Hypothèse 7*. Plus précisément, les divergences en voix modale sont plus marquantes que celles observées en voix chuchotée. De manière globale, les effets des traits tonals se manifestent de manière significative dans différents formants en voix

modale, par ex. dans F1 et F3 du spectre de /a/, dans F1 et F4 du spectre de /i/ et dans F2 et F4 du spectre de /u/. En revanche, ils se manifestent davantage dans les formants localisés dans les hautes fréquences en voix chuchotée. Ainsi, les ajustements articulatoires compensatoires au niveau supraglottique, s'ils existaient en voix chuchotée, n'auraient pas de conséquence acoustique importante dans les basses fréquences. Il est donc problématique de comparer les corrélations *spectre-ton* de la voix modale avec celles de la voix chuchotée, puisque les basses fréquences des voyelles ne montrent pas de tendance spécifique dans leurs divergences. Cela conduit à la même conclusion que l'étude de Jiao *et al.* (2015).

Il est difficile de dire si en voix modale, les divergences spectrales sont des indices tonals ou plutôt une sorte d' « effet secondaire » des modifications biomécaniques que le conduit vocal connaît dans la réalisation du ton. En revanche, en voix chuchotée, en l'absence d'activités laryngales notoires, les liens entre les divergences spectrales et les tons nous semblent plus pertinents.

En revanche, l'*Hypothèse 8* est soutenue par les résultats de nos analyses. Les variations mesurées dans les fréquences formantiques centrales et au niveau de la tonie, les nombres de différences significatives produites, les seuils différentiels de variation de fréquence, les largeurs de bandes formantiques et celles des bandes critiques ont tous été pris en compte dans nos analyses. Les résultats nous révèlent que sur le plan acoustique, ainsi que sur le plan perceptif, les formants situés dans les hautes fréquences, surtout F4, montrent plus de sensibilité à la variation tonale que les formants situés dans les basses fréquences. Cela s'observe toutefois plus clairement dans les spectres en voix chuchotée, tandis qu'en voix modale, autre que les formants dans les hautes fréquences, F1 de /a/, F1 de /i/ et F2 de /u/ montrent tous un certain niveau de sensibilité à la variation tonale.

Ce résultat va à l'encontre de la suggestion de Higashikawa et Minifie (1999) qui pose qu'en parole chuchotée, le pitch des accents toniques japonais est indiqué par les formants localisés dans les basses fréquences. Toutefois, d'après nous, cela indiquerait une différence éventuelle dans la compensation du pitch entre les langues ou entre les composantes prosodiques de différentes natures. Cette différence pourrait exister au niveau gestuel autant qu'au niveau auditif.

Le résultat de notre recherche confirme cependant le *principe de dominance* (Ritsma, 1970) qui indique que pour une fréquence fondamentale entre 100 Hz et 400 Hz, ce sont les bandes formantiques de F3, de F4 et du F5 qui tendent à dominer la sensation de hauteur. Notre cherche montre d'ailleurs que ce principe pourrait également être appliqué en parole chuchotée, avec une absence de la fréquence fondamentale.

Nos résultats défendent également l'*Hypothèse 9*. La caractéristique intrinsèque de la voyelle montre son impact non seulement sur la manière et l'importance des variations spectrales lorsque le ton varie, mais également sur les conséquences de la modulation sinusoïdale, et sur la distribution de l'énergie sur l'échelle des fréquences. En effet, les divergences spectrales dans les timbres de /i/ et de /u/ nous semblent plus importantes que celles dans le timbre de /a/, et pourtant, les divergences spectrales dans /a/ nous semblent plus perceptibles que celles de /i/ et de /u/. Parmi les trois voyelles étudiées, le niveau de sensibilité de /i/ et celui de /u/ se rapprochent plus ou moins alors que /a/ présente un autre niveau de sensibilité.

Nos constats rejoignent les études qui portent sur l'existence de la *fine structure* du spectre, et ce, sur sa contribution perceptive (Kong *et al.* 2006, Chang et Yao 2007, Moore 2008, Eaves *et al.* 2011). Il est toutefois à noter, d'après notre étude, qu'à part la variation de F0, toutes autres indications des prototypes tonals observées dans le cadre segmental ne pourraient pas être traitées indépendamment de la nature segmentale. Cela signifie qu'une partie des informations segmentales devraient accéder aux modules du traitement tonal, ou alors que la représentation des percepts segmentaux participerait à la rectification du choix du ton lors du traitement lexical, dans des modèles du traitement de la parole. Dans ce sens-là, il nous faut des études plus approfondies pour pouvoir proposer un modèle du regroupement de sources acoustiques dans la perception tonale. En outre, nous devrions également nous assurer que ces informations puissent accéder aux modules du traitement prosodique, au lieu qu'elles soient prises pour des informations redondantes, dérivées de l'état quantique des gestes qui correspondent aux percepts segmentaux.

Enfin, nous tenons à rappeler à nos lecteurs que ces hypothèses restent sans réponses définitives, puisque nos résultats montrent seulement des tendances à partir d'un nombre relativement limité de sujets et d'un corpus restreint. Vu l'élasticité de la

production et de la perception de la parole, il est prévisible que d'autres tendances différentes des nôtres pourraient être observées dans des études ultérieures.

10 Quelques limites de la thèse et perspectives

Les limites de notre travail, selon nous, se situent principalement au niveau de l'absence d'expériences sur la perception, ce qui pourrait préciser nos conclusions sur les effets perceptifs des différentes variations que subissent les tons étudiés. En effet, toutes nos analyses ont été réalisées sur la base de données acoustiques. Des tests de perception nous aideraient à justifier l'intelligibilité des variations sur de multiples dimensions acoustiques, ainsi que les rapports entre ces variations et les catégories tonales. Nous aimerions également utiliser des signaux synthétisés pour optimiser le contrôle des variations acoustiques dans nos études ultérieures.

De surcroît, un complément de données articulatoires aux niveaux glottique et supraglottique aurait été riche en informations. L'observation des activités laryngiennes nous indiquerait si un effort compensatoire aurait été fait dans cette région du conduit vocal alors que l'observation des ajustements supraglottiques nous révèlerait la manière dont les locuteurs avaient alinger les gestes supraglottiques aux traits tonals. Toutefois, notre préoccupation majeure dans l'exploitation des données articulatoires serait de savoir s'il existe une base gestuelle dans la perception des tons en voix chuchotée.

En complément de ce travail, d'autres analyses peuvent être menées à partir de nos données, telles que l'analyse des résonances supérieures à F4, des analyses des cochléogrammes et des analyses acoustiques des segments d'entourage, dans chaque contexte. Ces analyses nous fourniraient davantage d'informations sur l'intelligibilité des tons produits, en voix chuchotée, sur d'autres possibilités de sources d'informations tonales, ainsi que sur d'autres aspects de la production et de la perception des tons, en l'absence du pitch.

Nous aimerions également poursuivre cette présente étude en utilisant un échantillon de sujets plus large qui inclut des locuteurs masculins, afin de comparer la production des tons en fonction du genre. Les hommes, ayant généralement une voix basse, présentent un spectre plus riche en résonances que les femmes, dans les mêmes zones de fréquences. Les variations de hautes fréquences chez les hommes pourraient être

donc plus perceptibles que celles chez les femmes. D'ailleurs, nos connaissances sur les catégories tonales du mandarin restent à approfondir, sachant qu'en parole, leurs dérivations sont aussi fréquentées que leur forme canonique. Un élargissement du corpus nous semble ainsi nécessaire pour enrichir notre recherche et conforter nos différentes hypothèses.

11 Bibliographie

Abercombie, D. (1967). *Elements of general phonetics*. Chicago : Aldine Publishing Company.

Abramson, A. S. (1972). Tonal experiments with whispered Thai. Papers in *Linguistics and phonetics to the memory of Pierre Delattre* (pp. 31-44). The Hague : Mouton.

Abramson, A. S. (1978). Static and dynamic acoustic cues in distinctive tone. *Language and Speech*, *21*, 319-325.

Abramson, A. S., & Lisker, L. (1985). Relative power of cues : F0 shift versus voice timing. In V. Fromkin (Eds.), *Phonetic linguistics : Essays in honor of Peter Ladefoged* (pp. 25-33). New York : Academic press.

Alleton, V. (2002). Transcriptions alphabétiques du chinois. Dans *L'écriture chinoise* (pp. 116-126). Paris : Presses Universitaires de France.

Anderson, S. (1978). Tone features. In V. Fromkin (Eds.), *Tone : A linguistic survey* (pp. 133-176). New York : Academic Press.

Ardran, G. M., & Kemp, F. H. (1966). The Mechanism of the Larynx Part I: The Movements of the Arytenoid and Cricoid Cartilages. *The British journal of radiology*, *39*(465), 641-654.

Babel, M. (2012). Evidence for phonetic and social selectivity in spontaneous phonetic imitation. *Journal of Phonetics*, *40*(1), 177-189.

Bailly, L. (2009). *Interaction entre cordes vocales et bandes ventriculaires en phonation: exploration in-vivo, modélisation physique, validation in-vitro* (Thèse de Doctorat). Université du Maine.

Bao, Z. (1990). *On the nature of tone* (Doctoral dissertation). Massachusetts Institute of Technology.

Bao, Z. (1999). *The structure of tone*. New York : Oxford University Press.

Barbier, P. (1979). Les mouvements du larynx dans la chaîne parlée en français.In *Séminaire Larynx et Parole. GALF-GCP* (pp. 197-212), Institut de Phonétique de Grenoble.

Barret, P. (2011). Le chinois est-il une langue comme les autres ? *Revue internationale et stratégique*, *1*(81), 71-77.

Beach, D. M. (1924). The science of tonetics and its application to Bantu languages. *Bantu studies*, *2*(1), 75-106.

Belotel-Grenié, A., & Grenié, M. (2004). The creaky voice phonation and the organisation of Chinese discourse. In *International symposium on tonal aspects of languages : With emphasis on tone languages*.

Bensimon, J. L., Albert, S., Panajotopoulos, A., Begaz, F., & Barry, B. (2005). Appareil hyoïdien. *EMC-Radiologie*, *2*(1), 103-115.

Bernot, D. (1979). Un point de syntaxe Birmane. In *12th International Conference on Sino-Tibetan Languages and Linguistics*, Paris.

Blicher, D. L., Diehl, R. L., & Cohen, L. B. (1990). Effects of syllable duration on the perception of the Mandarin Tone 2/Tone 3 distinction: Evidence of auditory enhancement. *Journal of Phonetics*, *18*(1), 37-49.

Blumstein, S. E. (1986). On acoustic invariance in speech. *Invariance and variability in speech processes*, 178-193.

Bouarourou, F. (2014). *La gémination en tarifit: considérations phonologiques, étude acoustique et articulatoire* (Doctoral dissertation). Université de Strasbourg.

Bouzidi, S., Vaxelaire, B., Behr, I. (2015). « Perception des modalités du français par des locuteurs natifs germanophones ». In T. Muryn, S. Mejri (Eds.), *Linguistique du discours : de l'intra- à l'interphrastique* (pp.15-28). Berlin : Peter Lang.

Boyeldieu, P. (1998). Comparaison et reconstruction dans le domaine tonal : les langues sara-bongo-baguirmiennes. *Faits de langues*, *6*(11), 99-110.

Buser, P., & Imbert, M. (1987). *Audition*. Paris : Hermann.

Calliope, T., & Fant, G. (1989). *La parole et son traitement automatique*. Paris : Masson.

Canévet, G. (1986). Estimation de sonie pour des sons purs à variation monotone de niveau. *Acta Acustica united with Acustica, 61*(4), 256-264.

Canévet, G., Germain, R., Marchioni, A., & Scharf, B. (1981). Adaptation de sonie. *Acta Acustica united with Acustica, 49*(3), 239-244.

Cao, J. (2002). The relationship between tone and intonation. *Zhongguo yuwen, 3*, 195-202.

Cao, R., Wayland, R., & Kaan, E. (2012). The role of creaky voice in Mandarin Tone 2 and Tone 3 Perception. In *INTERSPEECH* (pp. 426-429). Portland, United States.

Chang, C. B., & Yao, Y. (2007). Tone Production in Whispered Mandarin. In *UC Berkeley Phonology Lab Annual Reports*, 326-329.

Chao, Y. R. (1930). A system of tone-letters. *Le Maître Phonétique, 45*, 24-27.

Chao, Y. R. (1933). *Tone and intonation in Chinese*. *Bulletin of the Institute of History and Philology*, *4*, 121–134.

Chao, Y. R. (1968). *A grammar of spoken Chinese*. Berkeley : University of California Press.

Chartrand, T. L., & Bargh, J. A. (1999). The chameleon effect : the perception–behavior link and social interaction. *Journal of personality and social psychology*, *76*(6), 893-910.

Chen, J. Y. (1999). The representation and processing of tone in Mandarin Chinese : Evidence from slips of the tongue. *Applied psycholinguistics*, *20*(2), 289-301.

Chen, Y.M. (2000). *Tone sandhi : patterns across Chinese dialects*. University of Cambridge, UK.

Cheng, C. C. (1973). *A Synchronic Phonology of Mandarin Chinese*. Mouton, The Hague.

Chomsky, N. (1986). *Barriers (Vol. 13)*. Cambridge : MIT Press.

Cohen, A., & t'Hart, J. T. (1968). On the anatomy of intonation. *Lingua, 19*(1-2), 177-192.

Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological review, 82*(6), 407.

Cornut, G. (2009). La voix chantée. *Que sais-je*?, *8*(627), 59-87.

Coyaud, M. (1983). La syllabe en mandarin, japonais, coréen. *Lalies, 5*, 135-153.

Coyaud, M. (2002). Motivation linguistique en chinois. *Lexique et motivation : perspectives ethnolinguistiques*, 27-37.

Creissels, D., & Sambou, P. (2013). *Le mandinka: phonologie, grammaire, textes*. KARTHALA Editions, 35-56.

Crevier-Buchman, L. (2012). *Phonétique clinique. Contribution à la compréhension de la voix et de la parole normale et pathologique* (Thèse de HDR). Aix-Marseille Université.

Crevier-Buchman, L., Vaissière, J., Henrich, N., Vincent, C., Hans, S., & Brasnu, D. (2009). Laryngeal behavior in whispered voice : A study using high speed imaging. In *The Voice Foundation's 38th Annual Symposium : Care of the Professional Voice*. Philadelphia, United States.

Cutler, A. (1986). Forbear is a homophone: Lexical prosody does not constrain lexical access. *Language and Speech, 29*, 201–220.

Cutler, A., & Ladd, D.R. (2013). Prosody : Models and measurements. In *Springer Series in Language and Communication* (Vol.14, pp-1-10). Berlin : Springer Science & Business Media.

De Lacy, P. (2002). The interaction of tone and stress in Optimality Theory. *Phonology, 19*(1), 1-32.

Delgutte, B. (1984). *Codage de la parole dans le nerf auditif* (Thèse de Doctorat d'État). Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris.

Dell, F. (1994). Consonnes à prolongement syllabique en Chine. *Cahiers de linguistique-Asie orientale, 23*(1), 87-94.

Dell, G. S. (1986). A spreading-activation theory of retrieval in sentence production. *Psychological review, 93*(3), 283.

Dell, G. S., & O'Seaghdha, P. G. (1991). Mediated and convergent lexical priming in language production : A comment on Levelt et al. (1991). *Psychological Review, 9B*(4), 604-614.

Dell, G. S., & O'Seaghdha, P. G. (1992). Stages of lexical access in language production. *Cognition, 42*(1), 287-314.

Dell, G. S., Burger, L. K., & Svec, W. R. (1997). Language production and serial order: A functional analysis and a model. *Psychological review, 104*(1), 123.

De Looze, C., & Hirst, D. (2010). L'échelle OME (Octave-MEdiane) : une échelle naturelle pour la mélodie de la parole. In *Proceedings of the XXIIIème Journées d'Étude sur la Parole*. Mons, Belgique.

Demany, L. (1987). *La perception de la hauteur tonale* (Thèse de Doctorat). Université Pierre-et-Marie-Curie.

Deng, L., & Dang, J. (2007). Speech analysis : the production-perception perspective. In H.-Z. Li & C.-H. Lee (Eds.), *Advances in Chinese Spoken Language Processing* (pp. 3-32). New Jersey : World Scientific.

DeWitt, L. A., & Samuel, A. G. (1990). The role of knowledge-based expectations in music perception: evidence from musical restoration. *Journal of Experimental Psychology : General, 119*(2), 123-144.

Diederich, J. (1990). Spreading activation and connectionist models for natural language processing. *Theoretical linguistics, 16*(1), 25-64.

D'Imperio, M., Nguyen, N., & Munhall, K. (2003). An articulatory hypothesis for the alignment of tonal targets in Italian. In *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences (pp.253-256)*. Barcelona.

D'Imperio, M., Espesser, R., Loevenbruck, H., Menezes, C., Nguyen, N., & Welby, P. (2007). Are tones aligned with articulatory events? Evidence from Italian and French. In *Laboratory Phonology 9* (pp. 577-608), Mouton de Gruyter.

Dolmazon, J. M. (1980). *Contribution aux recherches sur l'appareil auditif : élaboration et exploitation d'un modèle de fonctionnement du système périphérique* (Thèse de Doctorat). Institut national polytechnique de Grenoble.

Drullman, R., Festen, J. M., & Plomp, R. (1994a). Effect of temporal envelope smearing on speech reception. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *95*(2), 1053-1064.

Drullman, R., Festen, J. M., & Plomp, R. (1994b). Effect of reducing slow temporal modulations on speech reception. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *95*(5), 2670-2680.

Duanmu, S. (1990). *A formal study of syllable, tone, stress and domain in Chinese languages* (Doctoral dissertation). Massachusetts Institute of Technology.

Duanmu, S. (1994). Against contour tone units. *Linguistic inquiry*, *25*(4), 555-608.

Duanmu, S. (1999). The syllable in Chinese. *The Syllable : Views and Facts*, *45*, 477.

Duanmu, S. (2007). *The phonology of standard Chinese*. Oxford University Press.

Dubois, C. (2009). *Les bases neurophysiologiques de la perception audiovisuelle syllabique : étude simultanée en Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle et en Electroencéphalographie (IRMf/EEG)* (Thèse de Doctorat). Université de Strasbourg.

Duffy, F. H., Eksioglu, Y. Z., Rotenberg, A., Madsen, J. R., Shankardass, A., & Als, H. (2013). The frequency modulated auditory evoked response (FMAER), a technical advance for study of childhood language disorders : cortical source localization and selected case studies. *BMC neurology*, *13*, 12.

Durand, M. (1956). De la Perception des Consonnes Occlusives Questions de Sonorité. *Word*, *12*(1), 15-34.

Eady, S. J. (1982). Differences in the F0 patterns of speech : Tone language versus stress language. *Language and speech*, *25*(1), 29-42.

Eaves, J. M., Quentin Summerfield, A., & Kitterick, P. T. (2011). Benefit of temporal fine structure to speech perception in noise measured with controlled temporal envelopes. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *130*(1), 501-507.

Ewan, W. G., & Krones, R. (1974). Measuring larynx movement using the thyroumbrometer. *Journal of Phonetics*, *2*, 327-335.

Fahlman, S. E., Hinton, G. E., & Sejnowski, T. J. (1983). Massively parallel architectures for AI : NETL, Thistle, and Boltzmann machines. In *Proceedings of National Conference on AI* (Vol.113). Washington D.C., USA.

Fant, G., Kruckenberg, A., Gustafson, K., & Liljencrants, J. (2002). A new approach to intonation analysis and synthesis of Swedish. In *Proceedings of the 1st International Conference on Speech Prosody* (pp. 283-286), Aix en Provence.

Feldman, J. A., & Ballard, D. H. (1982). Connectionist models and their properties. *Cognitive science*, *6*(3), 205-254.

Fink, B. R., & Demarest, R. J. (1978). *Laryngeal biomechanics*. Cambridge : Harvard University Press.

Flanagan, J. L. (1972). *Speech analysis synthesis and perception* (2nd Ed). Berlin : Springer.

Fletcher, H. (1940). Auditory patterns. *Reviews of modern physics*, *12*(1), 47.

Fónagy, J. (1969). Accent et intonation dans la parole chuchotée. *Phonetica*, *20*, 177-192.

Fowler, C. A., & Saltzman, E. (1993). Coordination and coarticulation in speech production. *Language and speech*, *36*(2-3), 171-195.

Fox, A. (2000). *Prosodic features and prosodic structure : the phonology of suprasegmentals*. New York : Oxford University Press.

Fu, Q. J., Zeng, F. G., Shannon, R. V., & Soli, S. D. (1998). Importance of tonal envelope cues in Chinese speech recognition. *The Journal of the Acoustical Society of America, 104*(1), 505-510.

Fu, Q.J., & Zeng, F.G. (2000). Identification of temporal envelope cues in Chinese tone recognition. *Asia Pacific Journal of Speech Language and Hearing, 5*, 45-58.

Gandour, J., Wong, D., & Hutchins, D. (1998). Pitch processing in the human brain is influenced by language experience. *Neuroreport*, *9*, 2115–2119.

Gandour, J., Wong, D., Hsieh, L., Weinzapfel, B., Van Lancker, D., & Hutchins, D. (2000). A cross-linguistic PET study of tone perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *12*, 207–222.

Ganévet, G., Germain, R., Marchioni, A., & Scharf, B. (1981). Adaptation de sonie. *Acustica, 49*, 239-244.

Gårding, E., Kratochvil, P., Svantesson, J. O., & Zhang, J. (1986). Tone 4 and Tone 3 discrimination in modern standard Chinese. *Language and Speech, 29*(3), 281-293.

Gay, T., Strome, M., Hirose, H., & Sawashima, M. (1972). Electromyography of the intrinsic laryngeal muscles during phonation. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology, 81*(3), 401-409.

Glendenning, K. K., & Hutson, K. A. (1998). Lack of topography in the ventral nucleus of the lateral lemniscus. *Microscopy research and technique, 41*(4), 298-312.

Goldinger, S.D. (1998) Echoes of echoes? An episodic theory of lexical access. *Psychological Review*, *105*(2), 251–279.

Goldsmith, J. (1976). An overview of autosegmental phonology. *Linguistic analysis*, *2*, 23-68.

Goldsmith, J. A. (1990). *Autosegmental and metrical phonology*. Oxford : Basil Blackwell.

Gordon, M. (2001). A typology of contour tone restrictions. Studies in *Language. International Journal sponsored by the Foundation "Foundations of Language", 25*(3), 423-462.

Goyé, A. (2002). La perception auditive. Polycopié d'enseignement pour Télécom Paris.

Greenberg, S. (1996). Understanding speech understanding : Towards a unified theory of speech perception. In *Proceedings of the ESCA Tutorial and Advanced Research Workshop on the Auditory Basis of Speech Perception* (pp. 1-8). Keele, England.

Gregory, S.W. (1990). Analysis of fundamental frequency reveals covariation in interview partners' speech. *Journal of Nonverbal Behavior*, *14*, 237–251.

Gregory, S.W., & Webster, S. (1996). A nonverbal signal in voices of interview partners effectively predicts communication accommodation and social status predictions. *Journal of Personality & Social Psychology*, *70*, 1231–1240.

Gregory, S.W., Dagan, K., & Webster, S. (1997) Evaluating the relation of vocal accommodation in conversational partners' fundamental frequencies to perceptions of communication quality. *Journal of Nonverbal Behavior*, *21*, 23–43.

Gu, Z. L. (2006, February). Huidao Suoxuer : Lun Yuyan de Benzhi ji Yuyan yu Wenzi de Guanxi [Retour à un point de vue saussurien : Étude sur les rapports entre la nature de la langue et l'écriture]. *Journal of Nanjing University : Édition Philosophie, sciences humaines et sciences sociales*, 137-144.

Guiraud, J. (2007). *Effets de la surdité totale et de la réhabilitation auditive par l'implant cochléaire sur l'organisation fonctionnelle du système auditif* (Thèse de Doctorat). Université Lumière-Lyon-II.

Halle, M., & Stevens, K. N. (1971). A note on laryngeal features. *Quarterly progress report, 101*, 198-213.

Hallé, P. A., Chang, Y. C., & Best, C. T. (2004). Identification and discrimination of Mandarin Chinese tones by Mandarin Chinese *vs.* French listeners. *Journal of phonetics, 32*(3), 395-421.

Harris, K. S., Hoffman, H. S., Liberman, A. M., Delattre, P. C., & Cooper, F. S. (1958). Effect of third-formant transitions on the perception of the voiced stop consonants. *The Journal of the Acoustical Society of America, 30*(2), 122-126.

t'Hart, J., & Collier, R. (1975). Integrating Different Levels of Intonation Analysis. *Journal of Phonetics, 3*(4), 235-255.

Hartman, L. M. (1944). The Segmental Phonemes of the Peiping Dialect. *Language, 20*, 28–42.

Hashimoto, A., & Yue, O.-K. (1980). Tone sandhi across Chinese dialects. In *Wang Li Memorial Volumes, English volume, edited by The Chinese Language Society of Hong Kong* (pp.445-474). HK : Joint Publishing Co.

Hayes, B. (1989). Compensatory lengthening in moraic phonology. *Linguistic inquiry, 20*(2), 253-306.

Hayes, B. (1995). *Metrical stress theory : Principles and case studies*. Chicago : University of Chicago Press.

Hayes, B., Kirchner, R., & Steriade, D. (2004). *Phonetically based phonology* (pp.352-353). Cambridge : Cambridge University Press.

Hertegård, S., Gauffin, J., & Lindestad, P. Å. (1995). A comparison of subglottal and intraoral pressure measurements during phonation. *Journal of voice, 9*(2), 149-155.

Hickok, G. (2012). The cortical organization of speech processing: Feedback control and predictive coding the context of a dual-stream model. *Journal of communication disorders, 45*(6), 393-402.

Higashikawa, M., Nakai, K., Sakakura, A., & Takahashi, H. (1996). Perceived pitch of whispered vowels-relationship with formant frequencies : A preliminary study. *Journal of Voice, 10*(2), 155-158.

Higashikawa, M., & Minifie, F. D. (1999). Acoustical- perceptual correlates of whisper pitch in synthetically generated vowels. *Journal of speech language and hearing research, 42*, 583- 591.

Hirai, H., Honda, K., Fujimoto, I., & Shimada, Y. (1994). Analysis of magnetic resonance images on the physiological mechanisms of fundamental frequency control. *Journal of the Acoustical Society of Japan, 50*, 296-304.

Hockett, C. F. (1947). Peiping phonology. J*ournal of the American Oriental Society, 67*(4), 253-267.

Hoijer, H. (1938). *Chiricahua and Mescalero Apache texts*. Chicago : University of Chicago Press.

Honda, K., Hirai, H., Masaki, S., & Shimada, Y. (1999). Role of vertical larynx movement and cervical lordosis in F0 control. *Language and Speech, 42*(4), 401-411.

Hou, J. (1980). Pingyao fangyan de liandu biandiao [Sandhi tonal dans la combinaison réduplicative trisyllabique dans le dialecte pingyao]. *Fangyan [Dialectes], 1*, 1-14.

House, A. S., & Fairbanks, G. (1953). The influence of consonant environment upon the secondary acoustical characteristics of vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America, 25*(1), 105-113.

Howard, D. M., & Angus, J. (2017). *Acoustics and psychoacoustics*. UK : Focal Press.

Howie, J. M. (1976). *Acoustical studies of Mandarin vowels and tones*. Cambridge : Cambridge University Press.

Huang, S. X. (2001, March). Shanggu Hanyu Fufuyin Shengmu Tanyuan [Origine des attaques polyconsonantiques dans l'ancien chinois]. *Linguistics study*, 101-108.

Hyman, L. M. (1975). *Phonology : theory and analysis*. Texas : Harcourt College Publishers.

Hyman, L. M. (1978). Historical tonology. *Tone : A linguistic survey*, 257–269.

Hyman, L. M. (2001). Tone systems. *Language typology and language universals : An international Handbook*, *2*, 1367-1380.

Hyman, L. M. (2003). A theory of phonological weight. In *The David Hume Series*. Chicago : CSLI Publications.

Hyman, L. M. (2006). Word-prosodic typology. *Phonology*, *23*(2), 225.

Hyman, L. M. (2007). Tone : Is it different? In J. Goldsmith, J. Riggle, & A. Yu, (Eds.), *UC Berkeley Phonology Lab Annual Reports* (pp. 483-528). Draft prepared for The handbook of phonological theory (2nd Ed.), Blackwell.

Hyman, L. M., & Schuh, R. G. (1974). Universals of tone rules : evidence from West Africa. *Linguistic inquiry*, *5*(1), 81–115.

Isacenko, A., & Schädlich, H.J. (1970). *A model of standard german intonation*. The Hague : Mouton.

Ito, T., Takeda, K., & Itakura, F. (2005). Analysis and recognition of whispered speech. *Speech Communication*, *45*(2), 139-152.

Jiang, H. Y. (2010). *Hanyu Yudiao Wenti de Shiyan Yanjiu [Étude expérimentale des modalités du mandarin]*. Beijing : Capital Normal University Press.

Jiao, L., Ma, Q., Wang, T., & Xu, Y. (2015). Perceptual cues of whispered tones : Are they really special? In *Sixteenth Annual Conference of the International Speech Communication Association* (pp. 2361-2365).

Johnson, K., & Babel, M. (2010). On the perceptual basis of distinctive features: Evidence from the perception of fricatives by Dutch and English speakers. *Journal of Phonetics*, *38*(1), 127-136.

Jones, D. (1927). Words distinguished by tone in Sechuana. In *Festschrift Meinhof* (pp. 88-98). Hamburg : L. Friederichsen & co.

Jongman, A., Wang, Y., Moore, C. B., Sereno, J. A., Bates, E., Tan, L. H., & Tzeng, O. J. L. (2006). *Perception and production of Mandarin Chinese tones*. na.

Jovičić, S. T., & Šarić, Z. (2008). Acoustic analysis of consonants in whispered speech. *Journal of voice*, *22*(3), 263-274.

Kaas, J. H., & Hackett, T. A. (2000). Subdivisions of auditory cortex and processing streams in primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 97*(22), 11793-11799.

Karlgren, B. (1915). *Études sur la phonologie chinoise*. Leyde: E.-J. Brill.

Klatt, D. H. (1975). Voice onset time, frication, and aspiration in word-initial consonant clusters. *Journal of Speech and Hearing Research*, *18*(4), 686-706.

Klein, D., Zatorre, R., Milner, B., & Zhao, V. (2001). A cross-linguistic PET study of tone perception in Mandarin Chinese and English speakers. *Neuroimage*, *13*, 646–653.

Kloster Jensen, M. (1958). Recognition of word tones in whispered speech. *Word*, *14*, 187-196.

Kong, Y. Y., & Zeng, F. G. (2006). Temporal and spectral cues in Mandarin tone recognition. *The Journal of the Acoustical Society of America, 120*(5), 2830-2840.

Konishi, M. (1986). Centrally synthesized maps of sensory space. *Trends in Neurosciences*, *9*, 163-168.

Konnai, R. M. (2012). *Whisper and phonation : aerodynamic comparisons across ddduction and loudness levels (*Doctoral dissertation). Bowling Green State University.

Kratochv Í, P. (1967). On the phonology of Peking stress. *Transactions of the Philological Society, 66*(1), 154-178.

Kratochvil, P. (1968). Tone in Chinese. In E. C. Fudge (Eds.), *Phonology* (pp. 342-353). Londre : Penguin Books Ltd.

Kratochvil, P. (1974). Stress shift mechanism and its role in Peking dialect. *Modern Asian Studies, 8*(4), 433-458.

Krenmayr, A., Qi, B., Liu, B., Liu, H., Chen, X., Han, D., Schatzer, R., & Zierhofer, C. M. (2011). Development of a Mandarin tone identification test : Sensitivity index *d'*as a performance measure for individual tones. *International Journal of Audiology, 50*(3), 155‑163.

Kryter, K. D. (1960). The meaning and measurement of perceived noise level. *Noise Control, 6*(5), 12-27.

Kryter, K. D. (1968). Concepts of perceived noisiness, their implementation and application. *The Journal of the Acoustical Society of America, 43*(2), 344-361.

Kuhl, P. K. (1983). Perception of auditory equivalence classes for speech in early infancy. *Infant Behavior and Development, 6*(2), 263-285.

Kuttner, F. A. (1975). Prince Chu Tsai-Yüs life and work: a re-evaluation of his contribution to equal temperament theory. *Ethnomusicology*, 163-206.

Ladefoged, P. (1975). *A Course in Phonetics*. New York : Harcourt Brace Jovanovich.

Ladefoged, P., & Maddieson, I. (1990). Vowels of the world's languages. *Journal of Phonetics, 18*(1), 93-122.

Ladefoged, P., & Maddieson, I. (1996). The sounds of the world's languages. *Oxford : Blackwell.*

Leben, W. R. (1973). *Suprasegmental phonology* (Doctoral dissertation). Massachusetts Institute of Technology.

Leben, W. R. (1978). The representation of tone. In V. A. Fromkin (Eds.), *Tone : a linguistic survey* (pp. 177-219). New York : Academic Press.

von Leden, H., & Moore, P. (1961). The mechanics of the cricoarytenoid joint. *Archives of Otolaryngology, 73*(5), 541-550.

Lee, W. S. (2005). The articulatory and acoustical characteristics of the ‘‘apical vowels’’in Beijing Mandarin. *The Journal of the Acoustical Society of America, 118*(3), 2027.

Lee-Kim, S. I. (2014). Revisiting Mandarin ‘apical vowels’ : An articulatory and acoustic study. *Journal of the International Phonetic Association, 44*(3), 261-282.

Lehiste, I. (1970). *Suprasegmentals*. Cambridge : MIT Press.

Lehiste, I., & Peterson, G. E. (1961). Some basic considerations in the analysis of intonation. *The Journal of the Acoustical Society of America, 33*(4), 419-425.

Lehmann, R. (1977). Les méthodes de détermination de la sonie des bruits. *Applied Acoustics, 10*(1), 19-31.

Léon, P. (2011). *Phonétisme et prononciations du français*. Paris : Armand Colin.

Levin, J. (1985). *A metrical theory of syllabicity* (Doctoral dissertation). Massachusetts Institute of Technology.

Li, Y. N, & Zhou, X. B. (2015, June). Hanyu Pinyin Fang’an de Chansheng, Fazhan yu Duiwai Hanyu Jiaoxue [La naissance et le développement du système Pinyin, ainsi que son statut dans l’enseignement du chinois langue étrangère]. *Journal of Yunnan Normal University : Édition Didactique et enseignement du chinois langue étrangère*, 31-37.

Liberman, A. M., & Mattingly, I. G. (1985). The motor theory of speech perception revised. *Cognition, 21*, 1-36.

Liberman, A. M., & Mattingly, I. G. (1989). A specialization for speech perception. *Science*, *243*, 489-494.

Liberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D. P., & Studdert-Kennedy, M. (1967). Perception of the speech code. *Psychological review*, *74*(6), 431.

Liberman, M. Y. (1975). *The intonational system of English* (Doctoral dissertation). Massachusetts Institute of Technology.

Licklider, J. C. R. (1951). A duplex theory of pitch perception. *Experientia*, *7*(4), 128-134.

Lin, M. C. (1965). The pitch indicator and the pitch characteristics of tones in standard Chinese. *Acta Acoustica*, *2*, 8–15.

Lin. M.-C. (1988). Pulonghua silcngdiao de shengxue texing he zhijue zhengzhao [The acoustic characteristics perceptual cues of tones in Standard Chinese]. *Zhongguo Yuwen*, *204*, 182-193.

Lindblom, B. (1987). Adaptive variability and absolute constancy in speech signals: two themes in the quest for phonetic invariance. In *Proceedings of the XIth International congress of phonetic sciences* (Vol. 3, pp. 9–18). Tallinn.

Lindblom, B. (1990). Explaining phonetic variation : A sketch of the H&H theory. In A. Marchal & W. J. Hardcastle (Éds.), *Speech production and speech modelling* (pp. 403-439). Springer, Netherlands.

Lindqvist-Gauffin, J. (1969). Laryngeal mechanisms in speech. In *Quarterly Progress and Status Report, Speech Transmission Laboratory, Royal Institute of Technology*, 2-3.

Lisker, L., & Abramson, A. S. (1967). Some effects of context on voice onset time in English stops. *Language and speech*, *10*(1), 1-28.

Liu, A.Q. (2016). Étude acoustique et représentation phonologique du suffixe rhotique /ɚ/ en mandarin. *Actes de la conférence conjointe JEP-TALN-RECITAL*, *1*, 292-300.

Liu, S., & Samuel, A. G. (2004). Perception of Mandarin lexical tones when F0 information is neutralized. *Language and Speech*, *47*(2), 109-138.

Liu, T.-H. (2008). *Marque, registre et contour dans les systèmes tonals en chinois* (Thèse de Doctorat). Université de Vincennes.

Luchsinger, R., & Arnold, G. E. (1965). Voice, Speech. *Language*, 320-334.

Ma, L. (1997). Mandarin diminutive formation: An optimality analysis. *Working Papers of the Linguistics Circle*, *14*, 47-60.

Ma L., Perrier P., Dang J. (2009). A study of anticipatory coarticulation for French speakers and for Mandarin Chinese speakers. *Chinese Journal of Phonetics*, *2*, 82-89.

MacNeilage, P. F. (1970). Motor control of serial ordering of speech. *Psychological review*, *77*(3), 182.

Maeda, S. (1979). An articulatory model of the tongue based on a statistical analysis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *65*(S1), S22.

Massaro, D. W., Cohen, M. M., & Tseng, C. (1985). The evaluation and integration of pitch height and pitch contour in lexical tone perception in Mandarin Chinese. *Journal of Chinese Linguistics*, *13*(2), 267-289.

Massaro, D. W. (1988). Ambiguity in perception and experimentation. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *117*(4), 417-421.

Massaro, D. W. (1990). A fuzzy logical model of speech perception. In D. Vickers & P. L. Smith (Eds.), *Proceedings of the XXIV International Congress of Psychology, in Human Information Processing : Measures, Mechanisms, and Models*. North-Holland, Amsterdam.

Massaro, D. W. (2001). Speech perception. In N.M. Smelser, P.B. Baltes (Eds.) & W. Kintsch (Section Eds.), *International encyclopedia of social and behavioral sciences* (pp. 14870-14875). Amsterdam : Elsevier.

Mattock, K., Molnar, M., Polka, L., & Burnham, D. (2008). The developmental course of lexical tone perception in the first year of life. *Cognition*, *106*(3), 1367-1381.

McCarthy, J., & Prince, A. (1986). *Prosodic morphology*. University of Massachusettes, Amherst and Brandies University.

McCawley, J. D. (1964). What is a tone language? LSA Summer Meeting. *Tone : a linguistic survey*, 113-31.

McCawley, J. D. (1968). *The Phonological Component of a Granunar of Japanese*. The Hague : Mouton.

McClelland, J. L., & Elman, J. L. (1986). The TRACE model of speech perception. *Cognitive Psychology*, *18*, 1-86.

Merzenich, M. M., Colwell, S. A., & Andersen, R. A. (1982). Auditory forebrain organization. In C. N. Woolsey (Eds.), *Cortical sensory organization* (pp. 43-57). Clifton, New Jersey : Humana Press.

Merzenich, M. M., & Jenkins, W. M. (1983). Dynamic maintenance and alterability of cortical maps in adults : some implications. In R. Klinke & R. Hartmann (Eds.), *Hearing—Physiological Bases and Psychophysics* (pp.162-168). Berlin, Heidelberg : Springer.

Meyer-Eppler, W., (1957). Realization of prosodic features in whispered speech. *Acoustical Society of America*, *29*, 104-106.

Meynadier, Y., & Gaydina, Y. (2012). Contraste de voisement en parole chuchotée. In *XIXè Journées d'Étude sur la Parole* (pp. 361-368). Grenoble.

Michaud, A. (2003). Focus et tons lexicaux : de la variété des paramètres prosodiques. In A. Lacheret-Dujour, J. François (Eds.), *Fonction et moyens d'expression de la focalisation à travers les langues* (pp. 13-47). Louvain : Peeters.

Michaud, A. (2012). Monosyllabicization: patterns of evolution in Asian languages. *Monosyllables : from phonology to typology*, 115-130.

Miller, C. B. (1934). *An experimental-phonetic investigation of whispered conversation, considered from the linguistic point of view* (Doctoral Dissertation). Hamburg University.

Montandon, P. B. (1976). L'évaluation neuro-physiologique du système auditif périphérique. In *100 Jahre Universitätsklinik und-poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten, Basel, 1876-1976* (pp. 46-47). Basel : Karger Publishers.

Moore, B. C. (2008). The role of temporal fine structure processing in pitch perception, masking, and speech perception for normal-hearing and hearing-impaired people. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology, 9*(4), 399-406.

Moore, C. B., & Jongman, A. (1997). Speaker normalization in the perception of Mandarin Chinese tones. *The Journal of the Acoustical Society of America, 102*(3), 1864-1877.

Newman, P. (1972). Syllable weight as a phonological variable. *Studies in African Linguistics*, *3*(3), 301-323.

Nguyen, N., & Adda-Decker, M. (2013). *Méthodes et outils pour l'analyse phonétique des grands corpus oraux*. Paris : Hermes Science Publications.

Ohala, J. J. (1972). How is Pitch Lowered? *The Journal of the Acoustical Society of America, 52*(1A), 124.

Ohala, J. J. (1988). Discussion of Bjorn Lindblorn's 'Phonetic Invariance and the Adaptive Nature of Speech'. In B. A.G. Elsendoorn (Eds.), *Working models of human perception* (pp. 175-183). London : Academic Press.

Ohala, J. J. (1993). Coarticulation and phonology. *Language and speech, 36*(2-3), 155-170.

Ohala, J. J., & Eukel, B. W. (1987). Explaining the intrinsic pitch of vowels. In R. Channon & L. Shockey (Eds.), *In honor of Ilse Lehiste* (pp. 207-215). Dordrecht, The Netherlands : Foris Publications.

Öhman, S., & Lindqvist, J. (1968). Analysis-by-synthesis of prosodic pitch contours. *STUF - Language Typology and Universals*, *21*(1‑6), 164–170.

Ohnesorg, K., & Švarný, O. (1955). Études expérimentales des articulations chinoises (Vol. 5). ČSAV.

O'shaughnessy, D. (1987). *Speech communication: human and machine*. Telangana : Universities press.

O'Shaughnessy, D. (1979). Linguistic features in fundamental frequency patterns. *Journal of Phonetics*, *7*, 119-145.

Palmer, C., & Holleran, S. (1993). Harmonic, melodic, and frequency height influences in the perception of multivoiced music. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *56*(3), 301-312.

Pardo, J. S. (2006). On phonetic convergence during conversational interaction. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *119*(4), 2382-2393.

Perkell, J. S., & Klatt, D. H. (1986). *Invariance and variability in speech processes*. New York, London : Psychology Press.

Peterson, G. E., & Lehiste, I. (1960). Duration of syllable nuclei in English. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *32*(6), 693-703.

Pfordresher, P. Q., & Brown, S. (2009). Enhanced production and perception of musical pitch in tone language speakers. *Attention, perception, & psychophysics*, *71*(6), 1385-1398.

Pierrehumbert, J. (1979). The perception of fundamental frequency declination. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *66*(2), 363-369.

Pierrehumbert, J. B. (1980). *The phonology and phonetics of English intonation* (Doctoral dissertation). Massachusetts Institute of Technology.

Pierrehumbert, J., & Beckman, M. (1988). Japanese tone structure. *Linguistic inquiry monographs*, *15*, 1-282.

Pike, K. L. (1945a). *The intonation of American English*. Ann Arbor : University of Michigan Press.

Pike, K. L. (1945b). Tone puns in Mixteco. *Internatinal Journal of American Languages, XII*, 82-88.

Pike, K. L. (1948). *Tone languages*. Ann Arbor : University of Michigan Press.

Plomp, R., (1976). *Aspects of tone sensation: a psychophysical study*. Surrey : Academic Press.

Prades, J. M., Dumollard, J. M., Timoshenko, A. P., Durand, M., & Martin, C. (2001). Descriptive anatomy of the cricoarytenoid articulation application to articular dynamics in carcinology. *Surgical and Radiologic Anatomy, 22*(5-6), 277-282.

Pulleyblank, E. G. (1989). The role of coronal in articulator based features. In *Papers from the General Session at the 25th Regional Meeting of Chicago Linguistic Society* (Vol. 25, No. 1, pp. 379-393).

Quillian, M. R. (1962). A revised design for an understanding machine. *Mechanical translation, 7*(1), 17-29.

Quillan, M. R. (1966). *Semantic memory*. Cambridge : Bolt Beranek and Newman Inc.

Quillian, M. R. (1967). Word concepts: A theory and simulation of some basic semantic capabilities. *Systems Research and Behavioral Science, 12*(5), 410-430.

Quillian, M. R. (1969). The teachable language comprehender: A simulation program and theory of language. *Communications of the ACM, 12*(8), 459-476.

Ridouane, R., Meynadier, Y., & Fougeron, C. (2011). La syllabe : objet théorique et réalité physique. *Faits de langues, 37*, 213-234.

Rips, L. J., Shoben, E. J., & Smith, E. E. (1973). Semantic distance and the verification of semantic relations. *Journal of verbal learning and verbal behavior, 12*(1), 1-20.

Ritsma, R. J. (1967). Frequencies dominant in the perception of the pitch of complex sounds. *The Journal of the Acoustical Society of America, 42*(1), 191-198.

Ritsma, R. J. (1970). Periodicity detection. In R. Plomp, & G.F. Smoorenburg (Eds.), *Frequency Analysis and Periodicity Detection in Hearing* (pp. 250-263). The Neitherlands : Sijthoff & Noordhoff International Publishers.

Roads, C., Strawn, J., & de Reydellet, J. (1999). *L'audionumérique*. Dunod : Paris.

Robieux. C, Legou, T, Meynadier, Y, Meunier, C. (2016). Effort produit et ressenti selon le voisement en français. In *Acte de* la conférence conjointe *JEP-TALN-RECITAL* (Vol.1, pp. 256-264). Paris.

Rose, P. (1990). Acoustics and phonology of complex tone sandhi. *Phonetica, 47*(1-2), 1-35.

Rossi, M., Di Cristo, A., Hirst, D., Martin, P., & Nishinuma, Y. (Eds.) (1981). *L'intonation de l'acoustique à la sémantique*. Paris : Klincksieck.

Rossi, M. (1986). *Électroacoustique*. In *Traité d'électricité* (Vol. 21). Lausanne : Presses polytechniques romandes.

Rossi, M. (2007). Audio. In *Electricité* (Collection). *Lausanne* : Presses Polytechniques Universitaires Romandes.

Rouiller, E. M. (1992). Revue des propriétés de réponse des neurones des voies auditives chez le chat, du nerf cochléaire au cortex cérébral: évidences anatomiques et fonctionnelles en faveur d'un traitement de l'information acoustique parallèle et hiérarchique. *Le Journal de Physique IV France, 2*(C1), 189-196.

Rousselot abbé & Laclotte F. (1911). Précis de prononciation française. Paris : Didier.

Ryant, N., Yuan, J., & Liberman, M. (2014a). Mandarin tone classification without pitch tracking. In *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2014 IEEE International Conference* (pp. 4868-4872). IEEE.

Ryant, N., Slaney, M., Liberman, M., Shriberg, E., & Yuan, J. (2014b). Highly accurate Mandarin tone classification in the absence of pitch information. In *The 7th Proceedings of Speech Prosody* (pp. 673-677). Dublin.

Sapir, E. (1931). Notes on the Gweabo language of Liberia. *Language, 7*(1), 30-41.

Sagey, E. C. (1986). *The representation of features and relations in non-linear phonology* (Doctoral dissertation). Massachusetts Institute of Technology.

Sang, Z. (2006). Xinjiapo, Malaixiya de Hanyu Jiaoxue yu Yanjiu [Étude sur l'enseignement du mandarin au Singapore et en Malaisie]. *Xiandai Yuwen : Xiaxun, Hanyu Yanjiu [Le chinois contemporain : Édition Recherche linguistique], 8*, 4-5.

Scharf, B., Botte, M. C., & Canévet, G. (1983). Récupération après adaptation induite de sonie. *L'année psychologique, 83*(1), 9-24.

Schwartz, J. L., Boë, L. J., Vallée, N., & Abry, C. (1997). The dispersion-focalization theory of vowel systems. *Journal of phonetics, 25*(3), 255-286.

Segerbäck, B. (1965). La réalisation d'une opposition de tonèmes dans des dissyllabes chuchotés. *Studia Linguistica, 19*(1-2), 1-54.

Sharifzadeh, H. R., McLoughlin, I. V., & Ahamdi, F. (2009). Voiced speech from whispers for post-laryngectomised patients. *IAENG International Journal of Computer Science, 36*(4).

Sheft, S., Ardoint, M., & Lorenzi, C. (2008). Speech identification based on temporal fine structure cues. *The Journal of the Acoustical Society of America, 124*(1), 562-575.

Shen, J. (1985). Beijinghua shengdiao de yinyu he yudiao [Pitch range of tone and intonation in Beijing dialect]. In *Beijing Yuyin Shiyanlu* [Apport de la phonétique expérimentale du pékinois]. Beijing : Press University of Beijing.

Shen, J. (1994). Hanyu yudiao gouzao he yudiao leixing [Structuration de l'intonation du Mandarin et catégorisation intonative]. *Fangyan [Dialectes], 3*, 221-228.

Shen, X. (1990). Tonal coarticulation in Mandarin. *Journal of Phonetics*, *18*, 281-285.

Shih, C. (1997). Mandarin third tone sandhi and prosodic structure, In J. Wang & N. Smith (Eds.), *Linguistic Models 20* (pp. 81-124). Berlin : Mouton de Gruyter.

Shih, C. (2007). *Prosody learning and generation*. Berlin : Springer.

Simon, É., Perrot, X., & Mertens, P. (2009). Anatomie fonctionnelle du nerf cochléaire et du système auditif central. *Neurochirurgie*, *55*(2), 120-126.

Singler, J. V. (1980). The status of lexical associations and the Obligatory Contour Principle in the analysis of tone languages. In *Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society*, *6*, 442-456.

Smith, J. L. (2000). Prominence, augmentation, and neutralization in phonology. In *Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society*, *26*(1), 247-257.

Smith, E. E., Shoben, E. J., & Rips, L. J. (1974). Structure and process in semantic memory: A featural model for semantic decisions. *Psychological review*, *81*(3), 214.

Sock, R. (1998). *Organisation temporelle en production de la parole. Emergence de catégories sensori-motrices phonétiques* (Thèse de Doctorat d'État). Université Marc Bloch.

Sock, R., & Vaxelaire, B. (2001). Réflexions sur le timing de la quantité. *Travaux de l'Institut de phonétique de Strasbourg*, *31*, 89-126.

Sorin, C. (1986). Mécanismes auditifs, reconnaissance automatique et perception « humaine » de la parole. *CNET*, *NT/LAA/TSS/299*.

Stevens, S. S., Volkmann, J., & Newman, E. B. (1937). A Scale for the Measurement of the Psychological Magnitude Pitch. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *8*(3), 185-190.

Stevens, S. S. (1975). *Psychophysics*. New Jersey : Transaction Publishers.

Stevens, K. N. (1972). The quantal nature of speech: Evidence from articulatory-acoustic data. In P.B. Denes & E.E. Davis Jr (Eds.), *Human Communication : a Unified View* (pp.51-66). New York : McGraw-Hill Book Company.

Stevens, K. N. (1985). Evidence for the role of acoustic boundaries in the perception of speech sounds. In V.A. Fromkin (Eds.), *Phonetic Linguistics : Essays in honor of Peter Ladefoged* (pp. 243-255). New York : Academic Press.

Stevens, K. N. (1989). On the quantal nature of speech. *Journal of phonetics*, *17*, 3-45.

Stevens, K. N. (1991). Speech perception based on acoustic landmarks : Implications for speech production. In *PERILUS XIV-Publication of the Department of Linguistics*, 83-88.

Stevens, K. N. (2000). *Acoustic phonetics*. Cambridge : MIT press.

Stevens, K. N. (2002). Toward a model for lexical access based on acoustic landmarks and distinctive features. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *111*(4), 1872-1891.

Stevens, K. N. (2005). Features in speech perception and lexical access. *The handbook of speech perception*, 125-155.

Stevens, K. N., Keyser, S. J., & Kawasaki, H. (1986). Toward a phonetic and phonological theory of redundant features. In J. S. Perkell & D. H. Klatt (Eds.), *Invariance and variability in speech processes* (pp. 426-463). New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.

Stevens, K. N., & Keyser, S. J. (1989). Primary features and their enhancement in consonants. *Language*, *65*(1), 81-106.

Stevens, K. N., & Keyser, S. J. (2010). Quantal theory, enhancement and overlap. *Journal of Phonetics*, *38*(1), 10-19.

Sundberg, J. (1995). Vocal fold vibration patterns and modes of phonation. *Folia phoniatrica et logopaedica*, *47*(4), 218-228.

Sundberg, J. (2010). Whispering – A single subject study of glottal configurations and aerodynamics. *Journal of Voice*, *24*, 574-584.

Takano, S., Honda, K., & Kinoshita, K. (2006). Measurement of cricothyroid articulation using high-resolution MRI and 3D pattern matching. *Acta acustica united with acustica*, *92*(5), 725-730.

Tartter, V. C. (1991). Identifiability of vowels and speakers from whispered syllables. *Perception & psychophysics*, *49*(4), 365-372.

Titze, I. R. (1994). Mechanical stress in phonation. *Journal of Voice*, *8*(2), 99‑105.

Traunmüller, H. (1990). Analytical expressions for the tonotopic sensory scale. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *88*(1), 97-100.

Tseng, C.Y., Massaro D. W.; Cohen, M. M., (1986). Lexical tone perception in Mandarin Chinese : evaluation and integration of acoustic features. *Linguistics, Psychology and the Chinese Language*. University of Hong Kong Press.

Tsunoda, K., Niimi, S., & Hirose, H. (1994). The Roles of the Posterior Cricoarytenoid and Thyropharyngeus Muscles in Whispered Speech. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, *46*(3), 139‑151.

Tsunoda, K., Soda, Y., Tojima, H., Shinogami, M., Ohta, Y., Nibu, K., Tayama, N., Niiml, S. & Hirose, H. (1997). Stroboscopic Observation of the Larynx After Radiation in Patients with T1 Glottic Carcinoma. *Acta Oto-Laryngologica*, *117*, 165‑166.

Uchihara, H. (2009). High Tone in Oklahoma Cherokee. *International Journal of American Linguistics*, *75*(3), 317-336.

Uchihara, H. (2016). *Tone and accent in Oklahoma Cherokee* (Doctoral Dissertation). Oxford University.

Vaissiere, J. (1994). Caractérisation des variations individuelles du contour de fréquence du fondamental observées dans des phrases lues en anglais. In *XXème Journées d'Étude sur la Parole* (pp. 87-90). Trégastel, France.

Vaissière, J. (2011). Les organes de la parole. Dans *La phonétique* (pp. 45-56). Paris : Presses Universitaires de France.

Van Lancker, D., & Fromkin, V. (1973). Hemispheric specialization for pitch and ‘‘tone’’: Evidence from Thai. *Journal of Phonetics, 1*, 101–109.

Vaxelaire, B. (1993). *Étude comparee des effets des variations de debit-lent, rapide-surles parametres articulatoires, à partir de la cineradiographie (sujets francais)* (Thèse de Doctorat). Université Marc Bloch.

Vaxelaire, B. (2007). *Le geste et la production de la parole. Résultats et implications d’études quantitatives cinéradiographiques* (Habilitation à Diriger des Recherches). Université Marc Bloch.

Vaxelaire, B., & Sock, R. (1997). Laryngeal Movements and Speech Rate : An X-Ray investigation. In *Fifth European Conference on Speech Communication and Technology* (Vol. 2, pp. 1039-1042). Rhodes.

Verbanck, F., Piccaluga, M., & Harmegnies, B (2010). L’effet sur la parole du locuteur de sa représentation du statut linguistique de son interlocuteur. Un essai exploratoire de caractérisation phonique. In *Actes des XXVIIIèmes Journées d'Etude sur la Parole* (pp. 145-148). Mons.

Vigliocco, G., & Hartsuiker, R. J. (2002). The interplay of meaning, sound, and syntax in sentence production. *Psychological bulletin*, *128*(3), 442-472.

Virole, B. (2006). 4. La perception auditive. Dans *Psychologie de la surdité* (pp. 69-84). Louvain-la-Neuve, Belgique : De Boeck Supérieur.

Wan, I. P., & Jaeger, J. J. (2003). The phonological representation of Taiwan Mandarin vowels : A psycholinguistic study. *Journal of East Asian Linguistics*, *12*(3), 205-257.

Wang, G. Y. (2010, March). Hanzi Xingti Yanhua de Dongyin yu Jizhi [L'évolution de l'écriture chinoise : sa motivation et son fonctionnement]. *Linguistics Study*, 1-6.

Wang, H. S. & Chang, C.-L. (2001). On the status of the prenuclear glides in Mandarin Chinese. *Language and Linguistics*, *2*, 243-260.

Wang, L. (1985). *Hanyu Yuyin Shi* [Histoire de la phonologie chinoise]. Beijing : Zhongguo Shehuikexue Chubanshe [Maison d'éditions des sciences humaines de la Chine].

Wang, S.-Y. (1967). Phonological features of tone. *International Journal of American linguistics*, *33*(2), 93-105.

Wang, W. Y., Li, K. P., & Brotzman, R. L. (1963). Research on Mandarin phonology. In *Project on linguistic analysis* (report No. 6). Ohio State University Columbus.

Wang, Y., Jongman, A., & Sereno, J. A. (2001). Dichotic perception of Mandarin tones by Chinese and American listeners. *Brain and Language*, *78*, 332–348.

Ward, Ida. C. (1939). Tone in West African languages. In *Proceedings of The third International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 383-388). Ghent.

Welmers, W. E. (1959). Tonemics, morphotonemics, and tonal morphemes. *General Linguistics*, *4*(1), 1-9.

Whalen, D. H. & Levitt, A. G. (1995). The universality of intrinsic F0 of vowels. *Journal of phonetics*, *23*(3), 349-366.

Whalen, D.H. & Xu, Y. (1992). Information for Mandarin tones in the amplitude contour and in brief segments. *Phonetica*, *192*(49), 25-47.

Wise, C. M., & Chong, L. P. H. (1957). Intelligibility of whispering in a tone language. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, *22*(3), 335-338.

Woo, N. (1969). *Prosody and Phonology* (Doctoral dissertation). Massachusetts Institute of Technology.

Wu, Z.J. (1997). A new method of Standard Chinese intonation processing based on the relation between tone and melody. *Collected essays dedicated to the 45th anniversary of the Institute of Linguistics, CASS*. Beijing : Commercial Press.

Xu, J.-P., Chu, M., He, L., & Lü, S.-N. (2000). Hanyu yuju zhongyin dui yingao he yinchang de yingxiang [Effet de l'accent syntaxique sur le pitch et les paramètres temporels dans le mandarin]. *Shengxuexuebao [Journal d'études acoustiques]*, *25*(4) : 335-339.

Xu, Y. (1994). Production and perception of coarticulated tones. *Journal of the Acoustical Society of America*, *95*, 2240–2253.

Xu, Y. (1997). Contextual tonal variations in Mandarin. *Journal of Phonetics*, *25*(1), 61-83.

Xu, Y. (1999). Effects of tone and focus on the formation and alignment of F 0 contours. *Journal of phonetics*, *27*(1), 55-105.

Xu, Y., & Wang, Q.E. (2001). Pitch targets and their realization: Evidence from Mandarin Chinese. *Speech Communication*, *33*, 319-337.

Xu, L., & Pfingst, B. E. (2003). Relative importance of temporal envelope and fine structure in lexical-tone perception (L). *The Journal of the Acoustical Society of America*, *114*(6), 3024‑3027.

Ye, J. (2007). Putonghua Yinjie Jiegou Zaifenxi : Cong Yunlv Yanjiu de Jiaodu. [Re-examination de la structure syllabique du mandarin d'un point de vue prosodique]. *Journal of East China Normal University (Philosophy and social sciences)*, *39* (4), 73-78.

Yin, X. P. (2007). Shilun Hanyu Putonghua yu Yingyu Fayin [Étude contrastive de la prononciation du mandarin et de celle de l'anglais]. *Journal of ShanXi Agricultural University : Social sciences Edition*, *S2*, 144-145.

Yang, Y.-F. (1991). Ear differences in distinguishing consonant features and lexical tones. *Acta Psychologica Sinica*, *2*, 131–137.

Yip, M. (1980). *The tonal phonology of Chinese* (Doctoral Dissertation). Massachusetts Institute of Technology.

Yip, M. (1989). Contour tones. *Phonology*, *6*(01), 149-174.

Yip, M. (1995). Tone in east Asian languages. *The handbook of phonological theory*, *476*, 494.

Yip, M. (2000). Tone and prominence: a cross-linguistic perspective. In *Paper delivered at The 8th Manchester Phonology Meeting* (Vol. 132). Manchester, Royaume-Uni.

Yip, M. (2001). Tonal features, tonal inventories and phonetic targets. *UCL working papers in Linguistics*, *13*, 161-188.

Yip, M. (2002). *Tone*. Cambridge : Cambridge University Press.

Yuan, J. (2003) The duration aspect of tones. [Repéré à https : // pdfs.semanticscholar.org/59e1/a5623d3dc32da60626675b1f1930edf191f9.pdf]

Zatorre, R. J., Belin, P., & Penhune, V. B. (2002). Structure and function of auditory cortex: music and speech. *Trends in cognitive sciences*, *6*(1), 37-46.

Zee, E. & Lee, W.-S. (2007). Vowel typology in Chinese. In *Proceedings of the 16th International Congress of Phonetic Sciences* (pp. 1429-1432).

Zhang, S. Y. (1979). Chaoyang fangyan de chongdieshi [Réduplications dans le dialecte chaoyang]. *Zhongguo Yuwen* [Philologie chinoise], *2*, 106-114.

Zhang, S. Y. (1981). Chaoyang fangyan de yuyin xitong [Système phonologique du dialecte chaoyang]. *Fangyan* [Dialectes], *1*, 27-39.

Zhang, S. Y. (1982). Chaoyang fangyan de xiangshengzi chongdie shi. [Réduplications des onomatopées dans le dialecte]. *Fangyan* [Dialectes], *3*, 181-182.

Zhang, J. (2002). *The effects of duration and sonority on contour tone distribution—a typological survey and formal analysis*. New York : Routledge.

Zhang, J. (2007). A directional asymmetry in Chinese tone sandhi systems. *Journal of East Asian Linguistics*, *16*(4), 259-302.

Zhang, J. S. (2008). Hanyu yinjie jiegou zai fenxi [Re-examination de la structuration syllabique du mandarin]. *Journal of Foreign Languages*, *1*, 45-52.

Zhang, J. (2014). Tones, tonal phonology, and tone sandhi. In C.-T. Huang, Y.-H. Li & A. Simpson (Eds.), *The handbook of Chinese linguistics* (pp. 443-464). New Jersey : John Wiley & Sons.

Zhang, X. L., Sock, R. (2015). Étude des registres des tonèmes du mandarin selon l'échelle OME. *TIPS (Travaux de l'Institut de Phonétique de Strasbourg), 37*, 300-312.

Zhao, J.-J., Yang, X.-H., Yang, Y.-F., & Lü, S.N. (2011). Yingao he shichang zai yupianyuju zhong de zuoyong [Rôles du pitch et de la durée dans les accents intonatifs et discursifs]. *Shengxuexuebao [Journal d'études acoustiques], 36*(4) : 435-443.

Zheng, T. T., Jiang, Y. J., & Chen, R. L. (2014). The annual report of teaching Chinese as a second language in southeast Asian (I). *Haiwai Huawen Jiaoyu [Enseignement de la langue chinoise à l'étranger], 1*, 5-20.

Zhou, D. F., & Wu, Z. J. (1963). Putonghua fayin tupu [Articulatory diagrams of Standard Chinese]. Beijing : Commercial Press.

Zhu, X. (2010). *Yuyinxue* [*Phonetics*]. Beijing : ShangWu YinShu Guan [The Commerical Press].

Zhu, Z. & Yang, L. (1992). Zhongwen Pinyin Yundong de Qiyuan [Histoire de la propagation Pinyin de la langue chinoise]. *Lingnan Culture and History*, 3.

Zwicker, E. (1961). Subdivision of the audible frequency range into critical bands (Frequenzgruppen). *The Journal of the Acoustical Society of America*, *33*(2), 248.

Zwicker, E., Feldtkeller, R., (1981) *Psychoacoustique : l'oreille, récepteur d'information*. Traduit de l'allemand par C. Sorin. Paris : Masson.

Annexes

Annexe 1

Questionnaire pré-test

Date _____ [Sujet ID_____] Sujet numéro _____

1. Age _____

2. Niveau d'étude (par exemple, année universitaire en cours)

_____

3. Diplôme préparé_____

3 bis. Votre dernier diplôme ? _____

4. Est-ce que vous entendez parfaitement des deux oreilles ? (O/N) _____

Dans la négative, de quelles difficultés d'audition souffrez-vous ?

_____

5. Si vous ou l'un de vos proches a ou a eu des problèmes de langage parlé (bégaiement, difficulté à trouver ses mots, voire dysphasie ou aphasie, etc.) ou de langage écrit (dyslexie, dysorthographie, etc.), veuillez indiquer :

(a) la personne affectée _____

(b) la nature du problème

_____

(c) le traitement éventuellement reçu

_____

(d) le résultat de ce traitement

_____

6. Quelle est votre langue maternelle ? _____

celle de votre mère ? _____

celle de votre père ? _____

7. Pour toutes les langues que vous avez pu étudier, en dehors de votre langue maternelle, veuillez indiquer :

langue	nombre d'années d'études	estimation de vos compétences *(de 1 = niveau débutant à 5 = très bon niveau)*			
		Parlé	*Compris*	*Écrit*	*Lu*

_____	_____	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
_____	_____	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
_____	_____	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
_____	_____	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5

autres :

8. Dans quelles régions ou pays avez-vous habité ? Pouvez-vous en indiquer une liste ?

Région/Pays	Durée du séjour (mois ou années)
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

9. Dans quelle région votre mère a-t-elle grandi ? _____

Dans quelle région votre père a-t-il grandi ? _____

10. Avez-vous fréquenté des parents ou amis parlant une langue étrangère ? (O/N) ____

Si oui, quelle langue ? _____

À quelle période de votre vie ? _____

11. Avez-vous une expérience musicale (pratique du chant, d'un instrument) ? (O/N) ____

si oui, quelle type de pratique et à quel niveau ?

_____

12. Êtes-vous gaucher ou droitier ? _____

Y a-t-il des gauchers dans votre famille ? _____

Annexe 2

Durées vocaliques

Contexte /pa/

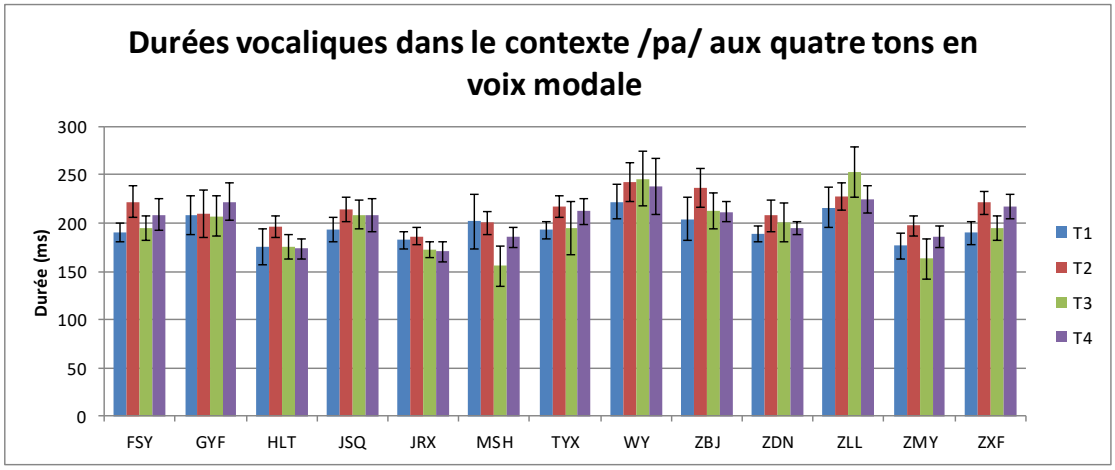


Figure 116 : Les durées vocaliques (ms) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

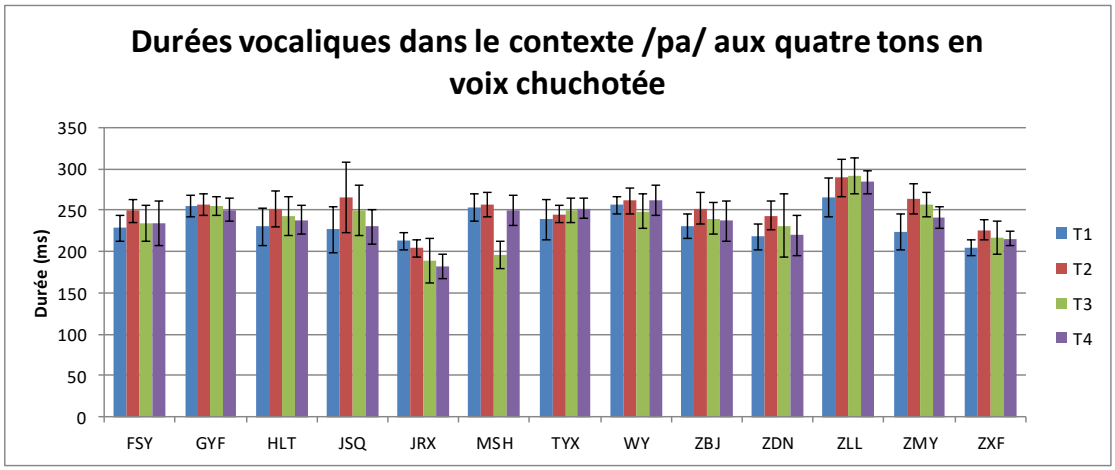


Figure 117 : Les durées vocaliques (ms) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Contexte /pi/

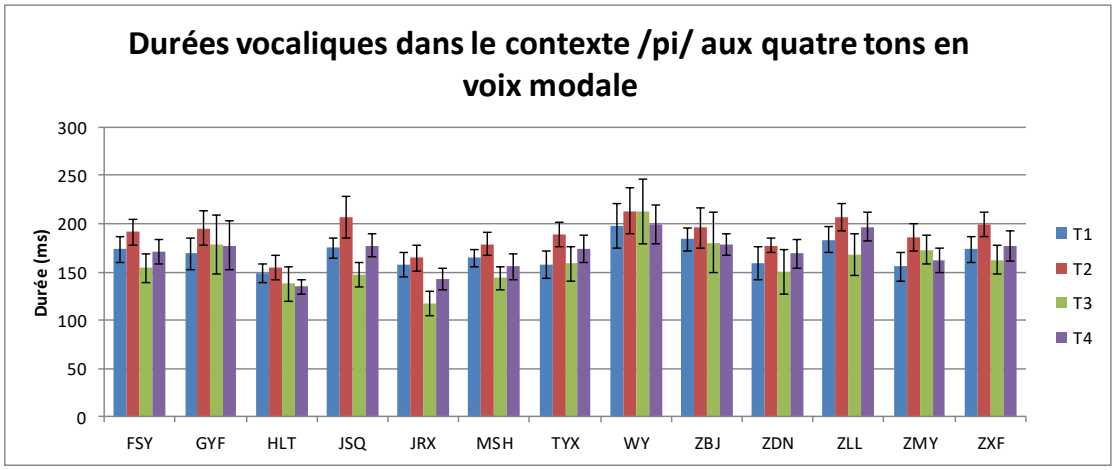


Figure 118 : Les durées vocaliques (ms) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

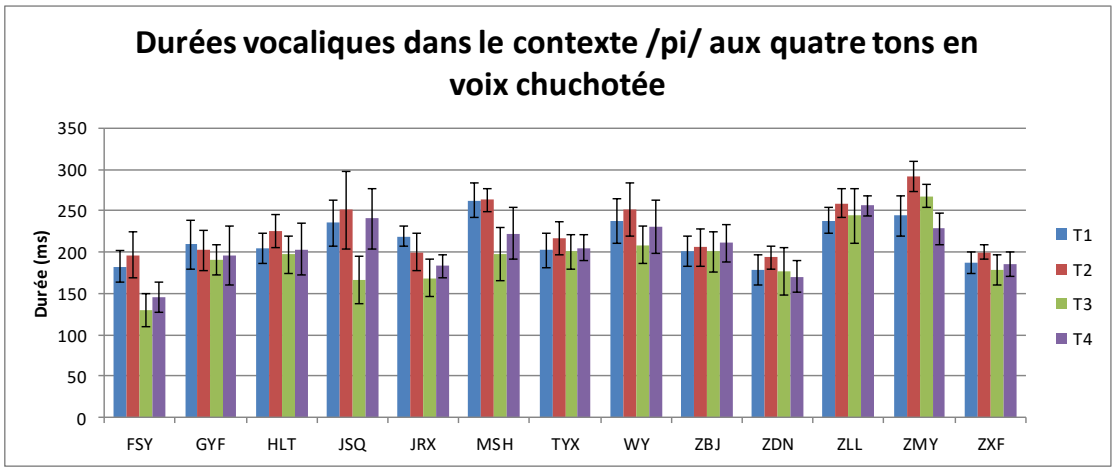


Figure 119 : Les durées vocaliques (ms) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Contexte /pu/

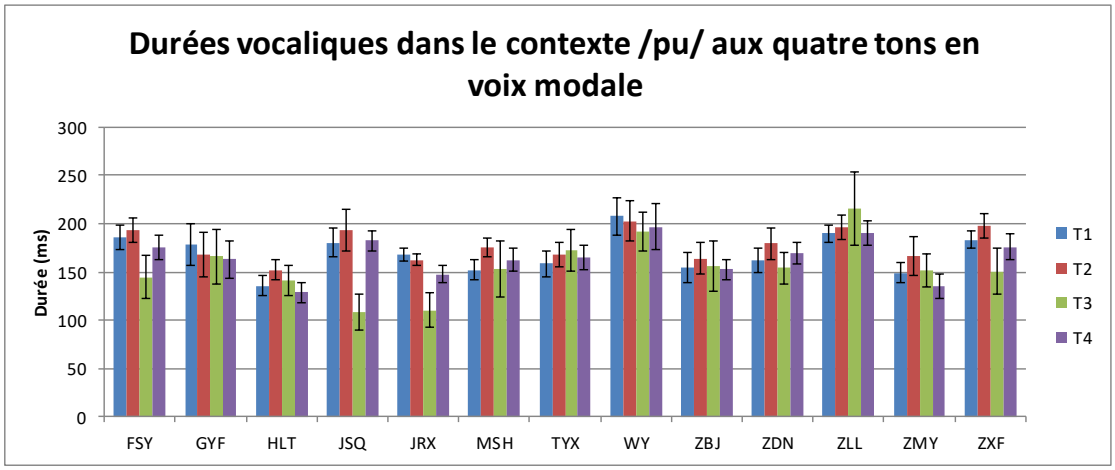


Figure 120 : Les durées vocaliques (ms) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

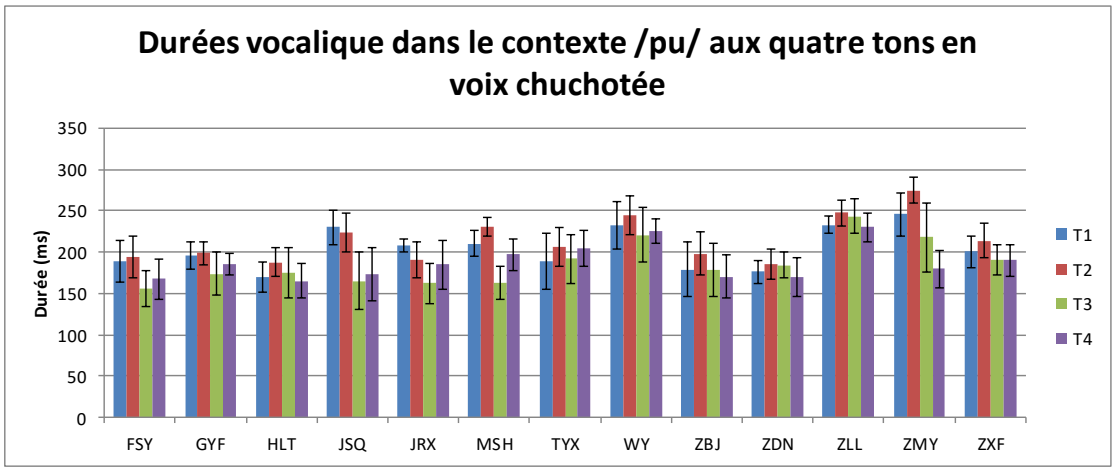


Figure 121 : Les durées vocaliques (ms) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Durées du VOT

Contexte /pa/

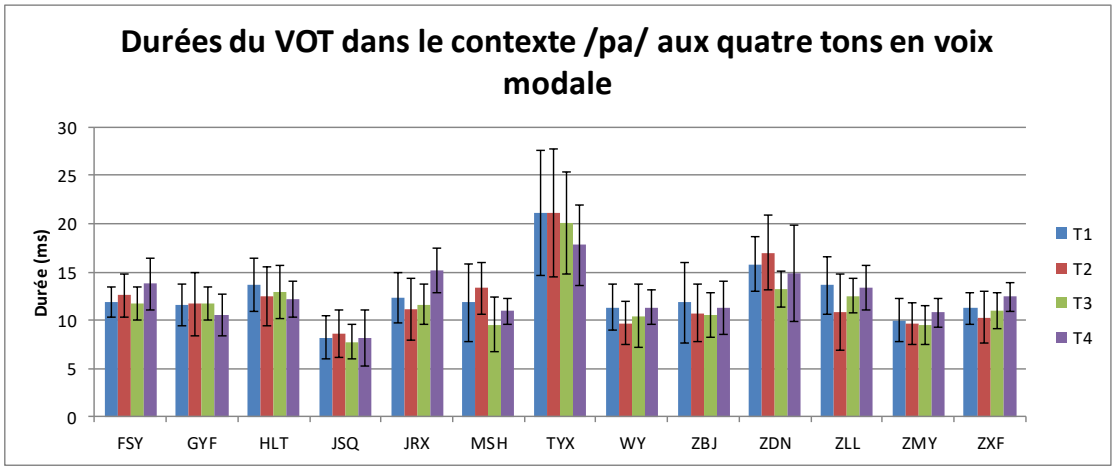


Figure 122 : Les durées du VOT (ms) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

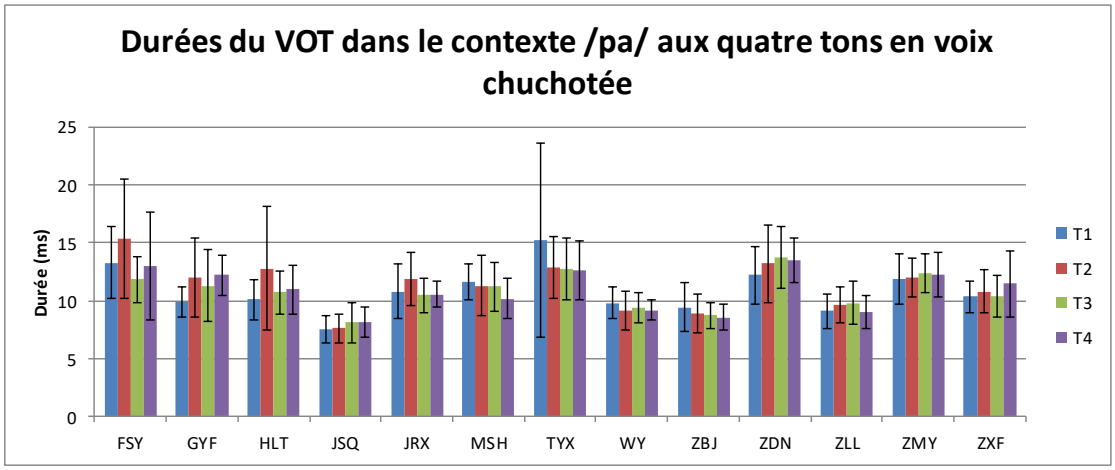


Figure 123 : Les durées du VOT (ms) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Contexte /pi/

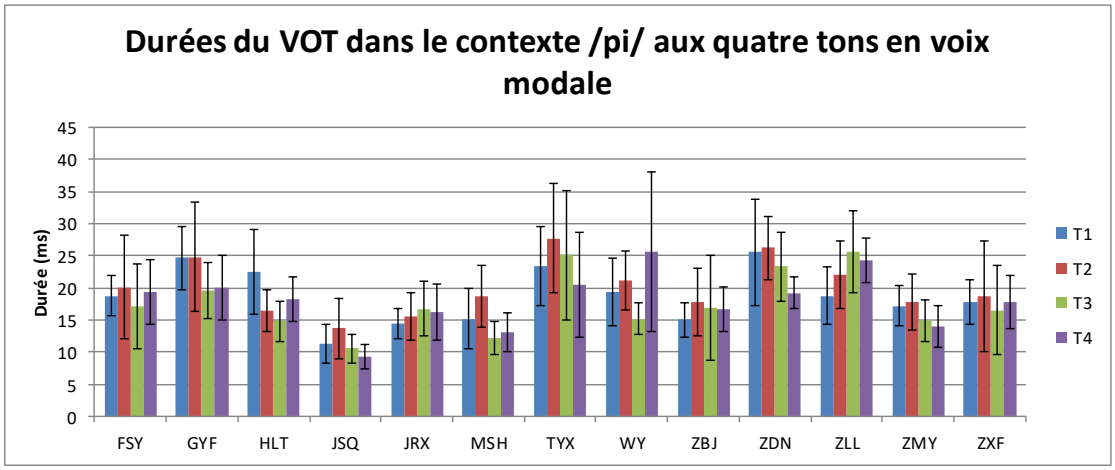


Figure 124 : Les durées du VOT (ms) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

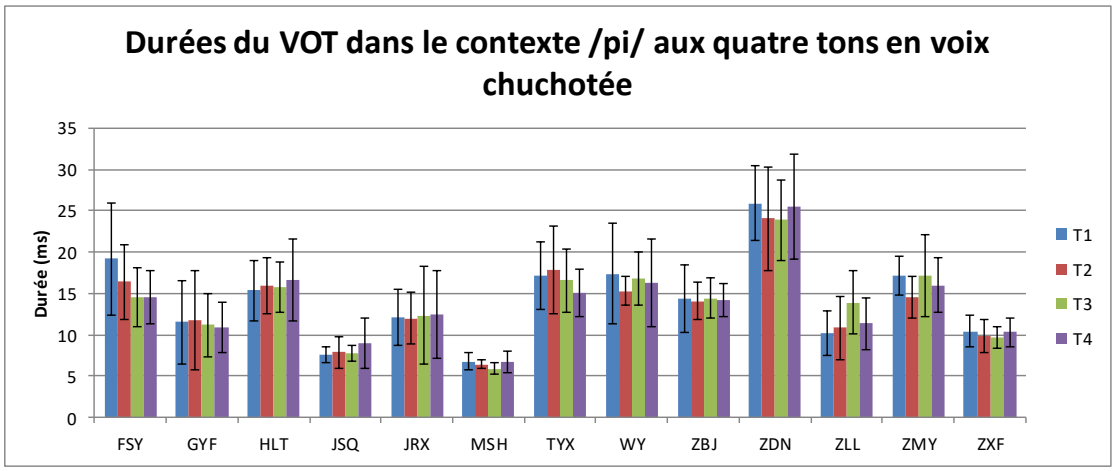


Figure 125 : Les durées du VOT (ms) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Contexte /pu/

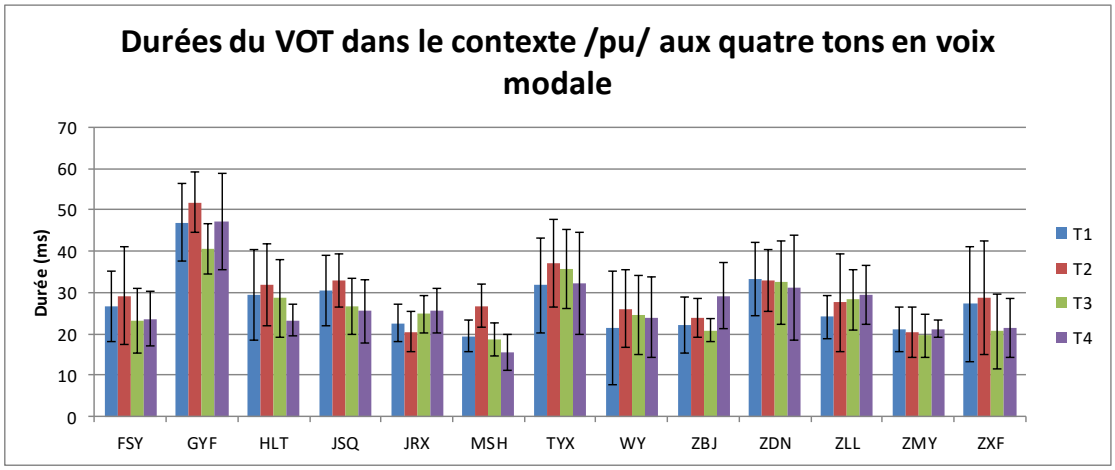


Figure 126 : Les durées du VOT (ms) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

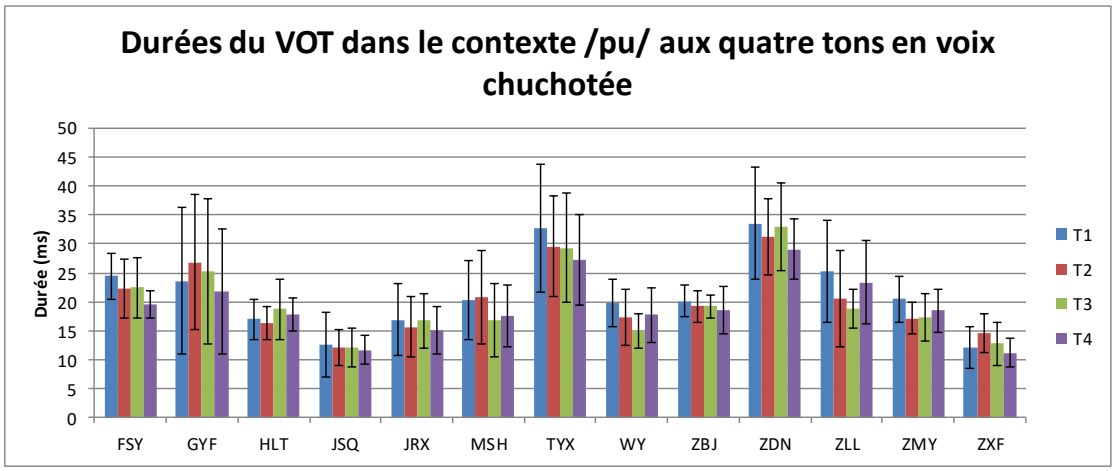


Figure 127 : Les durées du VOT (ms) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Tenues consonantiques

Contexte /pa/

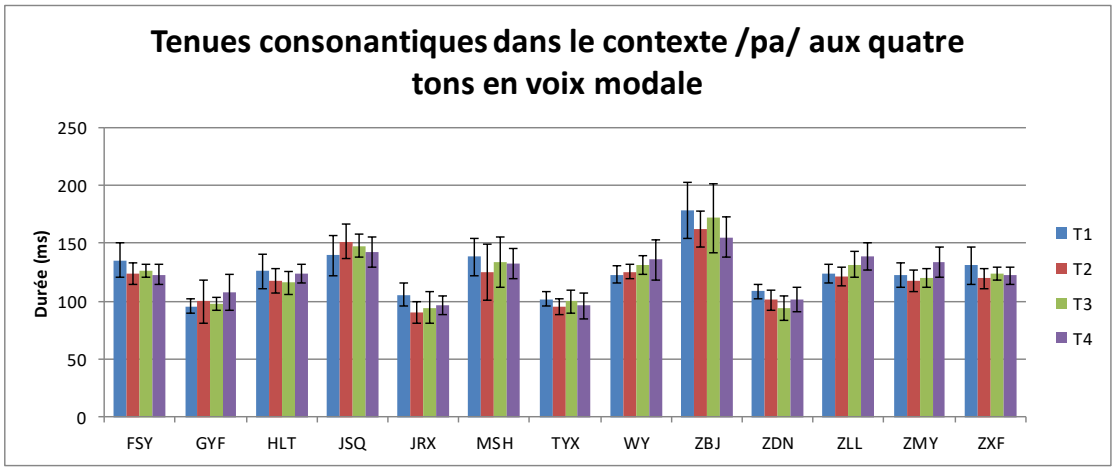


Figure 128 : Les tenues consonantiques (ms) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

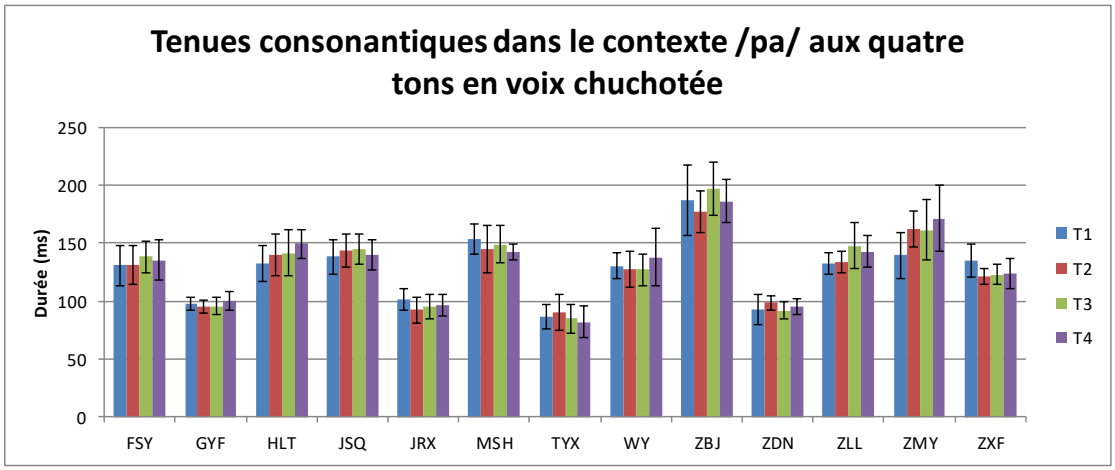


Figure 129 : Les tenues consonantiques (ms) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Contexte /pi/

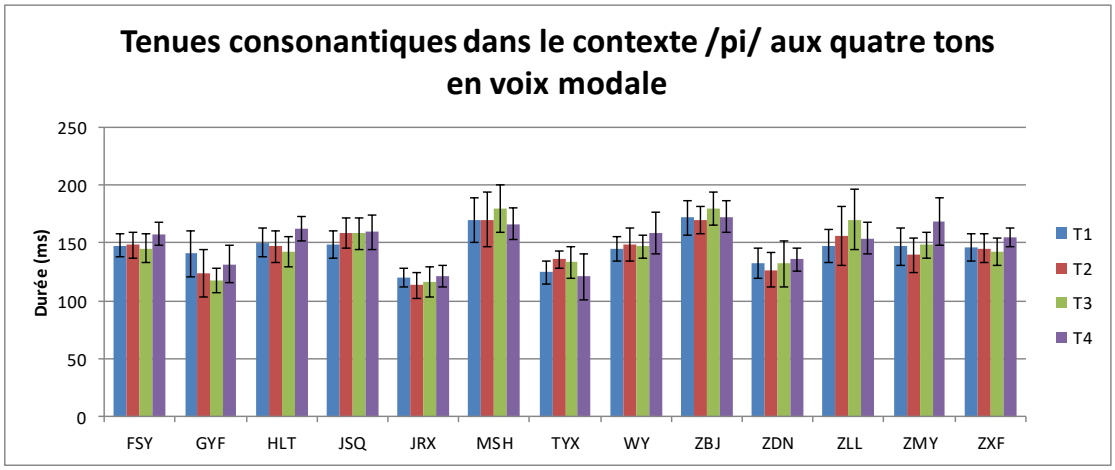


Figure 130 : Les tenues consonantiques (ms) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

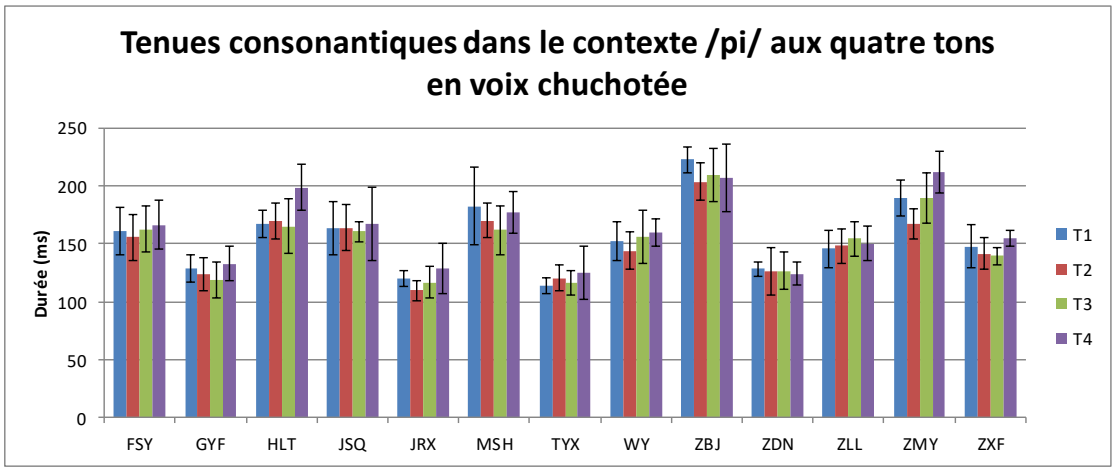


Figure 131 : Les tenues consonantiques (ms) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Contexte /pu/

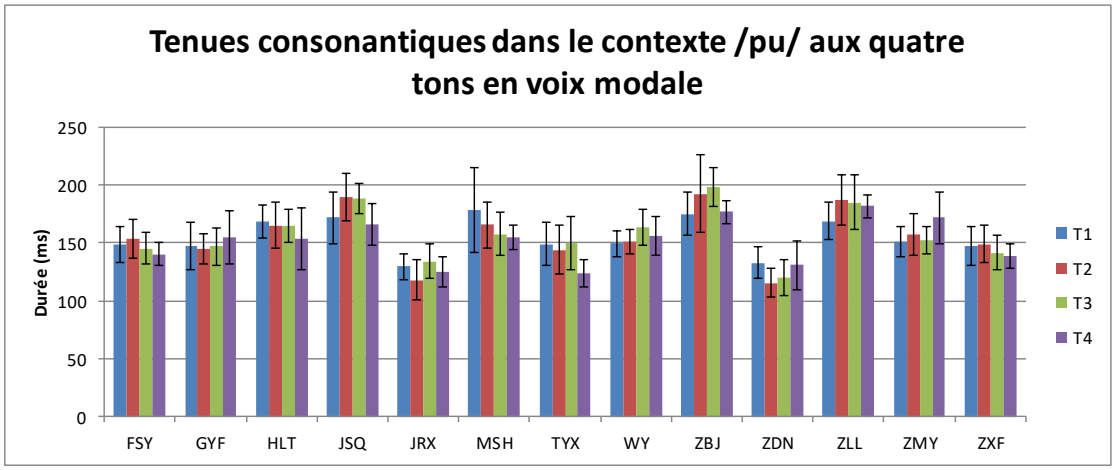


Figure 132 : Les tenues consonantiques (ms) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

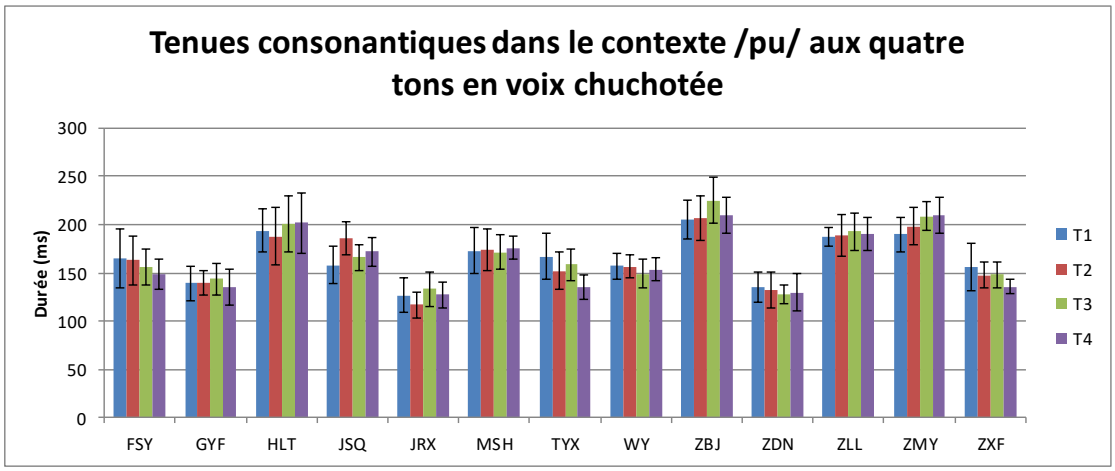


Figure 133 : Les tenues consonantiques (ms) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Durées syllabiques

Contexte /pa/

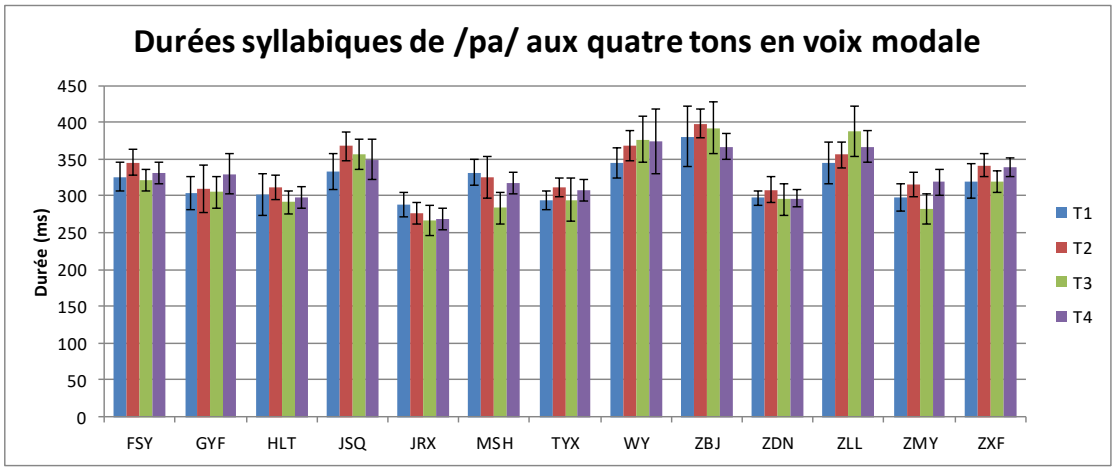


Figure 134 : Les durées syllabiques (ms) de /pa/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

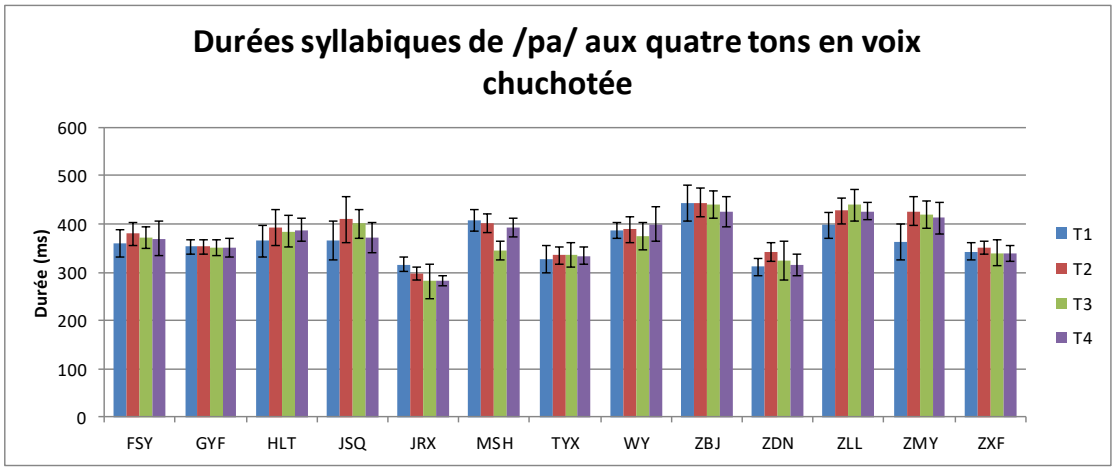


Figure 135 : Les durées syllabiques (ms) de /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Contexte /pi/

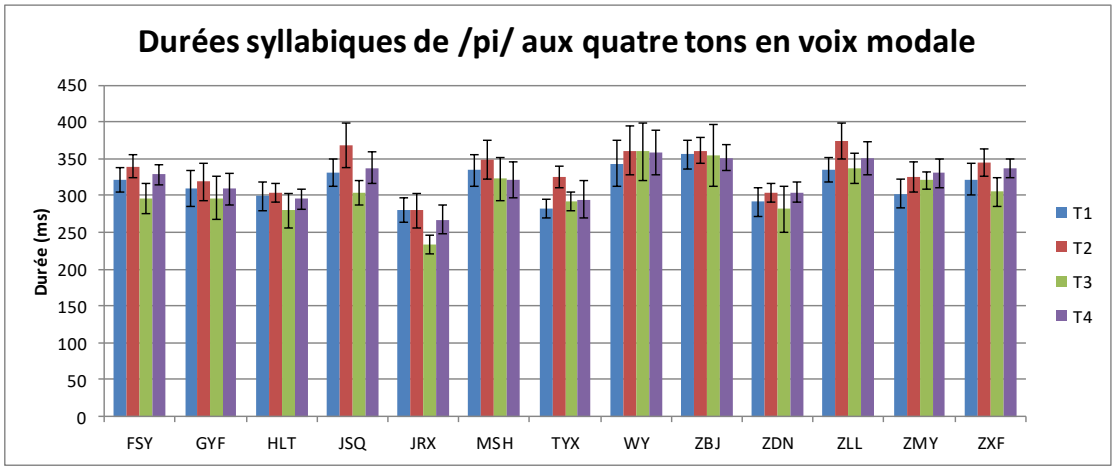


Figure 136 : Les durées syllabiques (ms) de /pi/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

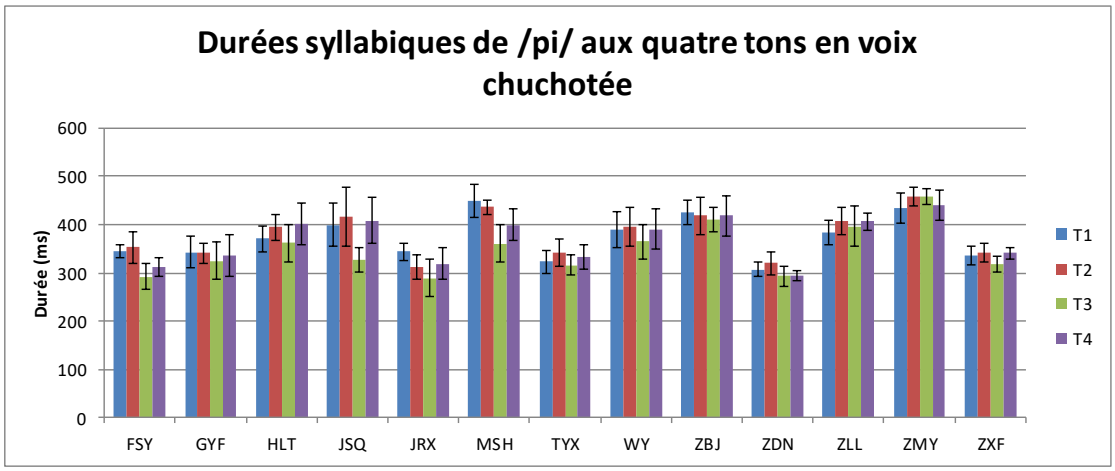


Figure 137 : Les durées syllabiques (ms) de /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Contexte /pu/

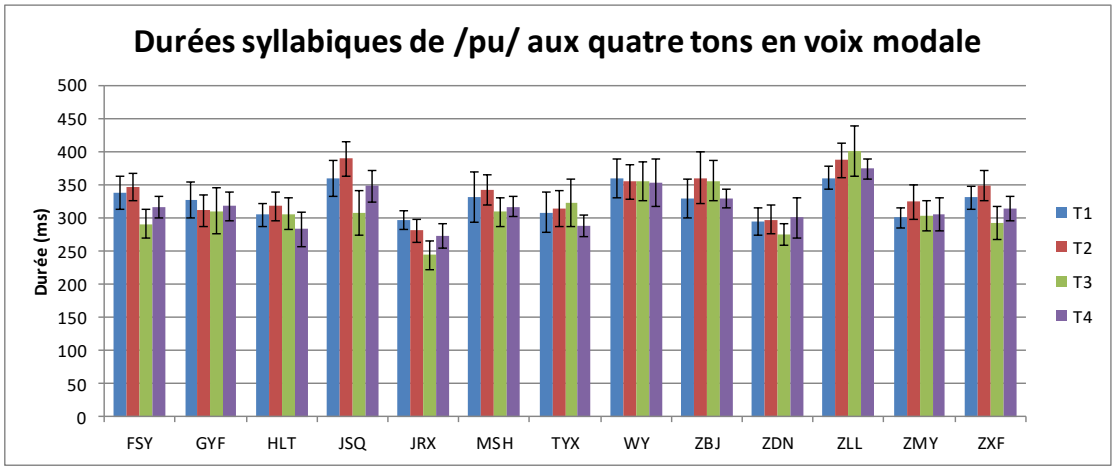


Figure 138 : Les durées syllabiques (ms) de /pu/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

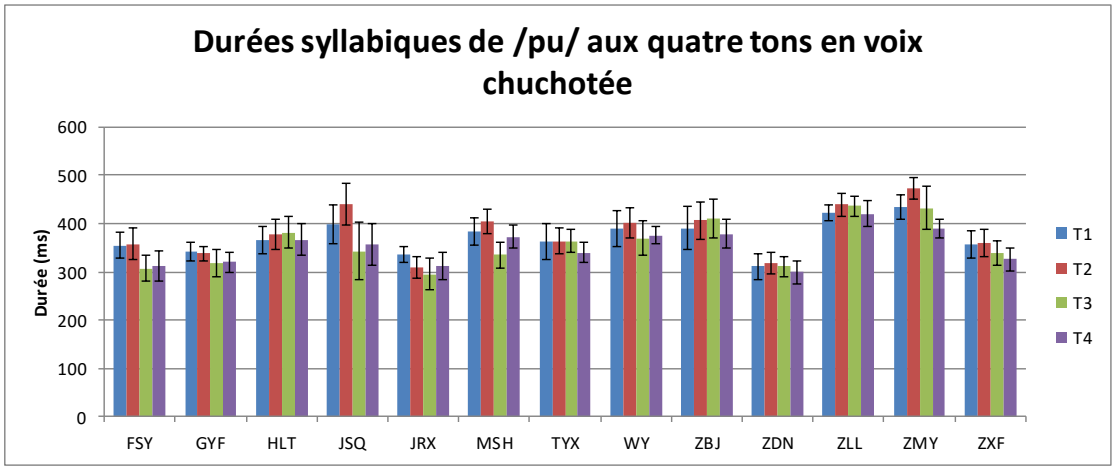


Figure 139 : Les durées syllabiques (ms) de /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Ratios voyelle/consonne

Contexte /pa/

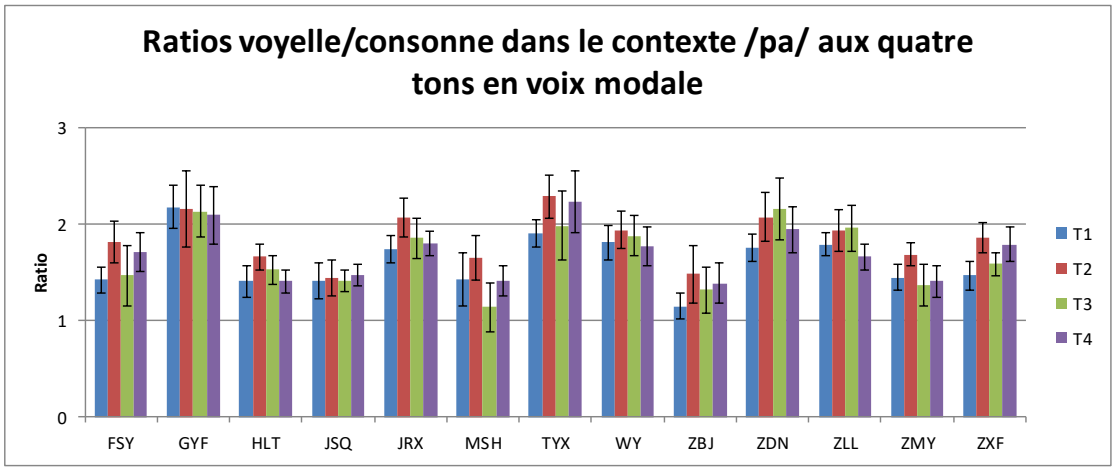


Figure 140 : Les ratios voyelle/consonne dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

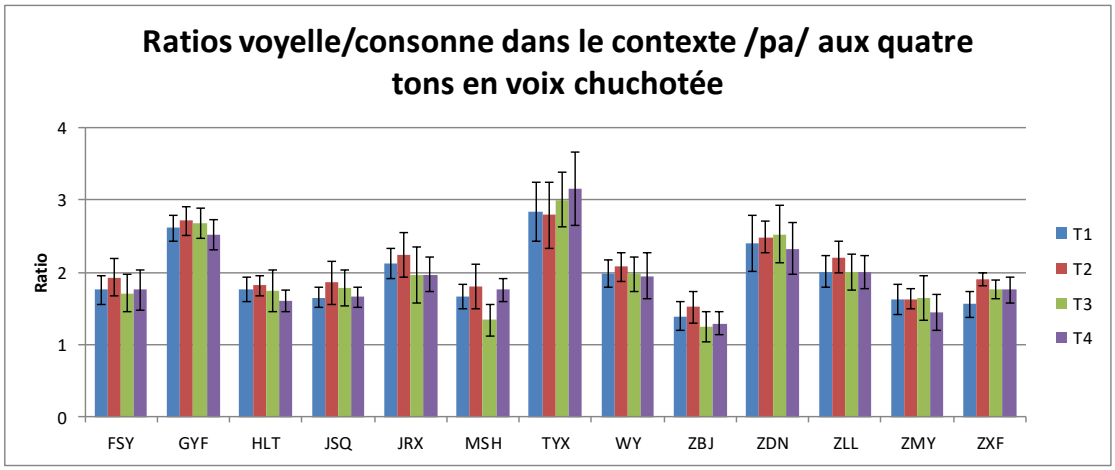


Figure 141 : Les ratios voyelle/consonne dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Contexte /pi/

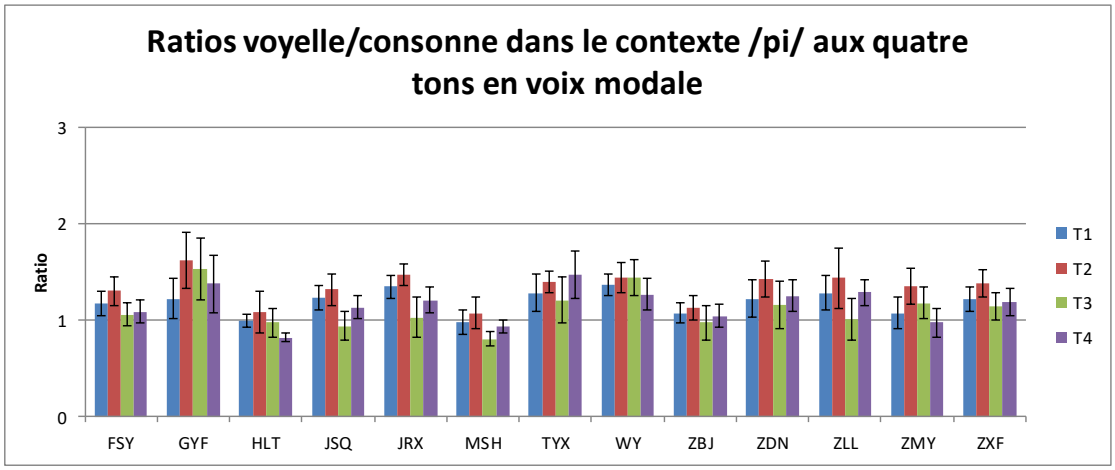


Figure 142 : Les ratios voyelle/consonne dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

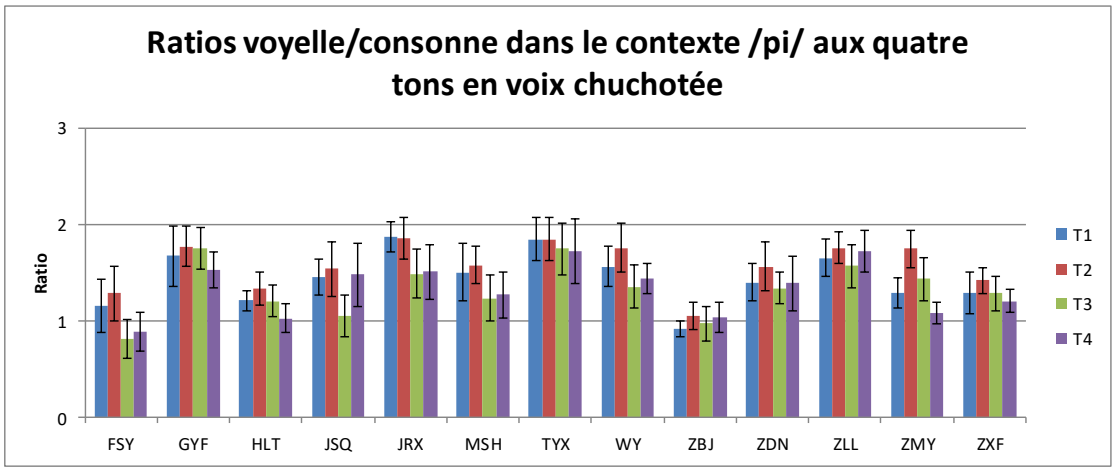


Figure 143 : Les ratios voyelle/consonne dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Contexte /pu/

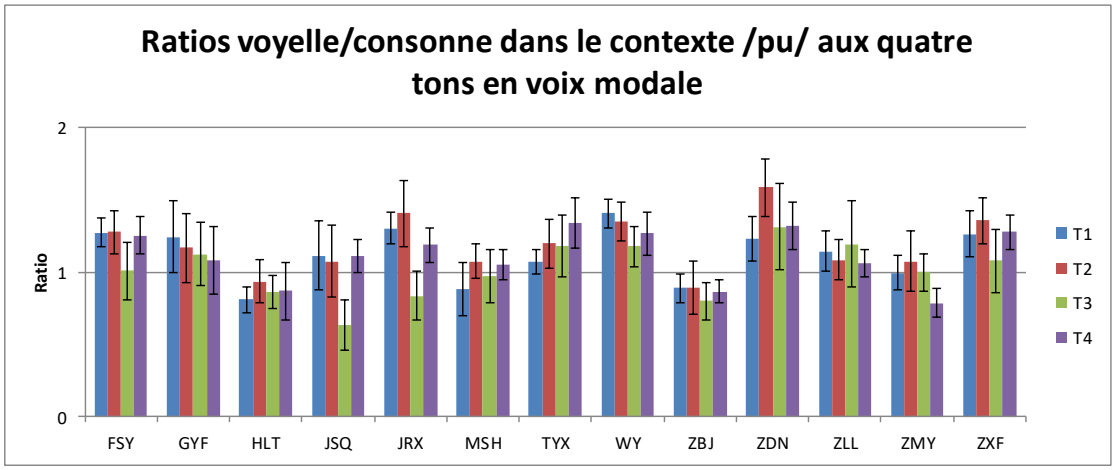


Figure 144 : Les ratios voyelle/consonne dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets.

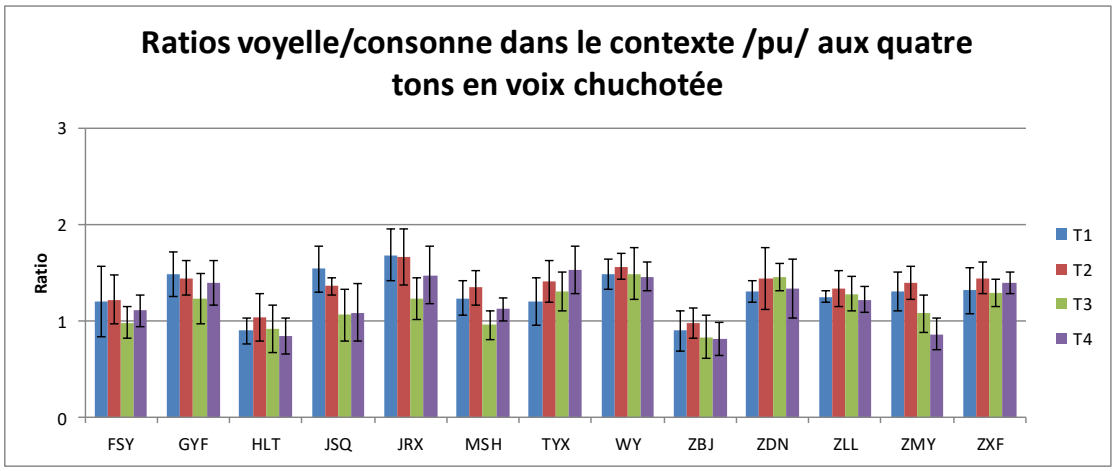


Figure 145 : Les ratios voyelle/consonne dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Annexe 3

Les valeurs absolues du niveau de l'intensité acoustique

Contexte /pa/

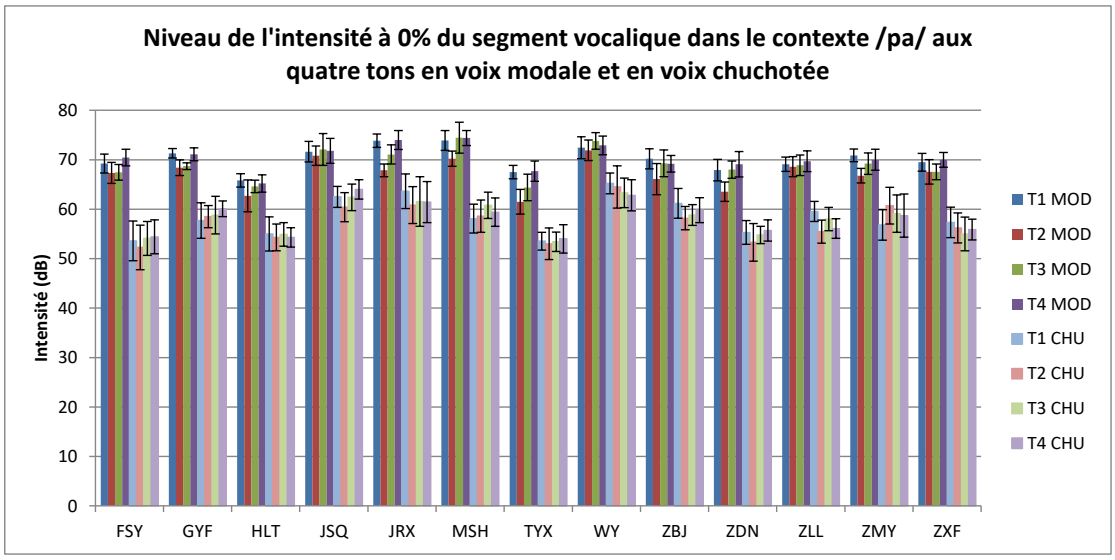


Figure 146 : Niveau de l'intensité (dB) à 0% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

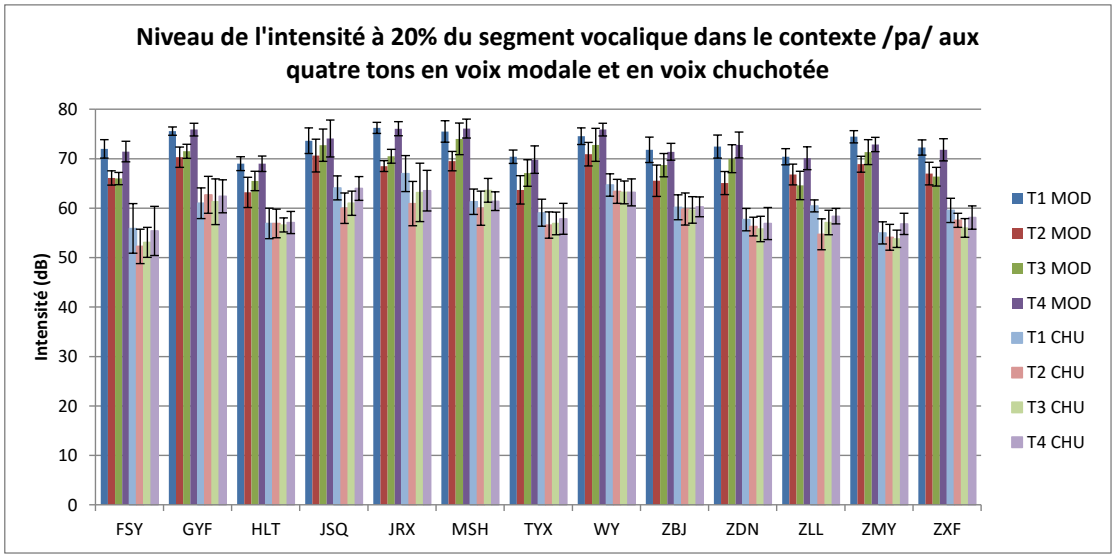


Figure 147 : Niveau de l'intensité (dB) à 20% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

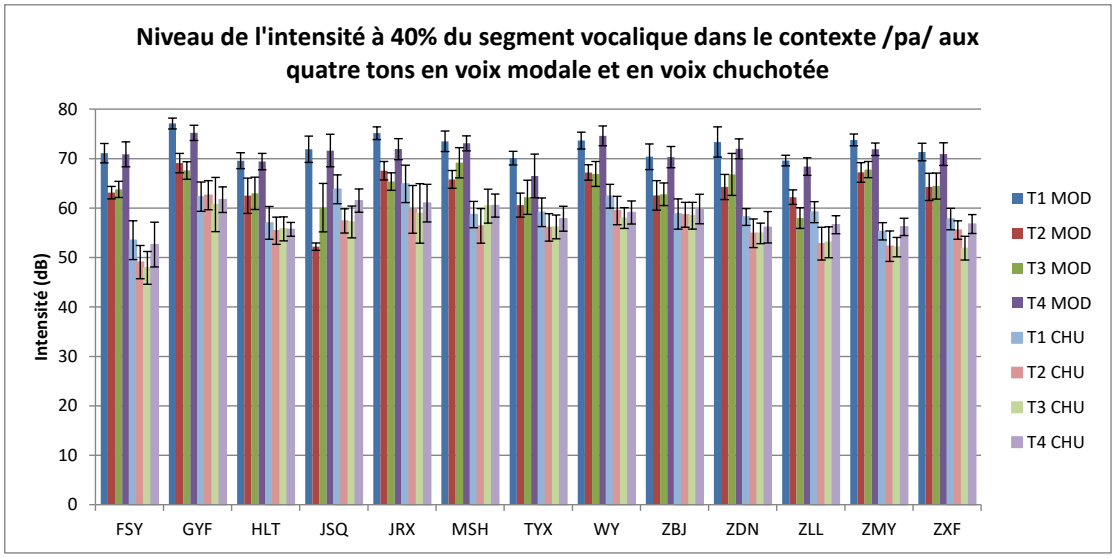


Figure 148 : Niveau de l'intensité (dB) à 40% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

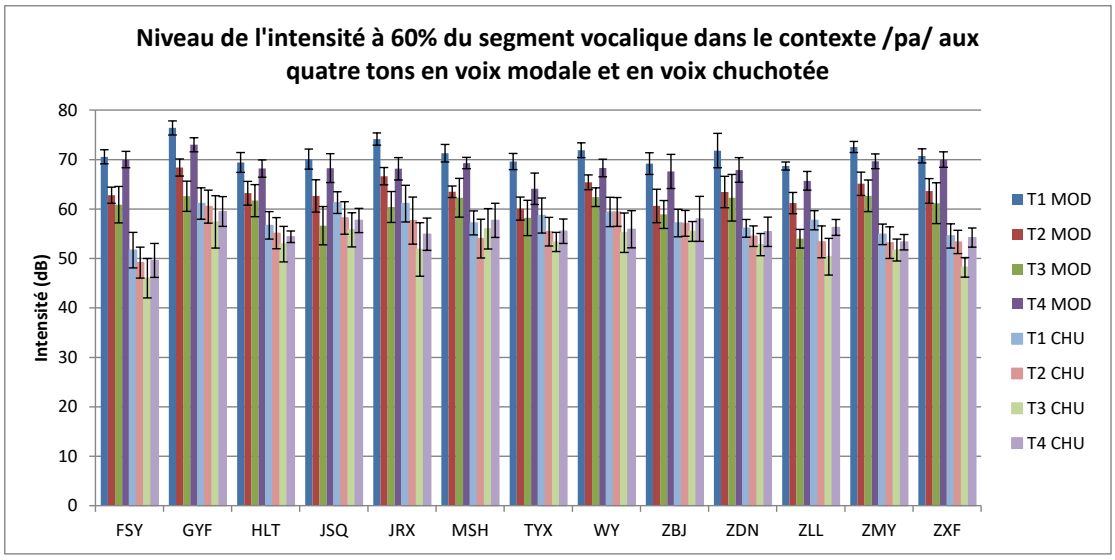


Figure 149 : Niveau de l'intensité (dB) à 60% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

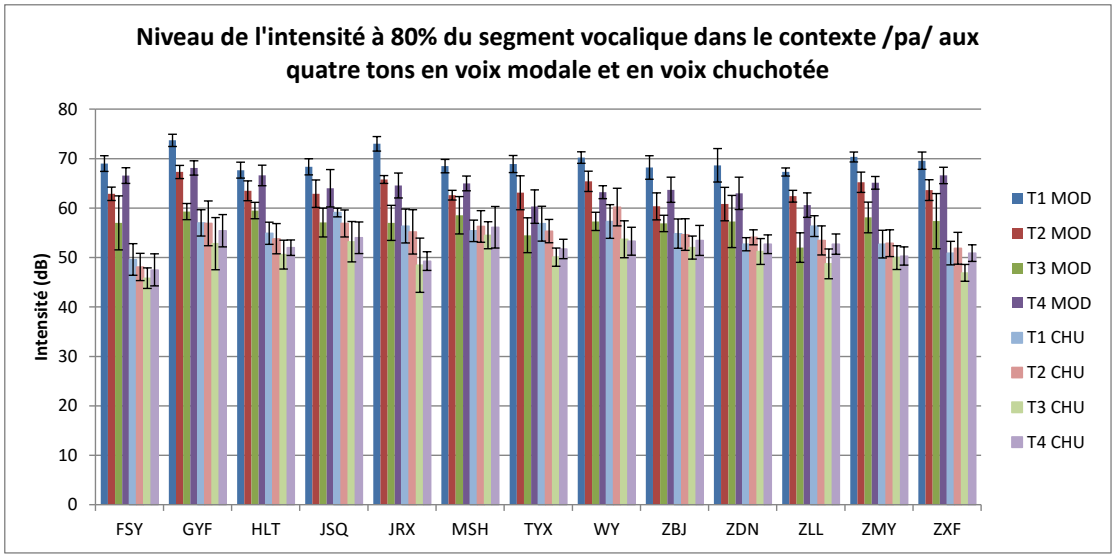


Figure 150 : Niveau de l'intensité (dB) à 80% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

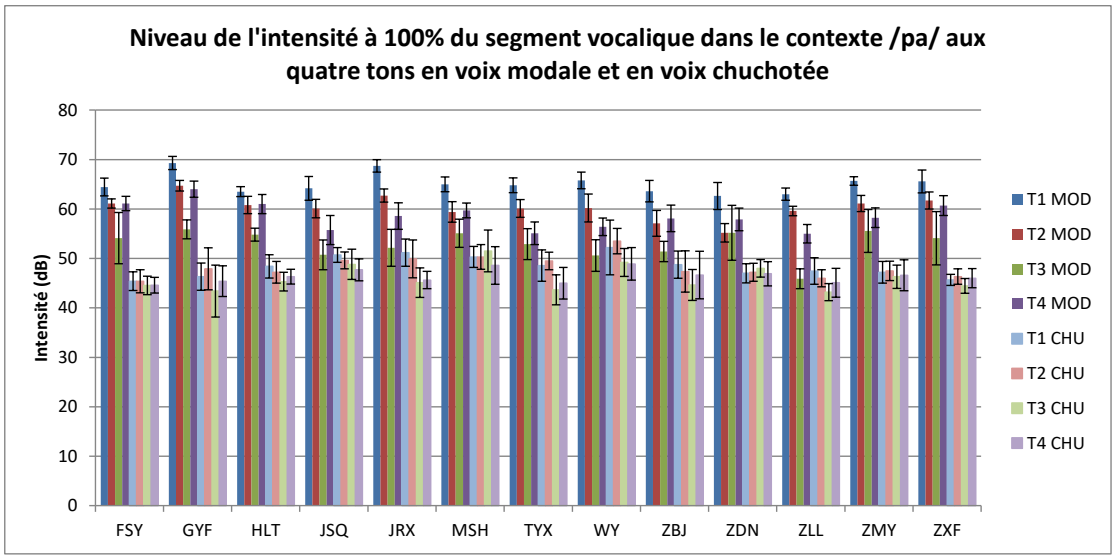


Figure 151 : Niveau de l'intensité (dB) à 100% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Contexte /pi/

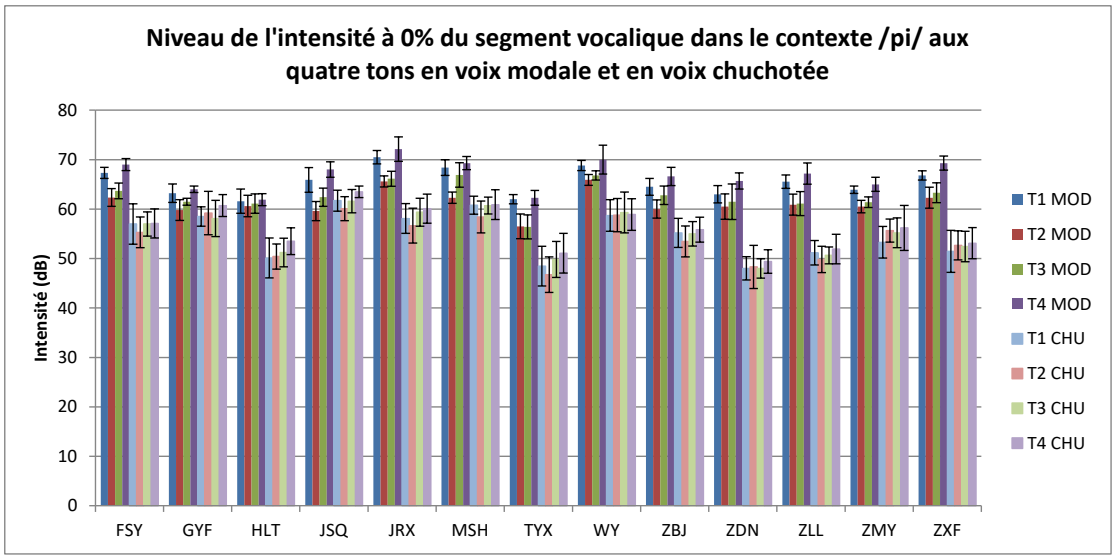


Figure 152 : Niveau de l'intensité (dB) à 0% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

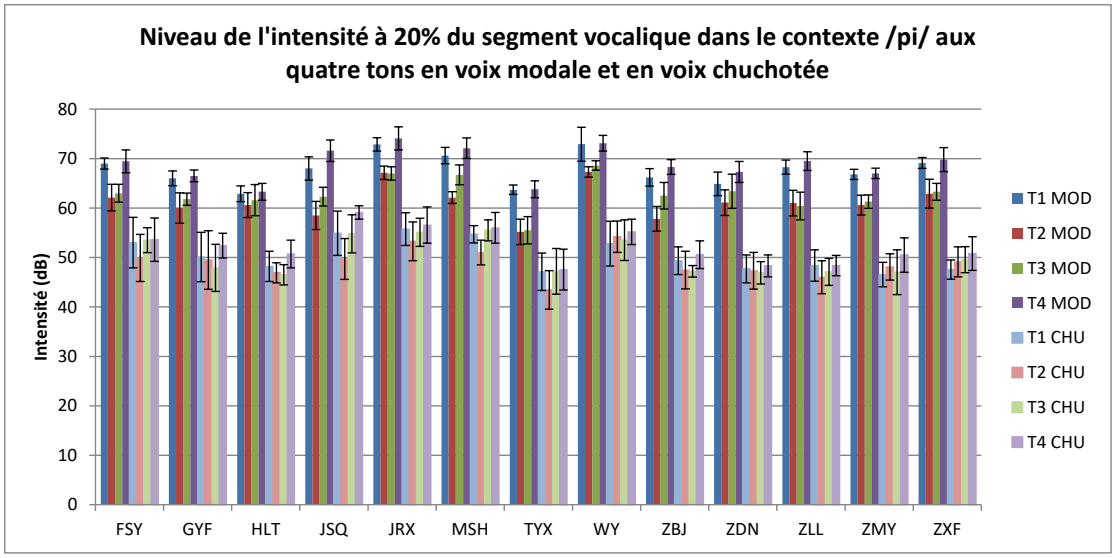


Figure 153 : Niveau de l'intensité (dB) à 20% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

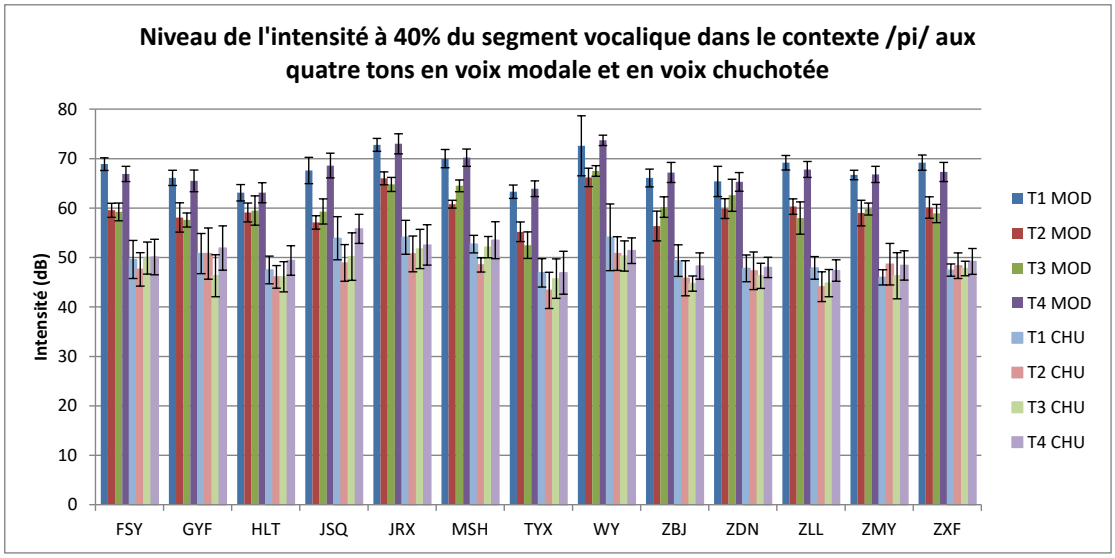


Figure 154 : Niveau de l'intensité (dB) à 40% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

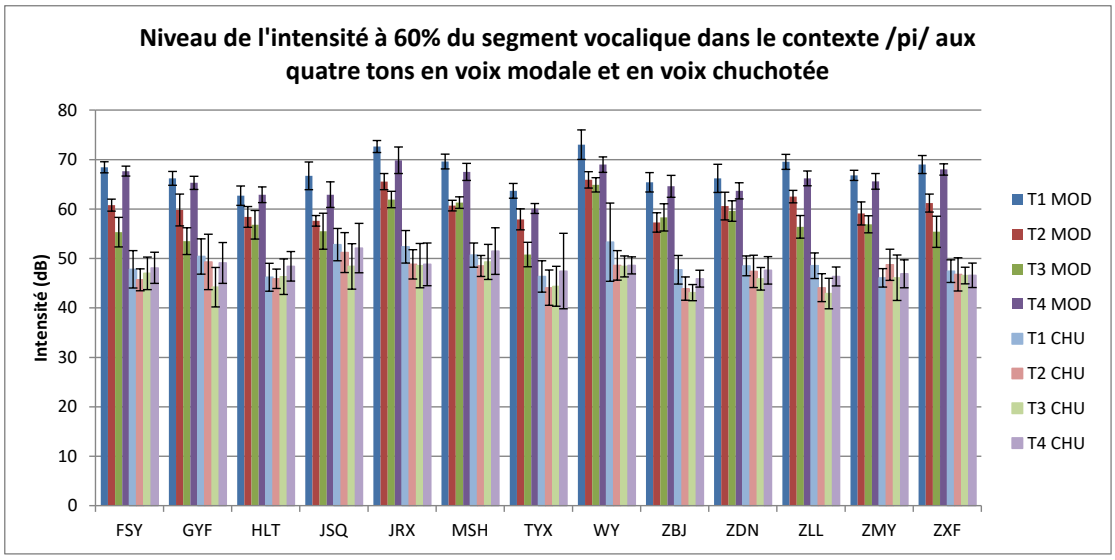


Figure 155 : Niveau de l'intensité (dB) à 60% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

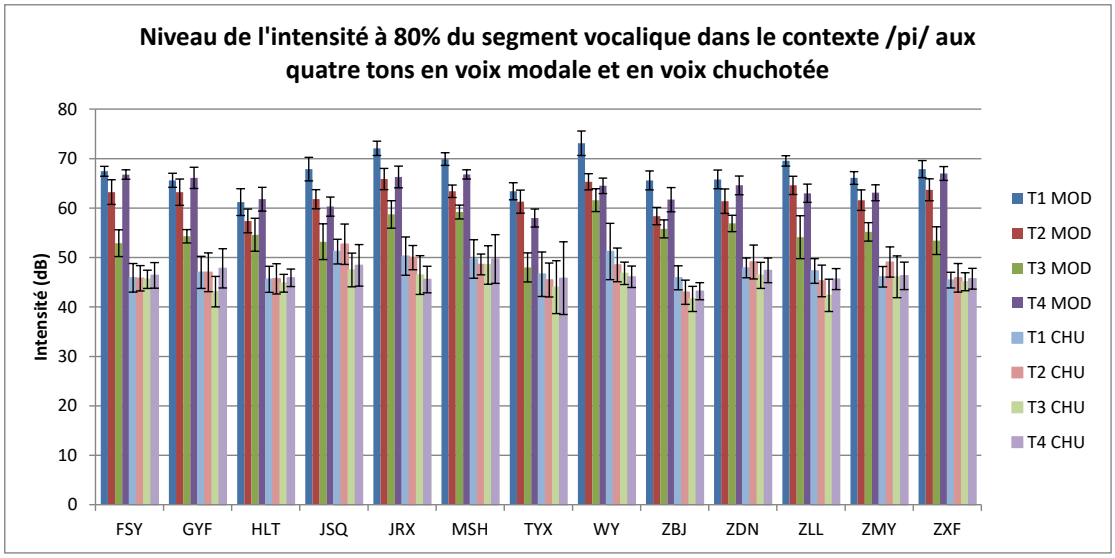


Figure 156 : Niveau de l'intensité (dB) à 80% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

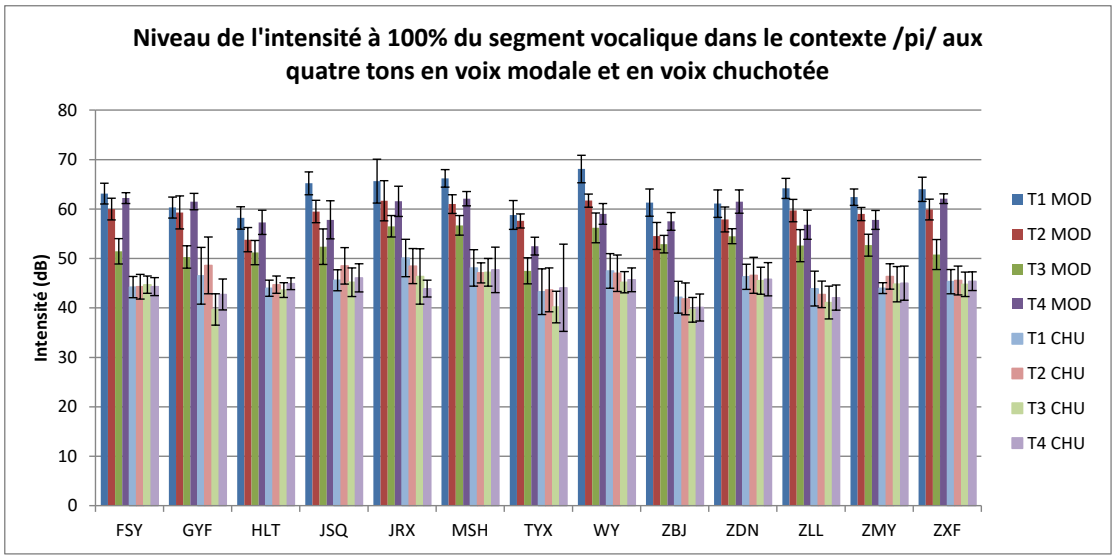


Figure 157 : Niveau de l'intensité (dB) à 100% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Contexte /pu/

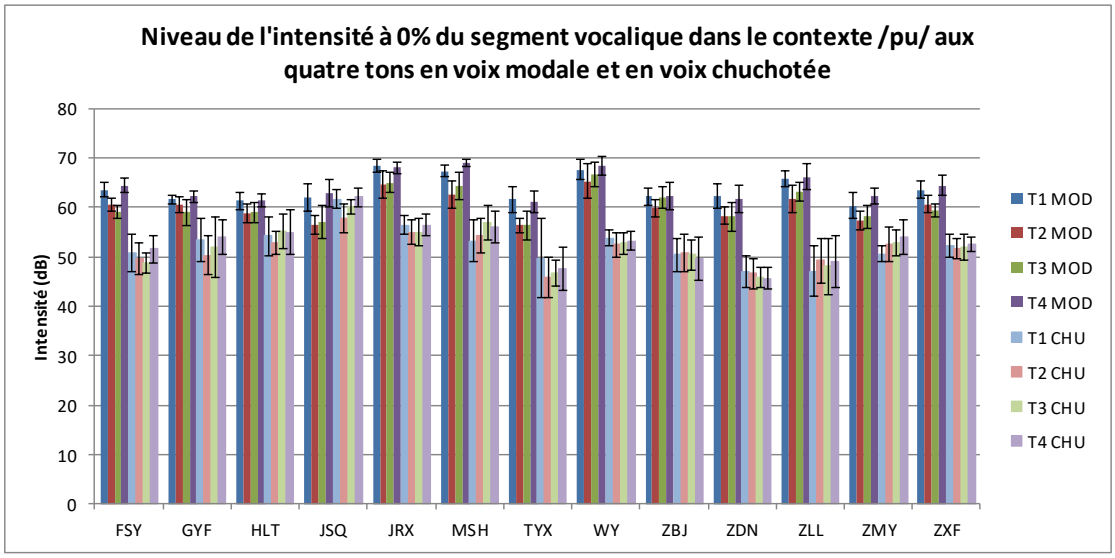


Figure 158 : Niveau de l'intensité (dB) à 0% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

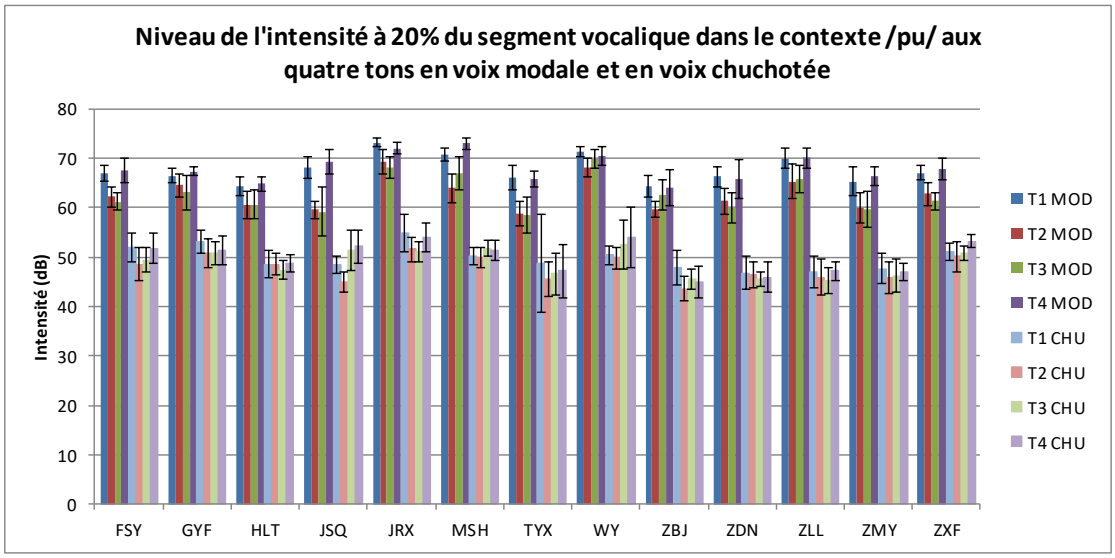


Figure 159 : Niveau de l'intensité (dB) à 20% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

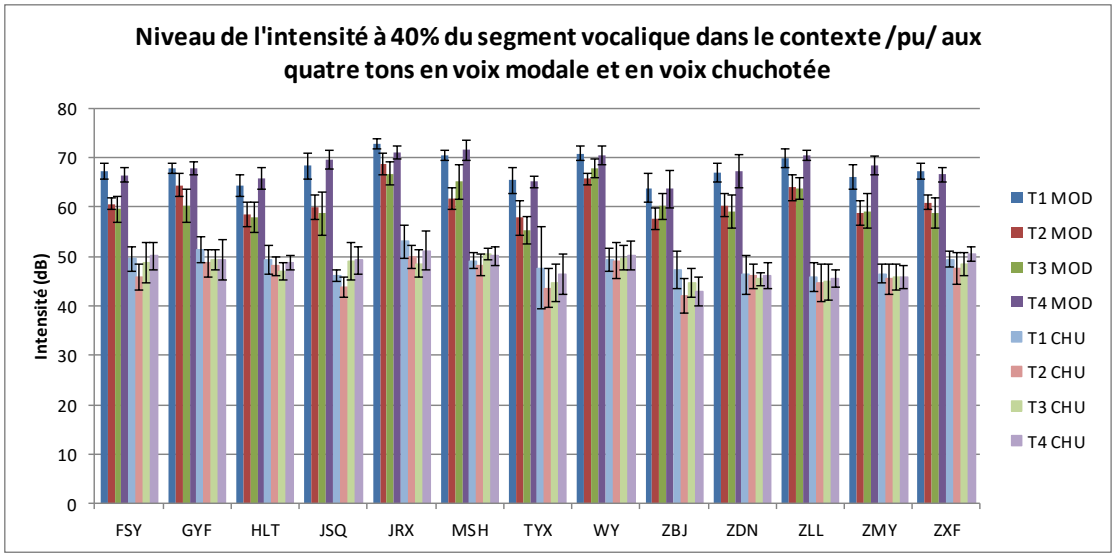


Figure 160 : Niveau de l'intensité (dB) à 40% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

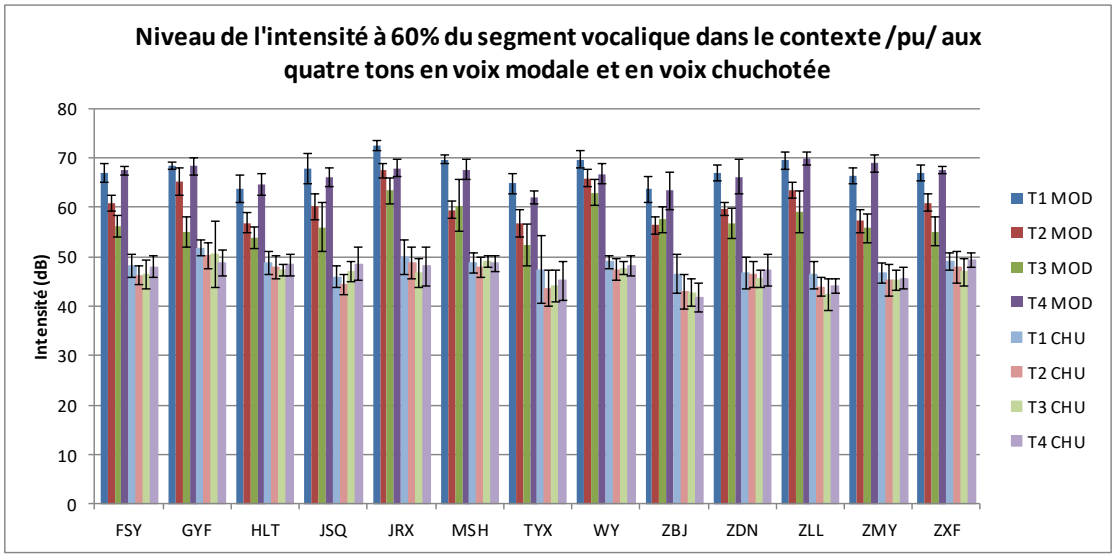


Figure 161 : Niveau de l'intensité (dB) à 60% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

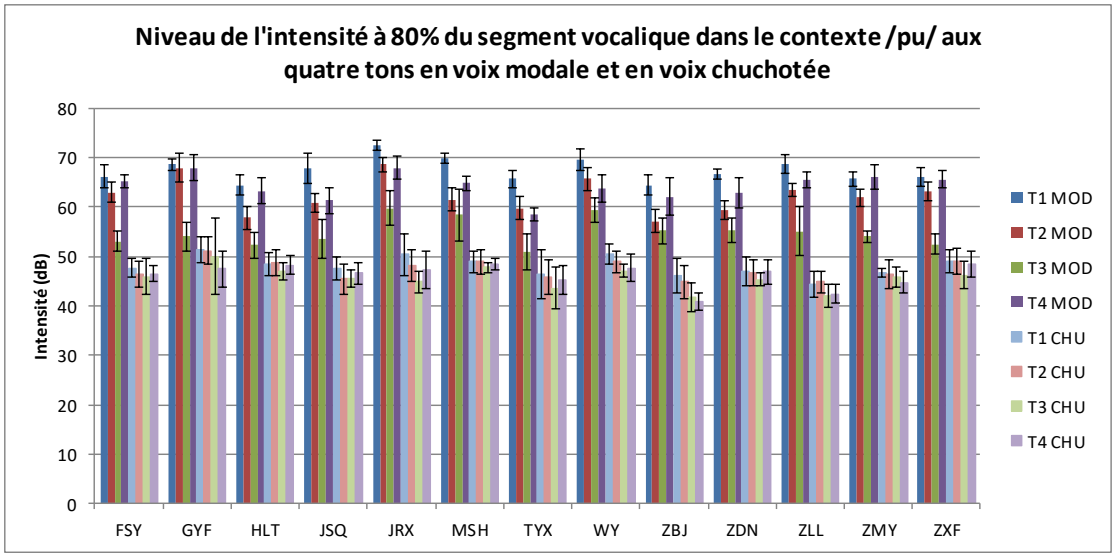


Figure 162 : Niveau de l'intensité (dB) à 80% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

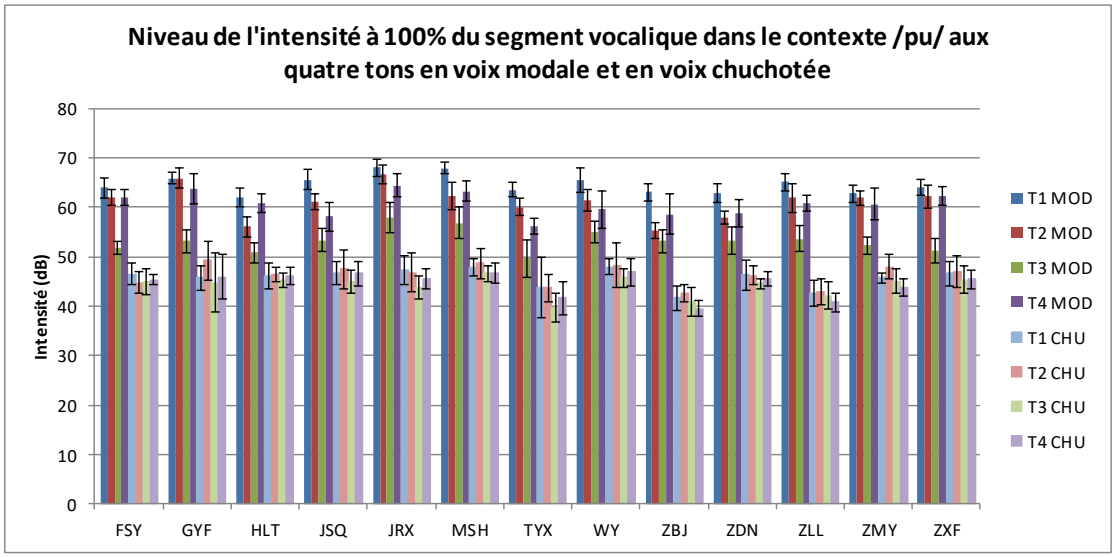


Figure 163 : Niveau de l'intensité (dB) à 100% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets.

Les valeurs relatives du niveau de l'intensité

Contexte /pa/

Tableau 103 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 20% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/a/ 20%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	2,78	1,22	-1,44	1,00	2,30	0,00	-1,00	1,00
GYF	4,30	-1,90	2,80	4,80	3,30	4,20	2,50	2,30
HLT	3,17	-0,50	0,90	3,80	1,90	2,60	1,70	2,80
JSQ	2,00	0,18	0,64	2,27	1,60	-0,40	-1,40	0,00
JRX	2,36	-0,64	-0,57	2,07	3,36	0,09	1,64	2,09
MSH	1,60	0,70	-0,45	1,70	3,20	1,40	2,80	2,00
TYX	2,90	-2,20	2,70	2,10	5,54	3,58	3,50	3,83
WY	2,11	1,00	-1,00	3,00	-0,50	-1,10	-0,10	0,40
ZBJ	1,60	0,55	-0,60	2,20	-1,00	1,64	0,82	0,45
ZDN	4,55	-1,55	2,00	3,70	2,40	3,00	1,00	1,20
ZLL	1,30	1,80	-4,30	0,40	0,91	-0,73	-0,91	2,27
ZMY	3,56	-2,11	2,11	2,89	-1,80	-6,60	-5,30	-1,90
ZXF	2,75	0,55	-1,18	1,80	2,22	1,33	1,00	2,22
Moy Inter	**2,69**	**-0,22**	**0,12**	**2,44**	**1,80**	**0,69**	**0,48**	**1,44**
ET Inter	**0,97**	**1,31**	**1,93**	**1,15**	**1,93**	**2,66**	**2,21**	**1,41**

Tableau 104 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 40% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/a/ 40%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	1,89	-4,22	-3,67	0,44	-0,10	-3,18	-6,18	-1,80
GYF	5,80	0,70	-1,10	4,10	4,60	4,10	1,90	1,60
HLT	3,75	-0,20	-1,60	4,20	2,00	1,10	0,90	1,40
JSQ	0,27	-18,61	-12,00	-0,18	1,30	-3,00	-5,20	-2,50
JRX	1,29	-0,29	-5,71	-2,07	1,27	-1,09	-2,64	-0,45
MSH	-0,40	-4,40	-5,27	-1,30	0,60	-2,20	-0,40	1,10
TYX	2,60	-0,90	-2,20	-1,20	5,62	3,08	2,75	3,83
WY	1,22	-4,70	-6,90	1,70	-2,80	-5,00	-5,30	-3,70
ZBJ	0,20	-3,55	-6,50	1,10	-2,36	0,45	-0,36	0,00
ZDN	5,45	0,73	-1,20	2,90	2,90	1,60	0,10	0,40
ZLL	0,50	-6,40	-10,90	-1,30	-0,36	-2,64	-4,91	0,55
ZMY	2,89	0,44	-1,44	1,89	-1,50	-8,40	-7,00	-2,50
ZXF	1,83	-3,27	-3,09	0,90	0,44	-0,67	-3,11	0,89
Moy Inter	**2,10**	**-3,44**	**-4,74**	**0,86**	**0,89**	**-1,22**	**-2,27**	**-0,09**
ET Inter	**1,88**	**4,95**	**3,47**	**1,98**	**2,39**	**3,27**	**3,15**	**1,98**

Tableau 105 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 60% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/a/ 60%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	1,33	-4,56	-6,56	-0,44	-1,90	-3,09	-8,09	-4,80
GYF	5,10	0,00	-6,10	1,90	3,40	2,00	-1,40	-0,60
HLT	3,58	0,50	-2,90	3,00	1,70	0,80	-2,00	0,10
JSQ	-1,55	-8,18	-15,45	-3,55	-1,20	-2,20	-6,60	-6,30
JRX	0,29	-1,21	-10,64	-5,86	-2,55	-3,18	-9,73	-6,55
MSH	-2,60	-6,70	-12,18	-5,10	-0,90	-4,60	-4,80	-1,70
TYX	2,10	-1,40	-6,20	-3,60	5,15	2,42	-0,08	1,50
WY	-0,56	-6,50	-11,40	-4,60	-5,80	-5,10	-8,10	-6,90
ZBJ	-1,00	-5,45	-10,40	-1,60	-4,00	-1,09	-3,36	-1,82
ZDN	3,91	-0,09	-5,70	-1,20	0,80	1,20	-2,00	-0,30
ZLL	-0,40	-7,40	-14,90	-4,00	-1,82	-2,09	-7,64	0,18
ZMY	1,67	-1,67	-6,56	-0,33	-1,90	-7,50	-7,40	-5,40
ZXF	1,25	-3,91	-6,36	0,00	-2,78	-2,89	-6,78	-1,67
Moy Inter	**1,01**	**-3,58**	**-8,87**	**-1,95**	**-0,91**	**-1,95**	**-5,23**	**-2,63**
ET Inter	**2,19**	**2,96**	**3,72**	**2,64**	**2,88**	**2,83**	**3,00**	**2,83**

Tableau 106 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 80% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/a/ 80%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	-0,22	-4,44	-10,44	-3,89	-4,00	-4,18	-8,27	-6,90
GYF	2,40	-1,10	-9,40	-3,00	-0,70	-1,60	-6,00	-4,70
HLT	1,83	0,80	-5,10	1,40	-0,10	-0,50	-4,30	-2,30
JSQ	-3,27	-7,91	-15,00	-7,82	-3,40	-3,50	-9,20	-10,00
JRX	-0,86	-2,07	-14,07	-9,43	-7,27	-5,64	-13,09	-12,18
MSH	-5,40	-7,60	-15,91	-9,40	-2,70	-2,30	-6,30	-3,30
TYX	1,40	1,60	-9,90	-7,40	3,31	2,33	-3,33	-2,25
WY	-2,22	-6,50	-16,50	-9,70	-7,90	-4,30	-9,60	-9,50
ZBJ	-2,00	-5,73	-12,40	-5,50	-6,36	-3,55	-6,82	-6,36
ZDN	0,73	-2,73	-10,70	-6,10	-2,60	0,80	-3,60	-3,00
ZLL	-1,80	-6,20	-16,90	-9,10	-3,18	-2,00	-9,27	-3,36
ZMY	-0,56	-1,56	-11,11	-4,89	-4,10	-7,80	-9,10	-8,40
ZXF	0,08	-3,91	-10,18	-3,40	-6,44	-4,33	-8,11	-5,00
Moy Inter	**-0,76**	**-3,64**	**-12,12**	**-6,02**	**-3,50**	**-2,81**	**-7,46**	**-5,94**
ET Inter	**2,10**	**2,97**	**3,28**	**3,14**	**3,02**	**2,59**	**2,66**	**3,12**

Tableau 107 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 100% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/a/ 100%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	-4,78	-6,22	-13,33	-9,33	-8,20	-6,91	-9,55	-9,80
GYF	-2,00	-3,70	-12,80	-7,10	-11,40	-10,60	-15,40	-14,70
HLT	-2,33	-1,90	-9,80	-4,20	-6,60	-7,10	-9,60	-8,00
JSQ	-7,45	-10,73	-21,36	-16,09	-11,80	-10,80	-13,60	-16,30
JRX	-5,14	-5,14	-18,93	-15,43	-12,45	-10,91	-16,45	-15,82
MSH	-8,90	-10,80	-19,36	-14,70	-7,80	-8,30	-9,30	-10,80
TYX	-2,70	-1,40	-11,50	-12,60	-5,00	-3,50	-9,75	-9,00
WY	-6,67	-11,70	-23,20	-16,50	-13,00	-11,00	-14,10	-13,90
ZBJ	-6,60	-9,00	-17,90	-11,10	-12,45	-10,82	-14,18	-13,18
ZDN	-5,27	-8,36	-12,80	-11,20	-8,30	-6,10	-6,80	-8,80
ZLL	-6,10	-9,00	-23,00	-14,70	-12,09	-9,45	-14,82	-11,00
ZMY	-5,22	-5,67	-13,67	-11,78	-9,60	-13,20	-12,80	-12,10
ZXF	-3,92	-5,82	-13,45	-9,30	-11,67	-9,89	-10,56	-9,89
Moy Inter	-5,16	-6,88	-16,24	-11,85	-10,03	-9,12	-12,07	-11,79
ET Inter	1,97	3,23	4,39	3,55	2,50	2,52	2,84	2,66

Contexte /pi/

Tableau 108 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 20% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/i/ 20%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	1,67	-0,22	-0,67	0,44	-4,00	-5,40	-3,50	-3,50
GYF	2,80	0,20	0,30	2,50	-8,40	-9,70	-10,20	-8,30
HLT	1,30	0,00	0,50	1,40	-1,90	-3,50	-4,70	-2,80
JSQ	2,10	-1,10	-0,10	3,60	-6,80	-10,40	-6,80	-4,40
JRX	2,36	1,53	0,86	1,93	-2,36	-3,36	-4,27	-3,55
MSH	2,20	-0,20	-0,20	2,80	-6,10	-7,40	-5,20	-4,90
TYX	1,70	-1,30	-0,90	1,50	-1,36	-3,27	-2,64	-3,55
WY	4,10	1,40	1,80	3,10	-5,90	-4,60	-5,80	-3,70
ZBJ	1,70	-2,18	-0,30	1,70	-5,82	-6,00	-7,82	-5,27
ZDN	1,90	0,60	1,90	1,60	-0,30	-1,00	-1,10	-1,10
ZLL	2,73	0,10	-0,70	2,30	-2,82	-3,82	-3,55	-3,55
ZMY	2,90	0,10	-0,10	2,00	-6,73	-7,55	-8,20	-5,70
ZXF	2,30	0,60	0,00	0,50	-3,89	-3,56	-2,89	-2,30
Moy Inter	2,29	-0,04	0,18	1,95	-4,34	-5,35	-5,13	-4,05
ET Inter	0,70	0,99	0,85	0,89	2,38	2,64	2,47	1,70

Tableau 109 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 40% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/i/ 40%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	1,56	-2,78	-4,44	-2,11	-7,40	-7,70	-7,10	-7,00
GYF	2,90	-1,70	-3,90	1,50	-7,70	-8,40	-11,80	-8,80
HLT	1,50	-1,50	-1,60	1,20	-2,60	-4,30	-5,10	-4,10
JSQ	1,70	-2,50	-3,10	0,60	-7,80	-11,20	-11,40	-7,70
JRX	2,29	0,40	-1,36	0,86	-4,00	-5,91	-7,64	-7,55
MSH	1,60	-1,50	-2,40	0,90	-8,10	-9,90	-8,60	-7,40
TYX	1,30	-1,30	-3,90	1,60	-1,55	-3,36	-4,09	-4,18
WY	3,80	0,30	0,70	3,70	-4,60	-8,00	-9,00	-7,50
ZBJ	1,60	-3,64	-2,60	0,60	-5,82	-7,64	-10,27	-7,55
ZDN	2,40	-0,60	1,10	-0,40	-0,20	-1,00	-1,70	-1,40
ZLL	3,64	-0,60	-3,10	0,60	-3,27	-5,73	-5,82	-4,55
ZMY	2,80	-1,50	-1,60	1,80	-7,27	-7,00	-8,90	-7,80
ZXF	2,40	-2,20	-4,40	-2,00	-4,00	-4,33	-4,67	-3,90
Moy Inter	2,27	-1,47	-2,35	0,68	-4,95	-6,50	-7,39	-6,11
ET Inter	0,79	1,12	1,71	1,48	2,51	2,68	2,89	2,12

Tableau 110 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 60% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/i/ 60%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	1,11	-1,56	-8,33	-1,33	-9,20	-9,60	-10,00	-9,00
GYF	3,00	0,00	-8,00	1,30	-8,10	-9,90	-13,90	-11,60
HLT	1,10	-2,20	-4,30	1,00	-3,90	-4,50	-4,90	-5,10
JSQ	0,80	-2,00	-6,90	-5,10	-8,90	-8,90	-13,20	-11,40
JRX	2,14	-0,07	-4,21	-2,29	-5,73	-7,82	-10,82	-11,27
MSH	1,20	-1,60	-5,60	-1,80	-10,10	-9,90	-11,40	-9,40
TYX	1,70	1,40	-5,60	-2,20	-2,09	-2,64	-5,45	-3,64
WY	4,20	0,00	-1,90	-1,00	-5,40	-10,20	-10,90	-10,30
ZBJ	0,90	-2,73	-4,50	-2,00	-7,45	-9,55	-11,91	-9,91
ZDN	3,20	0,10	-1,90	-2,00	0,50	-0,90	-2,10	-1,80
ZLL	4,00	1,60	-4,70	-1,00	-2,64	-5,73	-7,73	-5,55
ZMY	2,90	-1,40	-4,50	0,60	-7,18	-6,91	-9,10	-9,30
ZXF	2,20	-1,10	-7,90	-1,30	-4,00	-5,89	-5,89	-6,50
Moy Inter	2,19	-0,73	-5,26	-1,32	-5,71	-7,11	-9,02	-8,06
ET Inter	1,13	1,30	2,02	1,60	3,04	2,91	3,42	3,08

Tableau 111 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 80% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/i/ 80%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	0,11	0,89	-10,78	-2,22	-11,10	-9,50	-11,40	-10,70
GYF	2,40	3,40	-7,20	2,10	-11,50	-12,20	-15,00	-12,90
HLT	-0,40	-3,20	-6,50	-0,10	-4,50	-4,70	-6,40	-7,60
JSQ	2,00	2,20	-9,20	-7,70	-10,50	-7,40	-14,10	-15,10
JRX	1,57	0,27	-7,43	-5,86	-7,82	-6,64	-12,91	-14,55
MSH	1,50	1,10	-7,70	-2,50	-11,10	-9,80	-12,20	-11,20
TYX	1,40	4,80	-8,40	-4,30	-1,82	-1,27	-5,82	-5,27
WY	4,30	-0,60	-5,20	-5,50	-7,50	-10,30	-12,50	-12,80
ZBJ	1,10	-1,64	-7,00	-4,90	-9,27	-10,45	-13,36	-12,64
ZDN	2,80	0,90	-4,60	-1,10	-0,10	0,80	-1,60	-2,00
ZLL	4,00	3,70	-7,00	-4,20	-3,91	-4,55	-8,27	-6,27
ZMY	2,20	1,10	-6,20	-1,90	-7,18	-6,55	-9,10	-9,90
ZXF	1,10	1,40	-9,90	-2,30	-6,00	-6,78	-7,33	-7,40
Moy Inter	**1,85**	**1,10**	**-7,47**	**-3,11**	**-7,10**	**-6,87**	**-10,00**	**-9,87**
ET Inter	**1,29**	**2,09**	**1,69**	**2,54**	**3,55**	**3,61**	**3,79**	**3,77**

Tableau 112 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 100% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/i/ 100%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	-4,22	-2,33	-12,22	-6,78	-12,80	-11,00	-12,30	-12,80
GYF	-2,90	-0,50	-11,20	-2,50	-12,00	-10,60	-18,40	-18,00
HLT	-3,40	-6,80	-9,90	-4,60	-6,10	-5,70	-7,60	-8,60
JSQ	-0,70	-0,10	-10,00	-10,20	-16,10	-11,60	-16,40	-17,40
JRX	-4,86	-3,93	-9,64	-10,57	-8,00	-8,18	-13,00	-16,18
MSH	-2,20	-1,30	-10,20	-7,20	-12,70	-11,30	-13,50	-13,20
TYX	-3,20	1,10	-8,90	-9,80	-5,18	-3,09	-9,64	-7,00
WY	-0,70	-4,20	-10,60	-11,00	-11,20	-11,80	-14,10	-13,20
ZBJ	-3,20	-5,45	-9,90	-9,10	-13,00	-11,64	-15,36	-15,73
ZDN	-1,90	-2,60	-7,00	-4,20	-1,70	-1,70	-2,50	-3,60
ZLL	-1,36	-1,20	-8,50	-10,40	-7,27	-7,09	-9,55	-9,82
ZMY	-1,50	-1,50	-8,70	-7,20	-9,27	-9,27	-10,40	-11,20
ZXF	-2,80	-2,40	-12,50	-7,20	-6,11	-7,11	-7,67	-7,70
Moy Inter	**-2,53**	**-2,40**	**-9,94**	**-7,75**	**-9,34**	**-8,47**	**-11,57**	**-11,88**
ET Inter	**1,23**	**2,13**	**1,45**	**2,62**	**3,88**	**3,24**	**4,11**	**4,21**

Contexte /pu/

Tableau 113 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 20% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/u/ 20%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	3,56	1,67	2,00	3,11	1,10	-1,00	0,55	0,18
GYF	4,90	4,10	4,10	5,20	-0,40	0,50	-1,00	-2,60
HLT	3,10	1,90	1,70	3,50	-5,70	-4,27	-7,91	-6,30
JSQ	6,10	3,20	2,10	6,30	-13,20	-12,80	-8,70	-9,90
JRX	4,79	4,64	3,14	3,93	-1,55	-3,27	-3,82	-2,55
MSH	3,30	1,40	2,70	4,00	-3,00	-4,30	-5,20	-4,80
TYX	4,40	2,40	2,27	4,70	-1,09	-0,18	0,00	-0,45
WY	3,70	2,80	3,20	2,00	-3,40	-2,60	-0,20	0,80
ZBJ	2,20	-0,18	0,73	1,82	-2,45	-7,09	-4,82	-4,73
ZDN	3,90	3,10	1,90	4,10	-0,20	-0,30	-0,20	0,30
ZLL	4,20	3,70	2,70	3,90	-0,09	-3,33	-2,82	-1,82
ZMY	4,90	2,78	1,70	4,00	-2,90	-6,60	-6,50	-7,00
ZXF	3,50	2,20	1,90	3,30	-1,22	-1,44	-1,22	0,67
Moy Inter	**4,04**	**2,59**	**2,32**	**3,84**	**-2,62**	**-3,59**	**-3,22**	**-2,94**
ET Inter	**0,96**	**1,21**	**0,82**	**1,15**	**3,49**	**3,49**	**3,06**	**3,26**

Tableau 114 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 40% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/u/ 40%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	3,67	0,11	0,33	2,00	-1,40	-3,70	0,00	-1,45
GYF	6,30	4,00	1,30	5,70	-2,10	-1,60	-2,70	-4,60
HLT	3,00	-0,20	-1,00	4,30	-4,80	-4,73	-8,27	-6,30
JSQ	6,30	3,50	1,60	6,60	-15,60	-14,00	-11,10	-12,90
JRX	4,43	4,07	1,79	3,07	-3,45	-5,09	-6,36	-5,27
MSH	3,10	-0,90	0,80	2,60	-4,10	-5,90	-6,50	-6,00
TYX	3,80	1,50	-1,00	4,00	-2,09	-2,18	-2,00	-1,27
WY	3,20	0,40	1,20	2,00	-4,40	-3,30	-3,00	-2,90
ZBJ	1,60	-2,36	-1,73	1,36	-3,09	-8,73	-5,73	-6,64
ZDN	4,50	2,10	1,00	5,60	-0,70	-0,60	-0,40	0,40
ZLL	4,10	2,40	0,50	4,30	-1,36	-4,50	-3,27	-3,45
ZMY	5,80	1,44	1,10	6,11	-4,10	-7,10	-6,80	-8,10
ZXF	3,60	0,40	-0,60	2,10	-2,78	-3,89	-3,56	-2,00
Moy Inter	**4,11**	**1,27**	**0,41**	**3,83**	**-3,84**	**-5,02**	**-4,59**	**-4,65**
ET Inter	**1,32**	**1,87**	**1,08**	**1,71**	**3,61**	**3,34**	**3,08**	**3,37**

Tableau 115 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 60% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/u/ 60%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	3,44	0,22	-3,11	3,00	-2,80	-3,40	-2,36	-3,55
GYF	6,90	4,80	-4,00	6,20	-1,70	-0,20	-1,30	-5,30
HLT	2,50	-1,80	-5,20	3,20	-5,50	-5,00	-8,00	-6,60
JSQ	5,90	3,80	-1,10	3,20	-15,80	-13,40	-13,10	-13,50
JRX	4,00	2,79	-1,57	-0,07	-6,45	-6,09	-8,18	-8,36
MSH	2,30	-3,10	-3,90	-1,30	-4,50	-6,40	-7,90	-7,40
TYX	3,30	0,30	-4,09	0,90	-2,36	-2,18	-2,64	-2,45
WY	2,00	0,60	-3,60	-1,70	-4,90	-5,00	-5,00	-5,00
ZBJ	1,50	-3,55	-4,36	1,09	-3,82	-7,91	-7,73	-7,82
ZDN	4,50	1,50	-1,30	4,50	-0,30	-0,30	-0,30	1,60
ZLL	3,70	1,80	-4,20	3,70	-0,82	-5,42	-5,64	-4,91
ZMY	5,90	-0,11	-2,30	6,67	-3,80	-7,30	-7,40	-8,40
ZXF	3,40	0,40	-4,30	3,10	-3,11	-3,67	-5,11	-3,22
Moy Inter	**3,80**	**0,59**	**-3,31**	**2,50**	**-4,30**	**-5,10**	**-5,74**	**-5,76**
ET Inter	**1,57**	**2,36**	**1,27**	**2,50**	**3,74**	**3,34**	**3,37**	**3,50**

Tableau 116 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 80% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/u/ 80%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	2,67	2,44	-6,11	0,78	-3,20	-3,20	-2,91	-5,00
GYF	7,00	7,50	-4,90	5,80	-2,00	0,90	-1,90	-6,50
HLT	3,10	-0,90	-6,70	1,90	-5,80	-4,00	-8,18	-6,80
JSQ	5,90	4,50	-3,50	-1,70	-14,20	-12,40	-14,60	-15,50
JRX	4,14	4,00	-5,21	-0,07	-6,09	-6,82	-10,09	-9,18
MSH	2,40	-1,10	-5,90	-4,10	-4,30	-5,30	-9,20	-7,60
TYX	4,10	3,40	-5,36	-2,60	-3,36	0,09	-3,09	-2,36
WY	2,00	0,40	-7,30	-4,70	-3,30	-3,50	-5,60	-5,50
ZBJ	2,30	-2,82	-6,73	-0,18	-4,27	-5,91	-8,82	-8,82
ZDN	4,20	1,10	-2,80	1,10	0,00	0,10	-0,50	1,30
ZLL	2,80	1,90	-8,10	-0,70	-2,73	-4,42	-6,09	-6,64
ZMY	5,30	4,56	-4,10	3,78	-3,80	-6,20	-6,90	-9,30
ZXF	2,60	2,60	-6,90	1,10	-3,11	-2,44	-5,78	-4,11
Moy Inter	**3,73**	**2,12**	**-5,66**	**0,03**	**-4,32**	**-4,08**	**-6,44**	**-6,62**
ET Inter	**1,49**	**2,69**	**1,49**	**2,82**	**3,22**	**3,39**	**3,69**	**3,82**

Tableau 117 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 100% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/u/ 100%-0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	0,44	1,44	-7,44	-2,44	-4,40	-4,80	-3,82	-6,18
GYF	4,30	5,40	-5,80	1,60	-7,80	-1,00	-7,10	-8,10
HLT	0,70	-2,60	-8,10	-0,60	-8,10	-6,45	-10,00	-8,90
JSQ	3,60	4,80	-3,80	-4,90	-15,00	-10,30	-15,10	-15,50
JRX	-0,36	2,00	-7,14	-3,57	-9,27	-8,09	-11,09	-10,82
MSH	0,60	-0,30	-7,40	-5,80	-5,40	-5,50	-10,40	-9,40
TYX	2,00	3,70	-6,73	-5,00	-5,91	-2,09	-6,82	-5,91
WY	-2,20	-3,80	-11,50	-8,90	-5,90	-4,10	-7,00	-6,30
ZBJ	0,90	-4,55	-8,73	-3,64	-8,73	-8,18	-9,64	-10,18
ZDN	0,50	-0,40	-4,90	-2,90	-0,70	-0,40	-1,20	0,00
ZLL	-0,60	0,30	-9,50	-5,30	-4,36	-6,33	-5,91	-8,27
ZMY	2,40	4,56	-5,80	-1,67	-4,80	-4,60	-7,70	-10,20
ZXF	0,50	1,60	-8,20	-2,10	-5,56	-4,56	-6,67	-7,11
Moy Inter	**0,98**	**0,93**	**-7,31**	**-3,48**	**-6,61**	**-5,11**	**-7,88**	**-8,22**
ET Inter	**1,67**	**3,11**	**1,94**	**2,53**	**3,25**	**2,75**	**3,34**	**3,41**

Annexe 4

Les valeurs relatives de F0

Contexte /pa/

Tableau 118 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 20% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/a/ 20%-0%	T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra
FSY	-7,56		-21,47		-32,81		-21,89	
GYF	-23,23		5,08		-16,92		-21,37	
HLT	-24,02		-34,90		-14,00		-33,11	
JSQ	-17,09		-23,81		-38,48		-7,27	
JRX	-9,71		-31,68		-22,83		-17,50	
MSH	-6,90		-27,31		-45,00		-9,90	
TYX	-28,00		-38,50		-39,29		-18,19	
WY	-19,00		-59,77		-28,10		-11,00	
ZBJ	-29,33		-19,52		-32,78		-15,60	
ZDN	-4,55		-12,97		-19,25		-12,30	
ZLL	-13,37		-27,98		-21,04		-33,88	
ZMY	-12,75		-24,87		-28,71		-10,48	
ZXF	-5,42		-18,49		-20,36		-8,90	
Moy Inter	-15,46		-25,86		-27,66		-17,03	
ET Inter	8,31		14,34		9,20		8,33	

Tableau 119 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 40% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/a/ 40%-0%	T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra
FSY	-60,78		-25,25		-56,88		-35,22	
GYF	-23,97		-5,79		-69,63		-42,68	
HLT	-26,68		-49,20		-44,29		-39,70	
JSQ	-19,27		-28,11		-55,03		-22,09	
JRX	-12,57		-40,39		-42,42		-39,50	
MSH	-10,50		-31,81		-67,70		-23,80	
TYX	-26,60		-75,42		-58,89		-44,06	
WY	-21,60		-64,31		-68,50		-28,80	
ZBJ	-25,93		-58,71		-83,67		-28,11	
ZDN	-4,55		-14,47		-40,50		-29,40	
ZLL	-12,95		-35,18		-31,70		-53,65	
ZMY	-13,19		-33,64		-68,63		-17,30	
ZXF	-5,83		-23,68		-41,24		-22,40	
Moy Inter	-20,34		-37,38		-56,08		-32,82	
ET Inter	13,82		19,15		14,63		10,19	

Tableau 120 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 60% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/a/ 60%-0%	T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra
FSY	-6,89		-22,58		-50,50		-59,44	
GYF	-22,75		-0,08		-77,54		-67,00	
HLT	-26,55		-49,99		-56,86		-53,70	
JSQ	-20,91		-23,36		-62,49		-45,18	
JRX	-14,00		-39,96		-55,62		-66,36	
MSH	-12,70		-32,01		-92,41		-43,50	
TYX	-24,80		-50,57		-82,77		-91,03	
WY	-16,90		-65,29		-111,89		-55,50	
ZBJ	-26,43		-71,57		-89,29		-57,44	
ZDN	-4,83		-14,57		-55,95		-56,29	
ZLL	-14,11		-36,36		-69,95		-81,00	
ZMY	-13,86		-27,76		-85,72		-37,63	
ZXF	-4,83		-21,86		-61,64		-47,50	
Moy Inter	-16,12		-35,07		-73,28		-58,58	
ET Inter	7,46		19,43		17,63		14,40	

Tableau 121 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 80% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/a/ 80%-0%	T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra
FSY	-4,00		-11,25		-34,75		-83,22	
GYF	-21,04		8,35		-74,75		-80,35	
HLT	-24,02		-43,73		-55,50		-66,71	
JSQ	-19,82		-12,47		-73,63		-71,42	
JRX	-9,36		-32,32		-85,22		-87,43	
MSH	-10,30		-28,41		-99,53		-55,10	
TYX	-24,00		-22,50		-80,86		-125,69	
WY	-13,00		-38,17		-124,80		-76,17	
ZBJ	-23,73		-51,57		-65,17		-73,86	
ZDN	-1,37		-5,92		-51,25		-77,73	
ZLL	-10,81		-30,06		-63,70		-102,91	
ZMY	-9,97		-15,31		-86,00		-57,86	
ZXF	-2,33		-9,13		-96,39		-67,50	
Moy Inter	-13,37		-22,50		-76,27		-78,92	
ET Inter	8,00		16,21		22,48		18,05	

Tableau 122 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 100% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/a/ 100%-0%	T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra
FSY	-8,00		-1,69		-33,25		-95,89	
GYF	-21,76		10,66		-67,00		-88,46	
HLT	-25,02		-26,60		-52,17		-76,75	
JSQ	-22,00		0,89		-61,11		-94,09	
JRX	-11,00		-26,04		-80,62		-103,64	
MSH	-8,10		-19,01		-84,95		-57,40	
TYX	-27,00		-14,54		-54,54		-113,89	
WY	-19,20		-11,04		-115,00		-89,17	
ZBJ	-25,33		6,04		-46,17		-88,14	
ZDN	-3,74		-2,33		-41,25		-66,90	
ZLL	-10,73		-21,58		-60,20		-100,68	
ZMY	-11,52		1,80		-84,33		-68,86	
ZXF	-12,08		1,78		-73,39		-78,90	
Moy Inter	-15,81		-7,82		-65,69		-86,37	
ET Inter	7,51		12,14		21,16		15,44	

Contexte /pi/

Tableau 123 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 20% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/i/ 20%-0%	T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra
FSY	-6,22		-14,50		-31,31		-12,00	
GYF	-12,90		-32,55		-35,88		-22,95	
HLT	-9,10		-23,70		-20,20		-15,70	
JSQ	-9,20		-17,10		-23,46		-13,20	
JRX	-13,07		-22,73		-25,36		-13,79	
MSH	-8,80		-14,40		-18,40		-26,40	
TYX	-6,70		-15,60		-18,50		-14,10	
WY	-5,70		-8,50		-21,90		-20,30	
ZBJ	-8,12		-16,63		-33,73		-21,30	
ZDN	-8,67		-13,70		-13,33		-20,70	
ZLL	-14,37		-9,56		-25,00		-12,81	
ZMY	-1,40		-6,90		-20,54		-3,90	
ZXF	-7,80		-13,70		-17,31		-14,40	
Moy Inter	-8,62		-16,12		-23,45		-16,27	
ET Inter	3,31		6,66		6,44		5,66	

Tableau 124 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 40% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/i/ 40%-0%	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	-8,00	-18,06	-56,50	-28,44
GYF	-13,03	-38,33	-58,18	-42,74
HLT	-7,80	-25,30	-34,60	-22,60
JSQ	-9,30	-22,00	-40,46	-32,00
JRX	-14,57	-29,67	-52,07	-29,14
MSH	-12,30	-22,60	-39,13	-42,80
TYX	-6,10	-26,60	-32,90	-32,50
WY	0,00	-16,60	-47,10	-39,10
ZBJ	-6,72	-13,18	-49,13	-38,10
ZDN	-6,57	-17,20	-20,67	-38,70
ZLL	-12,48	-12,47	-36,10	-33,71
ZMY	0,80	-10,30	-45,90	-14,20
ZXF	-9,90	-17,20	-42,16	-29,70
Moy Inter	**-8,15**	**-20,73**	**-42,68**	**-32,60**
ET Inter	**4,48**	**7,51**	**9,99**	**7,82**

Tableau 125 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 60% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/i/ 60%-0%	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	-6,56	-14,61	-98,08	-48,78
GYF	-10,61	-31,10	-81,78	-61,48
HLT	-7,20	-23,58	-66,98	-33,40
JSQ	-9,50	-19,20	-69,70	-60,50
JRX	-13,93	-30,07	-71,06	-56,57
MSH	-12,00	-20,66	-75,00	-61,70
TYX	-4,50	-26,80	-78,50	-52,30
WY	3,10	-8,70	-66,80	-72,20
ZBJ	-6,72	-13,13	-75,13	-61,70
ZDN	-3,47	-14,30	-31,22	-59,80
ZLL	-10,40	-8,56	-55,52	-59,96
ZMY	2,80	-5,80	-61,23	-34,00
ZXF	-8,60	-12,70	-61,51	-54,00
Moy Inter	**-6,74**	**-17,63**	**-68,65**	**-55,11**
ET Inter	**4,98**	**8,01**	**14,96**	**10,61**

Tableau 126 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 80% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

-3,78	-4,50	-99,75	-76,33
-9,80	-22,89	-104,65	-74,58
-11,20	-16,66	-84,85	-49,50
-4,60	-0,40	-78,72	-100,11
-11,57	-22,53	-103,82	-84,86
-9,80	-15,70	-95,68	-70,10
-2,00	-17,27	-84,38	-78,60
7,00	12,70	-79,83	-100,43
-6,02	4,11	-100,46	-73,35
-2,07	-5,70	-46,33	-77,00
-9,03	-1,03	-82,10	-76,71
6,60	9,40	-86,00	-57,70
-6,20	-2,50	-82,21	-81,90
-4,80	**-6,38**	**-86,83**	**-77,01**
5,84	**11,27**	**14,80**	**13,50**

Tableau 127 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 100% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/i/ 100%-0%	T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra
FSY	-8,44		6,28		-99,50		-95,67	
GYF	-24,26		-19,13		-117,21		-85,59	
HLT	-18,80		-8,24		-71,43		-66,30	
JSQ	-11,70		6,70		-66,36		-132,40	
JRX	-14,21		-18,47		-105,89		-102,21	
MSH	-12,20		-11,00		-94,97		-85,50	
TYX	-11,30		-5,60		-91,00		-88,50	
WY	-0,10		32,70		-79,26		-110,73	
ZBJ	-8,02		13,03		-113,13		-85,38	
ZDN	-11,97		-0,60		-45,14		-90,40	
ZLL	-14,91		7,91		-94,03		-83,69	
ZMY	0,60		22,10		-84,73		-84,00	
ZXF	-10,80		6,90		-84,31		-94,58	
Moy Inter	**-11,24**		**2,51**		**-88,23**		**-92,69**	
ET Inter	**6,41**		**14,59**		**19,04**		**15,28**	

Contexte /pu/

Tableau 128 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 20% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/u/ 20%-0%	T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra
FSY	-4,11		-13,78		-25,06		-1,89	
GYF	-4,20		-11,83		-20,38		-11,34	
HLT	-2,30		-19,33		-13,20		-12,30	
JSQ	3,80		-20,67		-23,14		-0,10	
JRX	-7,43		-20,07		-14,32		-13,07	
MSH	-10,10		-16,42		-19,10		-8,70	
TYX	-3,30		-27,13		-38,13		-8,20	
WY	-2,10		-19,90		-21,50		-7,70	
ZBJ	-11,00		-10,73		-18,56		-16,55	
ZDN	-4,60		-8,29		-25,02		-7,10	
ZLL	-8,41		-15,41		-22,92		-15,10	
ZMY	-0,90		-6,81		-21,60		-4,11	
ZXF	-1,10		-12,80		-19,11		2,00	
Moy Inter	**-4,29**		**-15,63**		**-21,70**		**-8,01**	
ET Inter	**3,95**		**5,49**		**5,87**		**5,51**	

Tableau 129 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 40% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/u/ 40%-0%	T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra
FSY	-7,11		-17,00		-44,04		-19,33	
GYF	-3,67		-14,09		-44,00		-28,03	
HLT	-1,60		-23,53		-33,29		-19,90	
JSQ	5,90		-24,84		-26,71		-17,00	
JRX	-7,21		-23,36		-29,86		-32,29	
MSH	-13,10		-25,40		-39,60		-27,50	
TYX	-2,50		-31,79		-65,45		-21,90	
WY	2,00		-25,90		-42,40		-30,40	
ZBJ	-12,30		-17,44		-36,20		-37,00	
ZDN	-3,00		-6,85		-44,16		-19,40	
ZLL	-8,23		-17,49		-40,40		-37,91	
ZMY	2,40		-14,92		-47,78		-19,44	
ZXF	-3,80		-16,90		-38,67		-13,40	
Moy Inter	**-4,02**		**-19,96**		**-40,97**		**-24,88**	
ET Inter	**5,36**		**6,30**		**9,17**		**7,53**	

Tableau 130 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 60% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/u/ 60%-0%	T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra
FSY	-6,56		-12,11		-60,67		-47,56	
GYF	-2,37		-9,47		-66,78		-47,08	
HLT	-2,20		-16,23		-58,83		-31,10	
JSQ	7,90		-20,34		-35,74		-52,50	
JRX	-6,86		-23,50		-49,06		-62,07	
MSH	-15,60		-23,40		-64,58		-51,90	
TYX	-1,30		-31,48		-88,99		-34,87	
WY	2,40		-17,70		-54,90		-61,20	
ZBJ	-8,20		-6,71		-40,49		-61,74	
ZDN	-1,80		-3,63		-53,63		-39,00	
ZLL	-8,50		-13,49		-44,10		-64,74	
ZMY	3,90		-10,36		-65,63		-46,67	
ZXF	-3,80		-10,70		-42,78		-41,90	
Moy Inter	**-3,31**		**-15,32**		**-55,86**		**-49,41**	
ET Inter	**5,84**		**7,49**		**13,65**		**10,49**	

Tableau 131 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 80% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/u/ 80%-0%	T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra
FSY	-4,33		2,22		-93,97		-71,67	
GYF	0,56		1,37		-78,90		-60,17	
HLT	-0,40		0,88		-72,00		-46,80	
JSQ	9,80		-11,04		-53,71		-90,28	
JRX	-2,64		-15,93		-60,94		-84,07	
MSH	-12,90		-18,53		-90,66		-65,40	
TYX	1,30		-10,20		-80,37		-48,00	
WY	6,20		2,70		-63,30		-81,97	
ZBJ	-6,50		-1,86		-24,20		-81,14	
ZDN	0,90		8,47		-49,54		-52,14	
ZLL	-6,49		-5,59		-47,54		-79,77	
ZMY	6,30		8,53		-64,80		-75,85	
ZXF	-1,20		3,80		-54,44		-66,80	
Moy Inter	**-0,72**		**-2,71**		**-64,18**		**-69,54**	
ET Inter	**5,87**		**8,49**		**18,47**		**13,80**	

Tableau 132 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 100% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels.

/u/ 100%-0%	T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra	Moy	Intra
FSY	-9,78		15,33		-76,57		-83,67	
GYF	-6,61		3,20		-79,44		-69,20	
HLT	-8,70		3,76		-65,43		-64,70	
JSQ	6,20		0,66		-38,81		-107,61	
JRX	-16,86		-11,57		-55,24		-103,29	
MSH	-15,40		-7,20		-103,00		-73,80	
TYX	-4,80		0,47		-66,99		-71,77	
WY	-4,70		20,47		-64,23		-95,97	
ZBJ	-14,90		32,38		-16,53		-92,64	
ZDN	-9,20		13,78		-45,54		-59,33	
ZLL	-8,40		2,70		-44,10		-82,60	
ZMY	1,30		22,64		-72,50		-94,35	
ZXF	-6,30		16,80		-51,44		-75,50	
Moy Inter	-7,55		8,72		-59,99		-82,65	
ET Inter	6,19		12,14		20,85		14,57	

Annexe 5

Les valeurs absolues de F1 en Hz

Contexte /pa/

Tableau 133 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	799,89	92,19	844,22	123,01	848,33	153,70	775,89	71,53	919,70	126,26	950,90	157,05	976,09	109,40	869,22	91,77
GYF	807,80	98,69	824,40	85,76	855,90	98,42	744,30	31,34	787,00	150,14	784,60	123,25	773,33	89,66	831,80	93,05
HLT	869,11	93,83	732,30	110,96	821,90	96,45	793,40	44,78	1015,25	126,85	960,80	90,68	979,40	121,55	1015,00	182,18
JSQ	893,36	68,72	1052,18	148,40	990,18	105,86	934,64	78,67	885,80	68,14	846,70	104,99	868,70	122,98	994,60	69,66
JRX	776,57	58,49	743,57	81,93	835,14	65,07	873,00	32,41	810,73	56,88	804,36	74,94	843,36	87,94	821,45	52,59
MSH	970,90	28,97	1018,70	32,54	1047,00	39,28	979,30	21,58	1002,00	58,78	974,20	49,12	1022,70	49,67	972,60	65,62
TYX	793,80	69,20	910,50	59,91	881,20	38,07	843,50	65,20	914,62	83,20	907,33	60,10	889,75	79,02	876,33	109,58
WY	886,60	88,34	922,30	71,96	909,20	44,56	911,50	76,71	1053,40	68,20	1036,50	73,86	1072,80	58,24	1014,20	120,50
ZBJ	806,20	29,32	860,82	63,40	800,00	52,66	769,40	63,24	898,27	85,85	904,36	70,06	881,82	97,11	898,36	128,35
ZDN	838,64	58,12	899,82	44,46	919,60	49,50	913,30	60,09	1094,60	136,57	1077,80	137,03	973,50	122,80	1071,20	116,52
ZLL	962,30	24,37	901,70	87,85	961,70	38,82	976,60	41,63	975,45	72,58	1007,27	73,41	993,36	62,85	1005,09	58,89
ZMY	999,44	40,48	995,67	64,42	1027,67	29,55	1020,78	35,93	927,10	89,85	989,70	64,72	970,90	98,65	1023,20	98,29
ZXF	813,33	95,22	879,27	150,42	838,60	146,14	789,30	101,75	1069,33	172,52	1052,57	191,10	1053,14	160,18	982,38	137,92
Moy Inter	**862,92**		**891,19**		**902,80**		**871,15**		**950,25**		**945,93**		**946,07**		**951,96**	
ET Inter	**71,90**		**91,73**		**78,08**		**88,44**		**91,53**		**88,93**		**84,44**		**78,47**	

Tableau 134 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	976,78	66,15	1065,50	44,08	1045,13	62,36	1101,78	71,58	1102,90	43,83	1092,82	83,79	1177,56	59,29	1067,60	83,67
GYF	1055,10	59,34	1067,80	51,81	1057,20	57,85	1064,90	63,29	1062,60	25,49	1075,30	36,23	1060,00	25,71	1054,50	46,21
HLT	1031,64	150,00	1008,10	83,25	1070,22	89,97	950,30	112,54	1168,00	64,97	1172,30	47,54	1190,40	40,46	1177,40	59,38
JSQ	1180,64	29,29	1183,18	38,59	1185,82	37,43	1090,73	102,71	1229,20	55,55	1237,00	41,71	1220,40	62,88	1231,00	46,39
JRX	998,07	17,89	994,93	38,58	1048,07	41,71	1078,86	24,27	1115,36	56,56	1100,09	38,15	1109,91	41,77	1104,09	38,08
MSH	1059,20	22,77	1086,10	31,97	1082,73	33,49	1042,00	33,13	1132,10	38,46	1153,70	39,34	1148,50	32,96	1149,40	27,28
TYX	1012,10	82,28	1110,10	24,70	1079,90	34,92	1072,50	52,31	1220,31	38,72	1243,92	58,62	1207,42	56,03	1203,92	52,63
WY	1117,75	115,48	1103,60	37,50	1142,70	39,12	1187,33	79,96	1250,20	37,15	1269,80	65,44	1260,30	39,90	1238,20	43,84
ZBJ	996,50	62,05	1065,82	85,17	1059,30	37,51	937,50	69,35	1126,73	36,06	1187,64	68,96	1135,73	38,54	1137,91	49,01
ZDN	1001,82	40,10	1045,91	37,75	1071,90	31,90	1048,80	58,27	1193,30	53,59	1142,10	42,91	1149,20	27,94	1159,00	41,94
ZLL	1092,33	52,41	1072,00	39,32	1109,50	69,88	1057,22	81,63	1196,55	41,52	1161,91	96,28	1210,73	42,44	1202,36	27,90
ZMY	1094,89	70,52	1200,78	25,27	1179,67	29,73	1117,78	76,93	1226,30	50,47	1301,43	20,35	1301,14	44,71	1297,88	54,72
ZXF	965,00	64,49	1120,09	105,24	1074,90	79,62	1095,00	90,39	1192,67	85,95	1171,67	46,01	1210,22	87,28	1201,33	114,50
Moy Inter	**1044,75**		**1086,45**		**1092,85**		**1064,98**		**1170,48**		**1177,67**		**1183,19**		**1171,12**	
ET Inter	**60,42**		**56,83**		**45,71**		**62,74**		**55,28**		**66,60**		**61,12**		**66,61**	

Tableau 135 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	957,33	79,97	1068,67	67,34	1163,25	60,13	1100,00	31,89	1097,90	71,60	1062,40	102,26	1114,33	194,52	1136,75	74,35
GYF	1147,20	114,06	1165,56	57,83	1124,70	39,32	1168,80	28,33	1127,20	44,92	1120,50	39,14	1136,40	55,75	1119,30	35,54
HLT	1201,50	110,30	1118,00	102,12	1195,10	64,07	1140,13	96,04	1202,10	46,89	1200,70	56,52	1246,50	87,53	1181,89	30,52
JSQ	1188,50	22,78	1224,64	54,54	1182,45	76,42	1193,44	76,07	1280,10	29,65	1265,80	30,79	1262,56	56,59	1262,10	47,72
JRX	1085,79	46,90	1067,64	26,22	1152,50	37,59	1138,71	37,99	1134,73	49,94	1188,18	28,92	1183,00	48,12	1157,64	61,17
MSH	1062,70	20,84	1109,90	43,01	1105,55	40,31	1096,00	36,04	1156,40	42,34	1189,30	75,00	1214,30	64,87	1168,10	35,61
TYX	1103,11	51,85	1166,10	47,50	1126,40	27,58	1100,60	83,48	1262,00	48,16	1283,25	39,27	1283,82	45,48	1270,42	65,96
WY	1222,88	77,10	1187,00	94,95	1141,80	38,96	1211,89	27,74	1305,11	63,43	1297,57	77,99	1287,22	54,57	1289,88	95,44
ZBJ	1037,22	151,89	1127,82	89,52	1109,80	64,45	992,50	57,94	1162,09	59,01	1203,64	91,29	1191,70	78,55	1197,64	54,06
ZDN	1090,82	45,77	1091,00	47,95	1130,60	22,11	1094,50	26,91	1191,10	33,97	1167,30	30,74	1174,60	30,89	1203,70	41,53
ZLL	1161,29	95,46	1157,40	121,08	1185,10	81,87	1094,63	93,09	1207,91	35,51	1233,00	44,30	1210,90	47,76	1205,91	46,64
ZMY	1200,33	62,03	1205,67	36,76	1211,00	19,72	1179,67	36,56	1304,10	72,60	1332,67	45,98	1324,00	59,89	1284,75	53,57
ZXF	953,75	70,31	1148,36	124,61	1165,00	63,99	1102,50	31,70	1175,67	38,73	1181,00	89,07	1210,71	106,68	1193,56	49,60
Moy Inter	**1108,65**		**1141,37**		**1153,33**		**1124,10**		**1200,49**		**1209,64**		**1218,46**		**1205,51**	
ET Inter	**85,79**		**47,74**		**32,27**		**55,14**		**65,75**		**70,83**		**58,49**		**53,66**	

Tableau 136 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	992,22	59,10	1035,11	82,01	1141,89	91,49	957,56	45,48	1087,33	84,24	1069,64	132,08	927,22	115,98	1106,11	115,33
GYF	1109,78	71,95	1071,67	62,25	1100,00	56,64	1090,30	41,17	1112,30	49,06	1105,20	40,55	1090,60	58,55	1116,10	59,12
HLT	1225,92	86,97	1146,22	63,48	1220,44	72,84	1190,60	60,31	1203,30	52,37	1226,90	40,13	1182,33	70,06	1184,22	98,40
JSQ	1214,60	114,03	1234,50	76,12	1215,67	116,18	1177,27	30,07	1272,56	31,28	1254,50	45,92	1232,57	52,07	1284,70	54,85
JRX	1105,79	55,17	1077,29	51,01	1149,43	57,53	1106,57	36,78	1182,64	50,52	1196,09	48,61	1213,36	66,49	1171,00	67,67
MSH	1043,90	21,66	1124,60	46,71	1077,00	65,43	1044,00	25,83	1129,50	46,10	1181,22	81,04	1125,89	81,40	1140,40	59,25
TYX	1096,80	33,54	1150,50	38,28	1163,20	43,23	1109,50	41,10	1254,83	42,51	1339,70	75,96	1326,27	50,15	1270,80	77,85
WY	1114,86	96,76	1153,00	51,09	1182,80	36,44	1109,10	74,58	1261,29	72,13	1312,00	57,99	1286,75	39,69	1294,63	55,43
ZBJ	991,00	128,83	1106,30	100,77	1105,20	72,63	1014,90	38,53	1145,00	66,17	1222,30	68,93	1183,60	82,55	1162,00	55,68
ZDN	1067,82	46,74	1090,91	48,56	1101,50	69,63	1068,30	27,54	1160,30	49,64	1186,40	47,81	1149,90	78,37	1160,10	40,06
ZLL	1134,00	69,72	1149,20	115,33	1212,90	39,79	1134,89	52,15	1187,55	28,32	1188,00	51,55	1208,60	48,47	1207,18	37,00
ZMY	1120,11	46,03	1188,78	50,86	1195,78	52,14	1151,33	38,46	1269,00	53,86	1318,40	40,05	1357,33	62,04	1273,67	56,43
ZXF	977,92	75,48	1041,18	78,45	1111,80	60,46	952,10	38,25	1143,88	43,29	1162,89	97,66	1091,88	87,94	1197,67	80,45
Moy Inter	**1091,90**		**1120,71**		**1152,12**		**1085,11**		**1185,34**		**1212,56**		**1182,79**		**1197,58**	
ET Inter	**74,75**		**55,49**		**48,22**		**72,86**		**60,49**		**76,60**		**108,25**		**62,07**	

Tableau 137 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	862,88	113,10	790,22	106,91	1023,00	150,45	816,44	71,47	956,70	59,38	987,27	78,18	870,50	126,99	942,13	114,26
GYF	957,20	70,83	895,00	63,02	987,00	122,97	931,80	48,29	1024,30	45,32	1004,10	60,62	991,20	26,78	981,30	33,79
HLT	997,45	155,05	1007,13	80,66	1131,00	57,80	1059,60	87,11	1151,80	55,67	1156,20	79,63	1171,22	84,56	1147,40	73,35
JSQ	974,00	260,35	1146,88	68,99	1140,40	43,43	1079,50	83,01	1211,90	53,92	1178,10	43,26	1179,00	79,14	1189,90	108,65
JRX	965,57	31,30	968,86	45,10	1101,14	49,90	965,50	58,37	1144,09	42,49	1105,45	42,06	1166,36	141,14	1120,00	62,73
MSH	940,60	50,25	991,70	61,21	1062,27	73,87	986,60	32,76	1064,70	42,67	1116,90	92,19	1159,90	98,91	1057,00	51,59
TYX	954,70	46,45	1082,30	27,01	1105,00	47,86	1116,50	80,40	1190,38	45,72	1240,83	67,39	1226,00	70,14	1208,75	87,38
WY	987,67	58,01	1071,00	104,96	1072,40	46,01	987,10	55,57	1213,89	39,63	1220,10	56,24	1189,44	59,67	1148,00	49,80
ZBJ	912,50	81,98	992,64	78,56	1063,20	67,39	904,80	63,31	1035,73	54,60	1065,55	49,73	1048,64	64,79	1065,55	67,55
ZDN	846,91	86,33	943,18	78,36	1048,30	66,62	959,80	22,34	1083,50	50,10	1123,40	80,08	1090,80	99,61	1085,40	66,45
ZLL	980,11	72,52	977,30	51,26	1105,90	79,33	993,10	77,34	1133,36	45,60	1089,64	50,46	1111,00	69,29	1095,55	79,20
ZMY	985,44	72,38	1096,44	44,03	1134,00	52,77	1038,44	36,39	1153,50	56,77	1227,50	70,95	1216,56	64,57	1183,10	71,08
ZXF	846,27	101,74	825,09	144,24	1033,78	92,80	810,80	65,68	1066,44	68,32	1032,22	48,87	979,38	186,78	1064,67	99,69
Moy Inter	**939,33**		**983,67**		**1077,49**		**973,08**		**1110,02**		**1119,02**		**1107,69**		**1099,13**	
ET Inter	**52,42**		**99,90**		**45,17**		**88,54**		**75,45**		**80,25**		**102,99**		**76,10**	

Tableau 138 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	540,33	53,44	451,11	73,63	615,86	125,26	536,00	62,14	810,70	61,31	809,36	80,56	778,50	156,25	784,44	105,95
GYF	686,60	56,70	620,90	38,11	640,00	84,85	633,90	42,83	988,67	116,47	904,10	82,28	858,56	80,42	977,30	121,09
HLT	601,08	180,55	616,80	93,61	757,00	156,25	681,33	87,68	1017,30	122,25	1013,89	133,19	916,50	103,48	878,29	114,48
JSQ	519,38	76,04	713,89	203,89	1026,30	143,88	843,09	181,02	984,30	94,78	973,70	117,67	1002,86	99,64	954,30	108,75
JRX	490,50	32,87	479,57	70,33	1010,43	103,35	616,77	141,50	827,64	52,25	850,64	62,19	888,75	111,50	875,64	97,36
MSH	573,00	61,01	561,44	60,83	890,70	168,91	614,00	99,02	880,30	58,34	886,10	96,87	984,90	121,73	856,00	99,37
TYX	617,60	48,14	659,30	86,14	916,40	186,44	808,10	127,70	924,38	82,71	944,60	83,54	948,30	112,50	939,82	68,12
WY	546,75	170,67	586,13	95,89	903,33	103,52	695,11	118,96	946,67	69,13	954,70	88,68	956,11	128,39	880,40	94,30
ZBJ	495,33	78,34	603,40	104,78	880,90	124,17	639,10	116,20	917,36	103,57	896,80	88,13	872,56	100,84	912,33	152,76
ZDN	604,45	97,04	633,27	116,92	811,67	206,24	670,78	111,85	901,50	84,85	877,80	116,37	903,33	89,04	883,50	85,30
ZLL	471,11	88,25	580,89	73,86	848,60	49,64	617,89	143,59	914,18	95,57	832,91	42,46	806,09	101,96	863,20	36,17
ZMY	604,67	55,97	637,78	66,46	879,78	169,02	705,89	71,31	843,10	153,47	873,25	90,30	909,00	167,07	817,40	73,60
ZXF	525,33	36,53	443,82	49,31	612,67	115,14	554,44	119,28	918,25	132,84	839,38	131,23	781,71	66,71	810,17	116,88
Moy Inter	**559,70**		**583,72**		**830,28**		**662,80**		**913,41**		**896,71**		**892,86**		**879,44**	
ET Inter	**59,16**		**78,16**		**132,40**		**84,42**		**60,02**		**57,85**		**69,69**		**54,37**	

Contexte /pi/

Tableau 139 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	307,78	4,44	308,44	26,49	332,89	14,93	329,67	8,49	434,70	61,54	405,20	81,80	437,33	32,56	428,33	71,02
GYF	326,40	18,46	327,60	17,08	355,70	13,77	340,00	13,71	435,60	24,37	426,00	46,78	453,50	53,57	441,50	29,40
HLT	293,20	14,03	313,50	28,89	307,00	23,00	297,20	21,76	392,30	63,41	391,00	47,72	374,50	96,09	376,40	52,90
JSQ	303,20	11,14	309,50	25,69	308,00	14,99	303,40	5,06	419,60	23,54	427,50	68,56	425,80	43,51	418,80	52,33
JRX	299,21	12,95	302,60	14,73	289,00	12,50	306,43	7,04	424,36	40,31	416,18	30,86	432,00	35,32	402,73	49,59
MSH	283,20	7,61	276,50	9,78	292,70	13,80	293,20	6,01	388,80	53,06	375,50	35,90	398,20	32,64	403,33	54,84
TYX	317,80	17,45	326,30	14,98	334,40	14,25	321,20	17,29	472,82	39,70	444,91	36,58	444,64	36,16	442,64	29,61
WY	291,70	8,03	341,00	22,41	331,90	17,49	340,20	70,52	396,67	74,99	402,50	66,02	399,89	81,40	398,67	76,46
ZBJ	307,80	21,20	298,45	18,72	305,50	17,10	321,50	20,49	390,91	37,91	384,73	35,95	404,91	40,82	412,73	22,64
ZDN	304,60	22,21	296,60	17,36	325,60	20,19	301,30	17,41	401,86	38,02	371,63	64,18	363,86	64,26	401,13	64,00
ZLL	288,27	9,56	299,30	18,77	281,20	19,33	299,50	11,68	378,36	39,62	388,55	33,40	377,64	50,26	426,45	64,28
ZMY	334,70	13,67	354,50	19,97	362,10	24,27	339,00	15,61	355,90	53,71	400,56	36,51	382,00	59,47	421,43	89,04
ZXF	309,10	6,33	303,30	24,63	324,20	12,89	330,20	8,30	436,33	44,96	421,38	49,80	414,67	33,37	448,40	43,60
Moy Inter	**305,15**		**312,12**		**319,25**		**317,14**		**409,86**		**404,28**		**408,38**		**417,12**	
ET Inter	**14,26**		**19,85**		**23,76**		**16,94**		**29,75**		**21,15**		**27,80**		**19,86**	

Tableau 140 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	312,11	10,47	323,00	25,48	372,00	12,65	326,56	16,98	411,00	67,19	375,33	41,50	417,80	79,24	386,63	76,73
GYF	370,30	33,65	378,20	37,98	396,30	12,90	388,60	27,98	420,20	53,63	417,40	34,38	430,20	60,79	449,00	33,55
HLT	319,80	20,94	345,40	11,78	344,80	25,18	305,10	24,31	366,29	41,10	366,00	24,61	381,00	66,50	400,80	59,77
JSQ	296,10	11,58	334,70	30,71	377,50	11,49	289,40	8,51	384,00	57,34	465,00	69,99	404,30	58,31	387,00	69,88
JRX	300,86	13,59	325,40	11,56	340,14	13,53	290,79	6,05	376,18	60,17	421,55	42,08	417,55	28,35	375,27	58,56
MSH	315,50	21,68	338,70	13,94	362,60	11,25	293,80	15,54	370,90	42,09	427,00	91,07	365,22	51,56	327,57	62,47
TYX	348,00	22,32	341,50	26,80	349,80	27,47	369,30	29,96	461,64	34,57	460,09	79,23	466,27	30,54	434,20	45,52
WY	287,60	19,05	365,80	12,49	407,00	14,89	312,50	45,29	380,75	47,48	422,00	52,90	438,14	44,92	406,50	94,27
ZBJ	327,80	42,69	322,91	28,70	363,50	15,29	313,00	27,88	398,30	72,84	361,44	74,10	361,20	41,11	370,73	60,41
ZDN	336,60	19,26	342,90	8,96	335,90	22,60	332,20	26,80	374,00	35,74	400,88	106,05	342,17	32,82	344,33	32,09
ZLL	307,36	15,25	345,30	13,18	355,20	25,84	297,30	13,22	378,73	27,88	369,73	22,94	365,82	31,80	412,91	23,27
ZMY	369,10	20,00	373,20	9,50	387,80	20,23	380,80	15,42	378,78	63,41	392,56	98,15	399,83	46,04	364,29	72,92
ZXF	312,30	9,35	329,00	31,07	370,80	9,48	325,80	15,85	383,22	65,91	330,71	37,98	373,86	68,58	372,00	70,55
Moy Inter	**323,34**		**343,54**		**366,41**		**325,01**		**391,08**		**400,75**		**397,18**		**387,02**	
ET Inter	**25,12**		**17,71**		**20,91**		**32,88**		**25,32**		**38,06**		**34,61**		**32,59**	

Tableau 141 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	304,78	15,16	323,44	33,40	353,89	21,76	332,67	23,56	421,00	56,07	353,17	25,86	418,89	90,86	385,40	57,43
GYF	380,90	27,11	382,10	32,99	376,40	34,13	397,60	22,83	435,20	40,42	457,20	41,23	439,30	65,28	421,70	31,55
HLT	323,00	18,58	333,40	27,03	338,10	25,69	306,60	29,28	401,63	78,66	411,50	72,25	376,80	73,41	401,60	59,61
JSQ	292,40	21,79	342,00	25,32	350,70	35,48	295,10	24,60	396,00	63,85	387,33	36,33	430,86	40,65	356,70	65,42
JRX	295,86	14,47	308,93	12,55	341,86	31,16	282,29	11,32	416,82	51,15	396,64	45,22	394,09	39,68	390,91	58,19
MSH	335,40	18,80	322,30	17,59	346,60	8,75	327,30	24,28	378,25	50,78	394,00	75,97	389,00	43,01	358,63	43,00
TYX	330,50	24,77	345,10	23,97	348,30	24,08	351,70	33,91	444,82	35,13	420,90	55,77	431,82	54,78	464,09	54,73
WY	287,10	20,43	350,30	11,51	363,50	23,36	302,00	43,30	332,57	56,87	387,17	93,11	386,25	72,01	405,80	114,62
ZBJ	296,40	45,41	306,00	16,24	330,70	21,22	313,40	29,11	374,09	66,95	333,00	60,33	338,55	46,61	391,91	57,11
ZDN	346,70	23,33	335,80	8,12	320,70	18,84	369,60	27,17	383,50	94,63	388,38	86,68	339,33	62,94	372,50	93,50
ZLL	307,09	14,96	342,50	10,78	357,50	18,40	330,80	35,90	375,78	37,54	352,70	33,26	351,36	29,56	415,18	28,05
ZMY	361,70	28,48	370,60	17,31	338,50	16,97	373,70	32,98	360,33	81,92	370,60	78,25	410,14	84,71	369,13	39,37
ZXF	304,60	14,14	330,00	29,31	348,60	17,71	330,60	17,40	395,13	67,11	383,33	53,81	404,00	76,57	389,30	106,60
Moy Inter	**320,49**		**337,88**		**347,33**		**331,80**		**393,47**		**387,38**		**393,11**		**394,06**	
ET Inter	**27,92**		**20,87**		**13,72**		**32,34**		**29,85**		**30,81**		**32,90**		**27,96**	

Tableau 142 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	308,00	12,01	326,89	32,56	325,67	16,24	330,56	20,29	438,40	56,91	372,30	64,58	411,00	64,44	405,88	78,26
GYF	408,40	19,92	379,10	32,37	376,10	26,43	404,90	18,79	417,30	45,73	411,00	50,49	409,40	39,82	417,56	51,04
HLT	329,20	17,69	329,20	19,22	334,90	31,32	321,00	34,22	407,38	39,21	381,00	41,75	382,00	47,33	410,13	73,21
JSQ	285,90	24,15	337,20	26,86	333,00	25,00	363,10	36,72	400,60	84,48	443,00	42,57	418,89	66,15	391,00	66,31
JRX	295,36	16,55	316,53	13,63	318,79	25,92	303,14	18,97	427,91	58,02	405,09	25,58	405,55	36,67	399,64	49,20
MSH	348,60	21,08	336,40	14,80	314,40	17,82	368,30	15,95	377,10	35,32	405,00	133,67	348,00	53,69	351,17	44,45
TYX	335,40	25,56	350,90	15,26	360,70	37,11	374,60	21,69	444,82	34,20	454,00	61,25	444,27	33,96	443,30	40,77
WY	281,60	9,42	362,60	23,70	333,40	24,45	346,50	28,89	360,14	77,15	394,29	103,64	383,67	104,05	342,88	30,66
ZBJ	293,10	46,65	298,64	23,12	303,60	21,37	329,80	32,82	372,50	58,47	350,55	41,15	333,33	58,65	338,82	48,16
ZDN	346,20	28,23	343,30	9,68	310,40	18,20	375,90	10,04	395,00	66,85	381,13	78,13	438,86	62,36	348,17	82,62
ZLL	317,27	18,43	353,10	9,65	337,70	30,88	365,70	24,44	382,73	35,40	353,09	51,51	380,64	53,38	371,36	56,31
ZMY	363,00	30,46	371,10	13,75	325,40	18,08	384,50	33,33	367,30	44,93	366,00	76,35	386,00	87,32	344,70	66,39
ZXF	307,10	11,61	332,40	32,99	317,40	20,77	331,10	19,92	365,56	77,14	381,25	34,50	363,86	66,41	382,50	67,02
Moy Inter	**324,55**		**341,34**		**330,11**		**353,78**		**396,67**		**392,13**		**392,73**		**380,54**	
ET Inter	**34,54**		**21,33**		**19,26**		**28,07**		**27,62**		**30,13**		**31,62**		**32,51**	

Tableau 143 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	318,67	9,42	348,22	27,08	322,88	28,27	364,33	25,80	424,63	68,97	365,90	54,02	383,63	79,66	411,33	84,95
GYF	439,10	22,94	392,20	11,90	376,30	18,91	396,60	14,02	405,10	48,90	410,50	17,83	438,00	54,15	393,90	24,37
HLT	331,50	29,59	304,40	29,76	322,60	19,49	312,60	22,70	403,89	48,84	404,70	75,32	377,22	49,37	367,30	53,97
JSQ	288,40	14,56	353,70	11,43	343,00	64,04	354,70	42,40	390,44	52,98	423,13	95,24	412,80	76,30	403,17	89,46
JRX	299,71	16,63	337,87	17,51	341,64	24,09	346,43	16,19	403,45	26,39	426,00	49,38	422,27	34,89	431,09	55,58
MSH	355,30	24,66	363,10	4,09	322,80	17,12	365,50	13,86	363,00	53,81	347,44	50,92	389,14	44,14	360,29	54,49
TYX	381,80	31,95	389,30	22,87	374,80	21,85	380,10	29,91	440,18	40,23	442,73	42,16	459,00	47,25	448,70	32,37
WY	289,40	10,92	377,00	13,52	317,60	23,21	338,50	28,00	298,50	53,17	373,00	56,23	385,00	68,98	336,56	49,13
ZBJ	311,70	48,19	314,55	22,98	303,20	31,80	337,10	28,49	365,89	43,45	392,45	90,69	281,38	45,96	357,20	90,70
ZDN	338,30	29,10	363,40	5,44	309,60	27,44	359,80	13,00	325,25	55,10	360,17	83,59	355,33	93,91	348,43	38,09
ZLL	336,00	21,63	367,90	11,94	327,40	22,88	368,40	10,17	396,18	74,53	369,18	44,57	380,91	54,93	376,09	28,31
ZMY	389,70	32,20	395,60	16,25	348,70	24,68	398,80	22,28	360,44	66,72	371,00	60,02	336,25	73,97	353,00	49,65
ZXF	316,70	10,40	348,60	40,45	329,78	41,96	367,00	29,82	378,17	35,27	359,67	55,13	353,33	70,77	343,10	37,34
Moy Inter	**338,18**		**358,14**		**333,87**		**360,76**		**381,16**		**388,14**		**382,64**		**379,24**	
ET Inter	**42,03**		**26,96**		**21,60**		**22,96**		**37,45**		**29,16**		**44,26**		**34,07**	

Tableau 144 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	311,67	30,59	306,56	33,89	329,00	33,06	306,78	21,11	419,89	70,13	370,10	55,87	402,14	83,66	380,56	73,53
GYF	398,00	27,25	334,00	34,89	388,40	41,51	371,70	26,71	501,13	94,13	465,40	55,01	444,13	22,74	428,00	49,90
HLT	277,80	21,77	295,22	37,73	306,20	23,00	287,90	14,15	366,88	60,92	358,13	31,94	370,00	44,53	354,80	38,50
JSQ	313,80	27,67	327,30	34,18	326,30	65,57	322,40	35,58	378,67	69,48	358,86	81,77	376,67	64,75	378,14	62,14
JRX	295,43	25,26	309,33	32,05	356,38	32,65	318,86	21,06	439,00	34,73	411,20	33,33	414,20	53,16	434,00	43,43
MSH	343,40	20,01	348,40	17,11	319,90	23,75	348,60	16,97	385,00	78,00	373,80	40,53	358,14	31,98	364,33	57,06
TYX	346,20	60,89	320,90	30,26	409,60	39,32	353,60	44,78	443,80	37,15	470,55	59,09	423,18	96,26	430,50	81,28
WY	287,80	16,48	348,80	45,18	358,10	38,30	375,70	88,43	348,38	64,86	376,50	85,27	386,33	112,09	400,38	129,61
ZBJ	297,10	43,52	291,91	22,46	326,90	31,55	316,30	30,10	308,88	59,44	307,78	43,38	308,30	54,55	356,57	72,70
ZDN	321,00	30,84	341,50	14,82	312,60	19,83	337,90	15,69	325,00	38,62	339,33	50,95	407,86	109,53	344,67	134,78
ZLL	299,73	30,68	330,50	30,72	310,90	23,17	337,50	28,39	365,00	79,62	367,80	73,34	338,00	57,30	366,36	56,17
ZMY	350,30	40,64	355,40	27,63	344,30	29,23	374,10	20,30	371,10	58,05	355,33	49,16	351,78	29,14	403,50	71,13
ZXF	304,30	25,44	300,90	37,06	309,20	53,85	300,10	31,22	359,38	64,71	346,43	49,58	351,33	81,61	368,75	28,35
Moy Inter	**318,96**		**328,90**		**338,29**		**334,73**		**385,54**		**377,02**		**379,39**		**385,43**	
ET Inter	**31,54**		**20,71**		**30,80**		**27,84**		**50,71**		**44,87**		**36,75**		**29,55**	

Contexte /pu/

Tableau 145 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	336,56	16,73	354,67	42,67	369,56	31,12	348,56	15,69	423,20	64,56	420,25	45,16	382,89	55,62	431,40	70,74
GYF	400,40	34,14	420,20	20,37	427,60	13,81	403,50	26,50	429,11	36,29	465,11	56,79	441,33	30,40	442,00	48,59
HLT	343,30	25,90	336,90	28,28	349,00	30,24	359,80	27,66	423,50	51,89	414,90	68,93	464,10	25,94	445,44	23,66
JSQ	435,21	42,69	496,04	34,18	470,44	26,53	451,38	39,62	568,34	28,15	565,87	36,92	562,15	43,72	568,37	46,59
JRX	349,36	16,86	362,43	19,27	366,86	14,38	331,36	12,43	492,82	32,70	483,09	27,54	480,55	23,48	484,00	29,09
MSH	335,20	15,53	337,00	34,45	336,10	31,25	353,70	21,80	410,90	57,24	399,33	74,29	456,33	32,32	424,89	57,39
TYX	415,30	23,78	411,10	26,34	400,73	27,29	418,30	18,18	447,20	77,90	487,82	51,60	487,55	31,53	479,80	47,57
WY	356,70	30,90	392,50	20,24	407,30	22,30	345,30	14,48	430,33	62,05	439,13	23,58	436,78	54,76	461,90	38,08
ZBJ	309,60	26,51	333,27	44,62	352,18	45,55	323,36	19,69	450,55	52,59	410,30	74,07	464,45	46,25	461,09	48,49
ZDN	356,67	24,69	361,40	24,07	364,00	26,36	331,20	31,97	361,60	30,88	403,14	78,44	378,14	53,89	363,14	31,58
ZLL	349,10	21,06	350,20	30,64	346,70	22,51	328,50	21,46	390,73	37,49	383,67	67,99	368,91	87,19	390,55	71,63
ZMY	388,90	39,64	368,89	24,43	387,70	31,50	414,00	40,78	419,78	52,61	446,90	56,46	463,50	18,25	469,90	35,27
ZXF	332,90	17,13	348,40	43,33	362,70	33,69	344,30	12,81	456,78	35,83	426,00	41,83	471,00	63,88	454,89	37,69
Moy Inter	**362,25**		**374,85**		**380,07**		**365,64**		**438,83**		**441,96**		**450,59**		**452,11**	
ET Inter	**35,18**		**43,90**		**36,47**		**39,96**		**48,27**		**47,15**		**49,99**		**47,09**	

Tableau 146 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	389,33	37,51	388,78	12,62	414,11	19,53	402,22	32,36	456,10	91,72	449,14	42,84	418,20	118,00	425,89	53,20
GYF	457,20	25,49	415,20	16,73	436,10	24,40	470,20	11,54	470,90	80,52	488,90	41,34	488,70	38,64	463,00	48,42
HLT	436,80	30,01	392,70	20,91	383,90	21,90	446,80	22,61	436,33	80,15	447,64	95,90	421,30	61,47	469,00	61,68
JSQ	530,33	20,22	527,67	32,07	541,09	23,12	545,18	35,57	519,43	48,52	531,83	46,84	510,27	83,57	539,27	27,51
JRX	404,14	29,07	354,14	16,51	387,64	12,04	369,29	20,94	460,18	40,78	466,27	27,13	461,09	22,65	441,36	70,19
MSH	404,50	9,64	376,20	9,93	400,80	14,91	411,30	15,89	422,20	66,93	439,89	69,98	406,50	71,04	392,67	74,11
TYX	443,70	21,46	439,00	16,82	429,27	17,18	451,60	18,16	464,91	56,08	511,18	37,69	493,91	66,31	495,64	70,70
WY	378,00	38,82	390,20	22,36	429,80	35,10	375,80	34,47	460,10	74,43	549,00	57,10	435,00	102,72	414,60	90,85
ZBJ	349,40	44,27	367,00	32,11	386,45	13,00	330,27	36,07	431,80	65,70	407,50	37,74	459,27	66,05	453,73	75,79
ZDN	403,60	27,07	367,70	28,14	365,80	15,32	412,60	32,81	399,00	83,65	422,00	40,29	422,63	67,22	401,75	46,03
ZLL	427,10	11,02	380,80	10,92	396,50	8,14	419,20	27,28	402,55	74,12	401,33	65,38	400,73	60,61	410,27	40,12
ZMY	481,60	34,47	388,44	6,44	418,60	27,26	535,22	9,00	396,20	69,48	378,43	54,41	415,13	63,23	413,40	42,80
ZXF	386,80	36,40	388,60	13,23	415,10	17,61	396,70	32,21	424,67	71,46	442,13	94,06	473,43	35,23	464,89	72,80
Moy Inter	**422,50**		**398,19**		**415,78**		**428,18**		**441,87**		**456,56**		**446,63**		**445,04**	
ET Inter	**46,17**		**42,71**		**41,39**		**59,41**		**33,45**		**49,39**		**35,10**		**40,13**	

Tableau 147 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	373,67	30,32	377,56	23,43	397,89	17,01	436,78	47,86	405,60	96,00	428,78	66,63	422,89	58,58	450,18	62,02
GYF	467,60	16,34	403,90	10,32	447,90	42,10	458,40	7,41	465,50	92,00	486,13	39,30	475,30	67,18	450,67	62,11
HLT	443,20	23,78	381,30	32,68	365,10	21,72	432,00	24,31	440,80	59,47	436,86	89,26	433,00	69,18	428,78	71,15
JSQ	523,52	23,45	515,25	30,47	534,11	22,21	536,94	26,25	565,85	41,91	515,31	29,34	520,59	96,18	589,87	52,84
JRX	380,79	30,68	347,00	13,88	375,71	14,46	359,50	18,79	454,45	61,81	465,73	29,73	456,36	40,15	445,36	45,24
MSH	408,80	13,99	358,10	14,15	383,80	15,60	411,30	19,86	406,60	59,06	390,44	91,67	420,78	33,51	419,00	45,13
TYX	427,90	34,64	441,40	23,39	421,82	22,47	426,80	20,07	449,82	67,56	502,36	32,51	491,80	56,11	507,64	75,32
WY	348,70	40,60	380,30	18,03	411,20	30,64	359,90	18,99	422,67	81,45	461,33	84,67	436,67	88,22	411,75	66,37
ZBJ	325,40	42,65	358,55	21,34	380,27	19,65	337,64	44,35	443,60	66,41	398,90	36,19	436,27	45,63	424,82	52,69
ZDN	409,10	19,36	377,00	16,98	368,60	18,03	423,20	18,90	434,00	123,57	409,29	52,46	386,29	43,89	396,86	58,41
ZLL	418,30	16,75	373,80	6,14	393,70	12,56	424,60	11,11	394,36	75,98	411,33	63,17	392,73	39,35	399,73	53,04
ZMY	491,10	15,12	387,33	17,38	425,90	23,34	523,11	15,12	451,80	64,83	396,13	66,98	447,67	83,56	433,80	67,86
ZXF	373,20	28,11	378,90	22,58	404,70	17,53	429,60	46,86	468,13	24,99	417,38	37,97	443,50	57,73	464,78	42,42
Moy Inter	**414,71**		**390,80**		**408,52**		**427,67**		**446,40**		**440,00**		**443,37**		**447,94**	
ET Inter	**54,37**		**42,30**		**43,08**		**55,29**		**41,07**		**40,47**		**35,59**		**49,76**	

Tableau 148 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	357,11	34,39	371,89	31,38	385,78	16,67	417,67	22,06	412,00	113,23	416,13	85,78	412,70	92,04	442,50	63,27
GYF	474,00	15,66	403,00	5,50	425,70	26,49	435,80	15,62	487,00	34,78	478,10	62,00	458,78	71,65	459,00	31,85
HLT	432,90	31,53	367,00	36,47	369,20	18,63	419,30	34,57	415,78	61,17	424,40	47,56	406,64	81,77	440,56	65,19
JSQ	496,96	50,18	514,17	28,21	511,19	37,10	553,75	32,62	542,65	119,28	560,47	95,42	504,11	70,74	505,65	36,97
JRX	370,00	27,91	347,29	9,71	364,29	12,22	396,21	20,66	460,82	32,12	438,55	30,42	466,45	75,82	458,27	62,89
MSH	406,50	17,46	358,70	11,53	363,70	12,40	396,50	13,28	375,50	54,47	415,13	73,46	434,44	93,13	411,90	49,20
TYX	422,60	29,38	422,90	24,02	450,18	25,59	416,10	13,87	455,60	79,20	477,00	43,88	499,40	25,11	486,82	43,85
WY	332,90	21,42	368,60	14,01	391,10	29,98	358,50	22,30	421,25	101,61	392,50	51,66	417,50	66,72	402,00	71,18
ZBJ	303,60	26,63	349,27	23,96	367,55	27,60	375,91	34,71	428,91	38,78	402,90	49,22	376,11	59,81	393,67	33,77
ZDN	399,60	38,89	378,50	17,44	371,90	22,01	408,10	12,03	383,00	110,66	418,00	104,29	399,00	28,00	379,00	54,31
ZLL	420,20	15,90	370,30	8,08	379,20	15,85	403,90	9,34	419,20	46,36	380,00	65,33	403,09	65,83	392,36	53,58
ZMY	499,60	20,01	401,67	24,37	420,00	10,23	477,67	20,22	435,90	55,45	420,44	46,15	425,89	84,56	421,11	54,24
ZXF	357,80	34,06	375,10	31,81	386,10	28,47	417,80	20,83	471,71	38,21	412,67	79,25	438,00	74,15	450,22	63,71
Moy Inter	**405,67**		**386,80**		**398,91**		**421,32**		**439,18**		**433,56**		**434,01**		**434,08**	
ET Inter	**58,66**		**42,24**		**41,34**		**47,00**		**43,08**		**45,64**		**37,16**		**36,77**	

Tableau 149 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	352,22	44,15	391,56	19,16	361,44	35,88	395,56	26,40	435,89	78,18	436,50	70,14	384,50	63,96	409,00	61,78
GYF	478,90	16,48	411,80	13,41	422,60	10,07	410,10	11,55	465,33	42,57	471,50	20,98	451,50	65,79	454,90	47,81
HLT	433,30	32,54	362,20	26,13	351,70	27,57	404,20	33,18	467,22	56,90	423,20	64,60	411,90	94,34	439,40	53,04
JSQ	476,04	42,13	485,61	20,60	506,73	35,36	494,70	29,72	535,67	51,39	488,61	44,86	535,22	101,91	499,86	77,26
JRX	378,14	30,08	363,93	9,79	370,43	15,04	394,00	8,19	463,36	49,73	459,00	50,95	441,00	35,71	467,64	28,21
MSH	406,00	12,60	371,70	19,98	346,80	33,85	381,80	9,72	407,20	57,56	409,11	93,82	379,67	50,61	410,29	41,91
TYX	432,60	27,75	408,00	22,49	429,45	26,92	428,60	22,00	471,64	74,64	492,70	56,60	478,73	45,72	501,45	43,83
WY	338,10	26,14	381,10	14,06	385,22	31,33	367,10	24,47	408,63	58,79	422,30	75,76	439,25	95,66	394,00	66,08
ZBJ	322,90	35,83	344,45	29,66	350,18	32,87	376,45	24,76	407,27	61,39	395,73	57,87	357,50	99,23	363,00	58,22
ZDN	401,20	27,51	387,50	12,57	381,10	59,75	390,80	23,05	372,57	47,09	437,57	70,61	402,29	80,55	446,63	61,43
ZLL	416,50	23,55	368,50	7,21	377,90	14,33	383,60	5,30	423,00	40,35	394,18	59,52	403,09	47,49	391,82	53,97
ZMY	504,30	15,97	410,56	9,96	408,70	15,28	447,67	24,93	469,11	64,37	470,10	61,65	423,89	72,13	411,11	58,37
ZXF	340,40	21,48	391,40	18,15	361,80	50,55	400,70	23,37	466,29	40,70	420,13	43,33	443,29	47,14	454,22	48,22
Moy Inter	**406,20**		**390,64**		**388,77**		**405,79**		**445,63**		**440,05**		**427,06**		**434,10**	
ET Inter	**56,13**		**33,71**		**42,73**		**32,96**		**40,38**		**32,13**		**44,63**		**40,37**	

Tableau 150 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	308,22	25,83	345,22	22,24	343,63	40,00	352,44	30,88	417,88	45,37	413,90	59,61	380,11	51,98	384,67	59,91
GYF	410,80	40,89	393,10	20,15	394,50	25,66	400,50	9,95	405,90	39,72	420,70	40,75	416,20	79,97	422,10	47,14
HLT	349,60	33,91	296,60	26,10	311,60	27,23	352,50	18,31	387,29	61,77	381,27	40,85	387,91	75,10	372,30	42,92
JSQ	425,83	44,04	450,70	17,37	531,78	28,54	478,13	31,91	529,37	62,28	530,27	39,55	515,06	95,40	503,95	35,71
JRX	318,43	41,75	356,43	14,75	372,50	10,14	350,79	14,00	462,10	44,15	431,36	64,16	448,64	42,37	444,00	47,05
MSH	352,10	22,64	366,50	15,86	340,40	34,61	357,10	18,67	406,44	54,72	348,78	85,89	317,44	59,07	357,56	59,96
TYX	358,80	43,77	381,80	24,11	407,73	48,48	419,00	31,13	437,36	64,51	451,09	70,52	457,09	65,87	427,55	72,52
WY	286,40	23,49	347,90	39,31	370,00	29,22	347,20	33,84	354,13	98,22	373,67	61,40	382,50	67,71	381,71	51,19
ZBJ	298,10	27,05	324,64	45,91	328,09	41,28	350,82	28,02	332,20	53,65	368,86	33,08	338,50	60,90	383,70	72,17
ZDN	393,00	114,87	363,10	19,23	376,10	29,10	354,40	34,61	434,67	61,13	428,13	110,00	419,78	69,10	465,67	92,36
ZLL	337,80	31,95	364,90	16,96	370,00	15,99	363,00	11,87	375,30	49,06	389,25	38,65	371,00	86,66	344,36	35,25
ZMY	423,30	38,09	416,44	18,87	400,40	45,93	422,56	25,32	433,10	59,44	350,43	40,31	424,44	54,16	373,75	90,05
ZXF	313,40	24,91	341,80	22,94	374,20	71,24	353,90	35,97	377,14	56,54	376,00	46,19	376,00	49,96	359,57	42,34
Moy Inter	**351,98**		**365,32**		**378,53**		**377,10**		**411,76**		**404,90**		**402,67**		**401,61**	
ET Inter	**46,13**		**37,90**		**51,87**		**38,95**		**48,74**		**47,60**		**50,30**		**45,65**	

Les valeurs absolues de F1 en Mel

Tableau 151 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F1 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	856,91	70,55	888,48	90,08	890,05	106,45	839,52	53,66	942,43	86,72	962,20	110,06	981,81	74,41	908,08	65,34
GYF	862,73	70,57	875,52	62,98	898,12	71,57	816,04	24,69	844,25	108,83	843,85	92,53	836,91	67,14	880,69	68,62
HLT	907,89	67,74	804,03	83,03	873,37	67,60	853,50	33,73	1007,27	85,24	972,20	60,96	983,61	81,17	1004,80	111,90
JSQ	926,03	48,49	1030,46	93,95	991,39	72,09	954,63	53,63	920,68	48,28	891,12	77,00	906,28	88,26	995,53	46,87
JRX	840,36	44,98	814,04	63,67	884,06	48,64	912,26	23,26	866,23	42,58	860,90	57,11	889,36	64,76	874,31	39,56
MSH	980,37	19,61	1012,13	21,20	1030,46	25,23	986,09	14,50	1000,71	38,68	982,30	33,88	1014,51	32,41	980,88	44,87
TYX	853,18	51,82	938,32	42,34	918,05	27,04	890,24	47,74	940,48	59,79	936,09	42,34	923,16	55,44	912,41	77,49
WY	920,58	63,67	946,26	50,16	937,73	31,40	938,52	55,78	1034,06	44,27	1023,01	48,06	1046,70	36,58	1006,64	84,23
ZBJ	863,38	22,04	902,88	45,47	858,30	39,49	834,76	48,37	928,98	60,22	933,77	48,75	916,75	71,78	926,97	95,39
ZDN	886,87	42,22	931,14	31,43	944,91	34,21	940,29	41,77	1058,13	84,66	1047,41	86,69	979,62	81,12	1044,08	72,92
ZLL	974,60	16,51	931,22	65,28	974,03	26,39	984,05	28,05	982,62	49,18	1003,84	48,64	994,87	41,93	1002,75	38,54
ZMY	999,33	26,82	996,38	43,01	1018,03	19,36	1013,46	23,61	949,02	62,92	992,40	42,78	978,74	67,18	1013,67	62,59
ZXF	866,79	72,64	912,37	106,56	883,13	104,46	848,65	73,17	1040,18	117,14	1028,58	122,71	1030,73	101,45	984,85	93,96
Moy Inter	**903,00**		**921,79**		**930,90**		**908,62**		**962,70**		**959,82**		**960,24**		**964,28**	
ET Inter	**51,55**		**65,49**		**54,93**		**63,54**		**62,86**		**61,55**		**58,66**		**53,87**	

Tableau 152 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F1 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	983,70	44,54	1042,29	28,11	1028,87	40,87	1064,73	44,45	1065,92	27,43	1058,79	52,32	1111,45	35,42	1042,78	53,91
GYF	1035,35	38,22	1043,63	32,84	1036,73	37,24	1041,56	40,24	1040,63	16,26	1048,62	22,89	1038,97	16,48	1035,20	29,59
HLT	1017,02	95,77	1004,14	54,83	1044,30	57,67	964,26	75,07	1105,58	39,30	1108,46	28,72	1119,40	23,87	1111,34	35,70
JSQ	1113,67	17,63	1115,10	23,33	1116,69	22,41	1056,82	66,86	1142,09	33,13	1146,84	24,36	1136,82	37,18	1143,28	27,06
JRX	998,65	11,90	996,35	25,43	1031,12	26,59	1050,99	15,34	1073,49	34,91	1064,23	24,03	1070,31	26,25	1066,73	23,89
MSH	1038,48	14,64	1055,50	20,22	1053,35	21,27	1027,31	21,42	1084,10	24,02	1097,31	23,77	1094,21	20,13	1094,81	16,60
TYX	1006,84	53,09	1070,61	15,35	1051,55	22,34	1046,60	33,81	1137,11	22,74	1150,64	32,97	1129,29	32,77	1127,26	31,46
WY	1073,48	71,40	1066,44	23,32	1090,60	23,80	1116,92	46,75	1154,54	21,52	1165,45	36,97	1160,34	22,91	1147,51	25,55
ZBJ	996,98	41,28	1041,63	53,53	1038,39	24,25	956,86	47,64	1080,82	22,11	1117,32	40,22	1086,32	23,91	1087,53	30,13
ZDN	1000,91	26,20	1029,78	24,46	1046,50	20,47	1031,33	36,79	1120,95	31,68	1090,18	26,26	1094,68	17,09	1100,49	25,29
ZLL	1059,16	33,09	1046,49	24,87	1069,58	43,69	1036,23	51,79	1123,04	24,74	1101,09	59,85	1131,43	25,06	1126,63	16,64
ZMY	1060,44	43,70	1125,71	15,02	1113,09	17,76	1074,60	46,91	1140,48	29,47	1183,90	11,43	1183,55	25,26	1181,58	30,79
ZXF	975,77	43,56	1075,27	63,09	1047,54	51,03	1060,00	56,09	1119,96	50,65	1108,10	27,74	1130,36	50,83	1124,36	66,46
Moy Inter	**1027,73**		**1054,84**		**1059,10**		**1040,63**		**1106,82**		**1110,84**		**1114,39**		**1106,88**	
ET Inter	**38,64**		**35,74**		**28,50**		**40,64**		**33,47**		**39,92**		**36,60**		**40,29**	

Tableau 153 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F1 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	970,18	54,12	1043,89	42,61	1102,81	36,36	1064,25	19,88	1062,26	45,85	1038,94	64,47	1067,63	120,05	1086,34	47,06
GYF	1091,65	69,46	1104,24	34,64	1079,53	24,00	1106,56	17,05	1081,00	27,56	1076,93	24,11	1086,51	33,78	1076,23	22,06
HLT	1124,54	64,67	1074,07	63,98	1121,84	38,54	1087,88	59,74	1126,28	27,52	1125,31	33,32	1151,56	50,60	1114,41	18,33
JSQ	1118,43	13,66	1139,45	31,80	1114,02	46,28	1120,64	44,84	1171,76	16,90	1163,58	17,61	1161,42	32,68	1161,28	27,37
JRX	1055,11	29,40	1043,84	16,69	1096,59	22,90	1088,16	23,38	1085,55	31,23	1118,18	17,29	1114,87	28,75	1099,37	37,25
MSH	1040,73	13,41	1070,30	26,80	1067,62	24,91	1061,69	22,48	1098,91	25,66	1118,20	43,76	1133,21	38,13	1106,07	21,56
TYX	1065,94	32,33	1104,72	28,70	1080,70	17,04	1063,66	53,30	1161,21	27,73	1173,47	22,49	1173,72	25,61	1165,79	36,77
WY	1138,04	44,77	1116,37	54,96	1090,05	23,92	1132,26	16,20	1185,53	35,21	1181,05	43,50	1175,54	31,24	1176,29	53,87
ZBJ	1020,87	92,56	1080,47	54,85	1069,88	40,07	994,40	38,81	1102,11	35,49	1126,32	53,71	1119,57	45,02	1123,52	32,10
ZDN	1058,31	28,46	1058,38	30,47	1083,33	13,61	1060,84	16,72	1119,88	20,43	1105,63	18,46	1110,03	18,77	1127,29	24,56
ZLL	1100,92	55,84	1097,70	71,63	1115,54	47,66	1059,70	58,55	1129,84	20,88	1144,48	25,65	1131,47	28,08	1128,53	27,71
ZMY	1125,00	36,78	1128,51	21,72	1131,79	11,61	1113,02	21,98	1184,79	40,60	1201,21	25,43	1196,22	33,15	1174,15	31,04
ZXF	967,98	47,47	1092,03	74,10	1103,79	38,44	1065,81	19,75	1110,60	23,18	1112,90	53,65	1130,20	61,97	1121,17	28,97
Moy Inter	**1067,52**		**1088,77**		**1096,73**		**1078,38**		**1124,59**		**1129,71**		**1134,77**		**1127,73**	
ET Inter	**54,30**		**29,19**		**19,50**		**34,45**		**38,85**		**42,26**		**35,15**		**31,58**	

Tableau 154 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F1 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	994,20	39,53	1021,89	53,94	1089,11	55,56	971,11	30,93	1055,33	53,24	1042,35	84,75	948,14	80,07	1066,09	74,31
GYF	1069,71	45,13	1045,90	39,79	1063,91	35,12	1058,05	25,73	1071,70	30,65	1067,40	25,43	1057,97	36,33	1073,91	36,07
HLT	1139,55	50,89	1092,38	39,26	1136,69	42,35	1119,23	35,86	1126,90	31,22	1140,96	23,62	1114,13	41,38	1114,62	57,22
JSQ	1132,39	66,42	1144,84	44,79	1132,71	69,56	1111,64	17,97	1167,45	17,70	1156,93	26,09	1144,14	30,26	1174,11	30,91
JRX	1067,53	34,48	1049,67	31,54	1094,41	35,87	1068,29	22,81	1114,62	30,46	1122,68	28,96	1132,60	39,92	1107,33	40,85
MSH	1028,64	14,02	1079,37	28,69	1049,21	41,74	1028,67	16,62	1082,40	28,31	1113,24	47,66	1079,49	50,51	1088,90	35,77
TYX	1062,22	21,09	1095,37	23,56	1103,02	26,49	1070,07	25,53	1157,16	24,39	1204,57	42,83	1197,54	27,91	1165,77	44,79
WY	1072,31	59,57	1096,72	30,95	1114,90	21,90	1069,23	46,12	1160,46	41,65	1189,47	32,45	1175,46	22,49	1179,73	31,36
ZBJ	990,95	89,15	1066,81	61,38	1066,86	44,12	1009,57	25,15	1091,57	40,32	1137,83	40,50	1114,64	47,50	1102,11	33,78
ZDN	1043,72	29,62	1058,31	30,90	1064,56	44,40	1044,25	17,70	1101,18	29,94	1116,92	28,38	1094,28	48,84	1101,18	24,32
ZLL	1084,81	41,59	1092,80	70,78	1132,74	23,36	1085,64	31,79	1117,81	16,87	1117,81	31,27	1130,10	28,41	1129,40	21,79
ZMY	1076,60	28,57	1118,29	30,62	1122,46	30,33	1095,88	23,46	1165,17	30,61	1193,29	22,24	1214,65	34,03	1167,82	32,14
ZXF	984,18	51,61	1025,90	51,37	1071,20	37,54	967,51	25,92	1091,27	26,38	1101,73	59,09	1058,15	54,13	1123,06	47,33
Moy Inter	**1057,45**		**1076,02**		**1095,52**		**1053,78**		**1115,62**		**1131,17**		**1112,41**		**1122,62**	
ET Inter	**47,05**		**34,34**		**29,32**		**46,50**		**36,22**		**45,61**		**66,63**		**36,95**	

Tableau 155 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F1 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	902,60	82,10	848,93	82,11	1011,52	94,44	870,08	54,03	970,25	40,53	990,42	51,96	907,08	97,25	958,60	77,59
GYF	970,32	48,31	927,34	44,69	988,65	81,91	953,40	33,36	1015,63	29,67	1002,05	40,40	994,01	17,78	987,32	22,49
HLT	994,05	102,36	1003,62	52,64	1083,16	35,24	1037,59	55,42	1095,92	33,92	1098,12	48,39	1107,10	51,30	1092,91	44,26
JSQ	969,45	195,79	1092,69	42,22	1089,14	26,47	1050,36	53,52	1131,97	31,57	1112,00	26,30	1111,93	47,06	1117,68	64,04
JRX	976,74	21,20	978,77	30,31	1064,72	31,19	976,21	40,66	1091,40	26,15	1067,53	26,42	1102,26	85,60	1076,25	39,09
MSH	959,43	34,59	993,80	40,88	1039,60	48,50	990,87	21,98	1041,79	27,18	1073,64	56,75	1099,86	59,92	1036,72	33,02
TYX	969,15	31,53	1053,15	17,06	1067,17	30,04	1073,72	48,72	1119,32	27,16	1148,67	39,44	1139,98	40,50	1129,43	51,67
WY	991,19	38,87	1044,43	63,68	1046,65	29,27	990,85	36,96	1133,33	23,05	1136,76	33,12	1118,56	35,55	1093,69	30,40
ZBJ	939,10	57,96	993,96	53,22	1040,39	42,70	934,25	44,33	1022,93	34,94	1042,21	32,16	1031,08	41,44	1041,90	42,03
ZDN	892,04	62,70	960,51	53,90	1030,83	42,50	972,92	15,13	1053,62	31,95	1078,00	48,68	1057,08	61,96	1054,54	41,13
ZLL	985,81	47,91	984,36	34,31	1067,08	50,67	994,39	49,97	1084,79	27,77	1057,48	32,01	1070,51	43,40	1060,59	50,43
ZMY	989,38	48,22	1061,87	27,71	1085,09	32,23	1024,97	23,59	1096,94	34,13	1140,83	42,18	1134,55	37,94	1114,55	42,52
ZXF	890,95	74,21	873,23	103,24	1020,76	59,19	866,04	49,67	1042,45	43,31	1020,75	31,98	979,80	130,46	1040,48	63,07
Moy Inter	**956,17**		**985,90**		**1048,83**		**979,67**		**1069,26**		**1074,50**		**1065,68**		**1061,90**	
ET Inter	**36,32**		**68,58**		**29,52**		**60,42**		**47,47**		**49,88**		**67,02**		**48,36**	

Tableau 156 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F1 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	643,79	47,97	558,57	70,83	707,13	103,78	639,52	56,27	866,07	47,14	864,47	60,55	836,30	130,08	844,62	80,66
GYF	769,51	45,25	715,20	32,67	729,83	69,80	726,15	35,64	990,03	78,55	933,19	58,48	900,77	57,59	982,25	80,11
HLT	688,63	156,75	709,64	78,41	820,39	119,82	764,13	68,72	1008,93	77,84	1006,13	87,63	941,18	71,35	913,70	82,22
JSQ	623,56	70,88	783,35	145,04	1013,68	95,72	883,25	139,89	987,92	63,45	979,82	81,20	1000,23	65,75	967,13	72,97
JRX	598,10	30,64	586,14	69,80	1005,05	65,93	705,72	126,79	878,91	38,38	895,50	46,18	921,30	78,53	912,50	67,37
MSH	672,82	54,47	662,60	53,05	919,03	125,22	706,87	86,10	917,02	41,31	919,92	69,26	987,33	80,32	898,12	73,98
TYX	712,13	41,38	745,95	69,87	936,21	132,88	861,31	96,41	947,37	57,07	961,37	56,19	962,91	74,66	958,48	46,73
WY	640,84	159,73	682,94	81,34	931,91	72,92	773,65	94,99	963,18	47,10	968,06	61,51	967,76	81,52	915,81	71,67
ZBJ	600,84	75,38	697,43	88,34	914,81	92,52	727,28	96,95	941,81	70,06	927,89	61,29	910,13	71,56	935,85	106,36
ZDN	698,43	89,26	722,43	94,34	858,95	153,26	754,08	91,61	931,29	59,82	913,21	82,02	932,53	60,50	918,53	59,94
ZLL	577,13	85,11	679,34	63,69	894,35	35,64	707,12	122,59	939,84	65,96	882,99	31,47	861,11	77,27	905,16	26,27
ZMY	700,79	47,67	728,69	56,24	911,79	117,52	784,65	55,94	885,15	123,53	911,08	63,46	934,05	114,55	870,85	55,19
ZXF	630,53	33,67	552,44	49,25	704,80	97,47	653,26	101,11	941,17	91,43	884,59	95,18	844,12	51,01	863,81	85,34
Moy Inter	**658,24**		**678,82**		**872,92**		**745,15**		**938,36**		**926,79**		**923,06**		**914,37**	
ET Inter	**52,49**		**68,92**		**99,92**		**68,01**		**41,99**		**40,28**		**49,98**		**38,72**	

<u>Contexte /pi/</u>

Voir Tableaux 139-144.

<u>Contexte /pu/</u>

Voir Tableaux 145-150.

Les valeurs absolues de F2 en Hz

Contexte /pa/

Tableau 157 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1516,67	42,01	1515,89	46,82	1493,22	49,71	1451,44	39,84	1741,90	64,63	1723,89	61,70	1720,09	58,19	1737,80	62,65
GYF	1571,50	23,92	1539,60	34,81	1565,30	38,67	1592,50	30,48	1808,56	170,07	1771,70	191,74	1761,10	90,46	1830,43	208,52
HLT	1601,92	68,83	1647,20	56,36	1634,70	58,75	1594,10	51,96	1663,50	76,61	1661,44	36,80	1694,80	80,55	1650,44	67,92
JSQ	1660,18	44,57	1653,82	30,99	1652,91	34,31	1672,45	60,47	1767,40	49,80	1740,20	70,70	1732,10	62,14	1778,60	25,20
JRX	1488,21	59,82	1539,21	92,18	1463,86	51,47	1538,57	39,46	1743,73	66,39	1667,00	43,57	1670,45	92,12	1677,73	66,39
MSH	1579,90	37,06	1603,90	24,50	1593,09	33,06	1568,10	20,11	1630,40	56,73	1654,00	36,03	1626,00	97,03	1671,20	65,48
TYX	1672,10	42,56	1662,70	72,21	1664,90	43,74	1627,50	60,56	1793,38	48,14	1809,25	50,63	1820,75	34,97	1801,83	51,77
WY	1560,40	44,70	1537,20	55,88	1533,40	46,57	1531,60	104,65	1671,90	114,43	1640,30	79,63	1641,30	112,04	1640,10	91,57
ZBJ	1668,90	43,87	1685,27	76,26	1688,40	54,51	1724,40	96,79	1740,55	35,62	1711,55	35,65	1725,18	36,61	1771,00	49,03
ZDN	1638,45	25,79	1613,09	53,86	1615,80	48,78	1616,10	45,12	1653,30	71,87	1648,00	31,91	1647,10	38,79	1683,50	62,89
ZLL	1639,20	49,49	1642,80	60,97	1600,30	91,62	1593,20	62,53	1713,00	63,51	1679,00	42,53	1685,64	81,17	1713,82	36,59
ZMY	1552,44	42,43	1528,00	51,92	1523,89	73,65	1485,89	47,94	1644,00	42,58	1399,80	141,82	1516,10	169,87	1582,90	85,96
ZXF	1512,42	40,54	1497,82	45,81	1490,64	44,91	1446,00	38,86	1680,11	209,44	1564,75	87,06	1566,63	66,34	1607,89	42,84
Moy Inter	**1589,41**		**1589,73**		**1578,49**		**1572,45**		**1711,67**		**1666,99**		**1677,48**		**1703,63**	
ET Inter	**60,31**		**62,61**		**69,97**		**78,59**		**56,46**		**98,08**		**77,57**		**73,32**	

Tableau 158 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1520,89	79,66	1570,78	37,15	1562,78	50,45	1540,78	82,16	1837,20	69,57	1766,20	39,80	1711,50	46,54	1804,20	66,81
GYF	1635,90	34,09	1579,50	23,83	1618,90	37,88	1611,30	37,87	1897,78	124,93	1851,00	132,64	1847,80	65,32	1932,60	119,99
HLT	1665,08	59,22	1693,20	64,55	1667,50	56,34	1709,40	50,03	1791,40	52,22	1779,70	68,30	1754,50	89,11	1757,20	49,68
JSQ	1712,18	55,95	1717,55	41,15	1734,55	25,86	1734,27	24,46	1867,10	34,14	1793,20	63,65	1807,90	48,61	1845,40	47,85
JRX	1619,57	43,58	1638,50	53,69	1623,71	64,68	1632,29	65,97	1839,45	39,01	1800,18	48,18	1769,82	41,38	1774,27	58,21
MSH	1651,90	57,26	1670,60	32,15	1678,09	22,75	1656,60	54,10	1762,40	31,73	1748,20	46,60	1751,10	37,69	1772,80	36,59
TYX	1705,10	60,18	1770,00	38,09	1781,00	34,64	1762,22	62,17	1935,23	66,00	1951,17	36,43	1919,42	67,34	1914,75	49,82
WY	1687,50	36,08	1680,40	69,07	1649,50	71,46	1703,10	46,14	1849,80	45,17	1817,60	40,16	1782,40	60,63	1776,80	42,16
ZBJ	1703,40	64,06	1749,09	59,99	1758,30	77,37	1765,00	48,17	1835,27	70,00	1797,27	28,88	1830,64	54,52	1898,27	79,68
ZDN	1703,27	61,90	1691,91	27,42	1698,30	30,10	1691,10	65,19	1741,30	72,01	1723,70	55,72	1701,10	34,90	1803,40	41,39
ZLL	1713,10	70,95	1740,10	59,00	1715,70	47,47	1670,70	94,04	1861,64	50,84	1771,36	35,69	1789,64	82,11	1869,09	73,98
ZMY	1654,89	44,12	1656,22	28,24	1606,67	42,00	1614,22	46,05	1715,10	86,90	1615,90	72,86	1625,70	73,32	1650,60	55,70
ZXF	1514,83	77,01	1561,36	39,01	1549,18	54,87	1536,50	79,57	1719,78	25,35	1685,89	50,81	1671,67	49,39	1717,33	38,59
Moy Inter	**1652,89**		**1670,71**		**1664,94**		**1663,65**		**1819,50**		**1777,03**		**1766,40**		**1808,98**	
ET Inter	**64,56**		**65,38**		**69,17**		**71,74**		**65,90**		**76,84**		**75,00**		**78,03**	

Tableau 159 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1535,25	85,39	1609,78	54,90	1620,44	33,05	1565,89	66,30	1770,33	38,77	1739,55	29,33	1677,30	92,61	1735,90	71,67
GYF	1618,60	41,35	1586,50	36,45	1597,40	25,24	1591,60	26,97	1909,70	98,09	1850,50	101,45	1791,00	84,44	1932,50	122,96
HLT	1633,75	57,87	1688,00	57,72	1680,70	54,88	1654,00	44,87	1794,50	67,46	1700,20	43,47	1707,30	66,18	1763,60	34,75
JSQ	1708,20	83,57	1704,27	48,67	1682,18	43,02	1708,45	93,11	1835,30	48,58	1771,80	73,33	1780,60	70,74	1827,30	53,41
JRX	1582,86	52,61	1691,86	45,98	1697,50	51,71	1566,29	58,73	1822,45	50,94	1825,00	33,22	1790,91	59,90	1797,00	53,82
MSH	1688,60	43,74	1719,10	33,58	1687,00	31,15	1669,60	49,95	1772,20	41,08	1773,20	88,59	1753,80	37,89	1752,50	41,51
TYX	1652,30	47,71	1743,90	42,81	1761,20	46,05	1816,33	73,33	1970,46	90,05	1946,67	50,82	1972,50	57,68	1953,33	67,58
WY	1723,20	46,74	1726,60	42,65	1733,70	52,51	1737,70	82,75	1768,00	79,19	1780,20	57,46	1798,90	40,14	1772,10	103,62
ZBJ	1717,30	61,19	1741,82	41,17	1777,30	47,97	1756,50	35,69	1829,09	44,35	1777,09	51,13	1815,18	36,60	1879,73	54,91
ZDN	1715,82	46,31	1698,91	33,19	1669,10	42,71	1715,50	47,73	1733,40	43,80	1703,50	43,96	1678,20	74,85	1782,10	60,76
ZLL	1665,11	83,13	1633,40	111,01	1722,70	73,05	1692,00	33,92	1848,18	51,12	1736,09	43,82	1735,55	55,51	1812,00	57,11
ZMY	1638,00	30,73	1674,89	23,88	1656,00	42,54	1618,44	58,41	1741,00	60,06	1562,10	83,64	1577,60	66,38	1660,90	60,91
ZXF	1532,36	78,39	1598,18	49,86	1602,82	49,40	1563,70	66,68	1703,67	43,00	1678,33	65,05	1638,67	53,52	1690,67	28,11
Moy Inter	**1647,03**		**1678,25**		**1683,70**		**1665,85**		**1807,56**		**1757,25**		**1747,50**		**1796,89**	
ET Inter	**63,32**		**52,10**		**54,05**		**78,07**		**70,80**		**88,48**		**94,04**		**82,41**	

Tableau 160 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1538,56	81,99	1633,22	34,24	1632,38	44,98	1535,11	67,33	1776,50	47,92	1731,36	57,97	1773,56	53,34	1754,50	50,10
GYF	1650,30	29,23	1633,90	35,58	1613,30	33,44	1618,50	25,78	1960,50	115,02	1891,10	127,31	1826,90	116,61	1892,20	84,83
HLT	1644,25	52,13	1671,30	77,35	1658,40	47,75	1615,90	66,93	1769,90	46,90	1755,30	46,83	1733,30	106,86	1738,10	43,67
JSQ	1754,80	78,03	1719,91	66,03	1743,09	71,36	1748,55	68,59	1870,30	61,07	1768,10	94,32	1736,40	95,23	1835,00	46,19
JRX	1542,00	53,64	1711,29	33,55	1692,43	36,42	1657,64	91,04	1850,73	63,98	1793,18	63,10	1716,55	90,90	1778,00	77,42
MSH	1693,80	32,71	1742,70	48,28	1651,73	49,07	1719,00	41,46	1771,70	26,77	1742,10	69,34	1720,50	40,85	1734,40	50,86
TYX	1630,10	38,91	1747,00	59,05	1760,00	69,22	1766,80	49,82	1982,92	68,29	2018,33	64,32	1978,33	98,15	1958,33	73,17
WY	1758,00	98,87	1755,50	53,02	1746,90	48,70	1762,90	74,93	1776,89	75,38	1776,50	84,62	1753,56	46,66	1772,70	58,54
ZBJ	1733,50	60,59	1750,64	74,73	1749,20	89,58	1754,90	55,01	1831,64	58,58	1782,09	58,94	1796,45	71,85	1861,00	56,94
ZDN	1749,82	67,39	1689,91	46,68	1703,40	57,60	1700,20	30,84	1786,10	38,93	1712,40	41,22	1641,90	95,83	1761,20	64,39
ZLL	1706,20	106,63	1715,22	79,59	1793,50	61,55	1736,60	161,51	1837,82	65,64	1745,36	90,16	1713,18	71,07	1793,64	97,67
ZMY	1664,89	42,81	1662,00	43,06	1655,44	38,87	1639,33	57,93	1730,80	62,94	1627,00	102,23	1507,89	89,84	1622,30	71,77
ZXF	1516,17	107,44	1627,18	44,55	1627,90	32,35	1538,50	63,77	1718,44	31,71	1705,67	58,98	1671,56	51,57	1674,00	47,64
Moy Inter	**1660,18**		**1696,91**		**1694,44**		**1676,46**		**1820,33**		**1772,96**		**1736,16**		**1782,72**	
ET Inter	**81,32**		**45,41**		**56,72**		**78,81**		**77,57**		**91,13**		**103,24**		**85,52**	

Tableau 161 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1582,00	78,41	1717,33	51,44	1699,78	33,47	1610,78	72,73	1803,30	59,62	1807,36	46,71	1832,45	71,44	1786,50	40,40
GYF	1667,90	39,02	1667,70	40,91	1633,10	38,45	1641,10	42,28	1968,10	101,83	1897,00	117,39	1821,50	53,79	1912,00	54,83
HLT	1698,08	34,42	1649,10	33,79	1718,50	45,87	1660,70	48,43	1750,50	48,25	1721,20	35,99	1689,30	63,18	1726,90	45,90
JSQ	1808,18	41,69	1773,82	33,67	1846,27	44,58	1789,64	52,12	1907,30	78,34	1868,60	73,64	1798,00	107,47	1842,60	55,69
JRX	1604,86	128,98	1722,64	49,30	1716,07	27,84	1744,57	46,48	1840,27	50,55	1833,82	48,23	1751,09	69,25	1758,45	65,14
MSH	1736,10	41,25	1804,90	21,36	1670,18	85,09	1769,10	35,73	1782,30	52,32	1743,40	52,19	1674,70	67,21	1720,60	85,88
TYX	1695,50	45,34	1792,10	43,87	1789,80	51,83	1788,10	33,75	1929,23	81,50	1991,17	67,02	1909,42	42,55	1910,42	57,81
WY	1838,30	121,18	1849,20	79,10	1885,30	33,95	1839,50	54,73	1841,44	58,37	1802,70	67,71	1777,80	105,46	1836,40	152,53
ZBJ	1775,50	61,46	1801,91	43,08	1795,10	33,58	1768,80	36,42	1850,00	41,66	1837,91	43,86	1815,18	53,58	1851,55	34,05
ZDN	1834,27	46,81	1786,55	49,09	1769,90	40,71	1781,60	33,24	1831,50	50,40	1795,50	44,02	1700,70	64,08	1780,50	66,25
ZLL	1844,67	104,51	1920,00	181,52	1983,20	88,27	1900,40	66,31	1900,91	84,25	1877,27	83,49	1779,09	66,63	1830,27	53,55
ZMY	1726,11	42,69	1696,00	39,59	1685,11	79,87	1697,00	27,86	1741,70	54,80	1713,50	54,88	1559,80	96,09	1627,00	98,44
ZXF	1565,25	72,72	1707,18	55,45	1706,45	32,83	1610,80	67,70	1777,11	46,67	1757,44	42,87	1722,75	42,06	1734,56	57,18
Moy Inter	**1721,29**		**1760,65**		**1761,44**		**1738,62**		**1840,28**		**1818,99**		**1756,29**		**1793,67**	
ET Inter	**93,55**		**73,47**		**94,09**		**85,54**		**67,42**		**75,10**		**84,89**		**77,99**	

Tableau 162 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1573,67	177,69	1744,44	79,30	1735,33	41,05	1659,78	90,43	1825,80	38,09	1809,09	44,38	1782,45	74,96	1815,00	76,54
GYF	1620,50	65,12	1613,20	55,91	1605,70	47,39	1579,00	44,64	1778,90	71,97	1796,80	94,97	1765,90	53,35	1753,20	194,77
HLT	1610,08	71,40	1643,50	69,94	1734,20	54,64	1647,80	54,83	1693,10	52,75	1711,80	77,94	1764,78	143,70	1663,00	91,30
JSQ	1808,91	73,92	1808,36	86,92	1850,36	54,36	1796,18	70,26	1871,30	32,50	1871,40	44,88	1858,60	53,12	1863,80	63,31
JRX	1660,07	76,43	1675,50	68,54	1703,36	46,77	1659,62	83,18	1858,27	39,53	1767,91	65,52	1749,64	100,05	1766,18	95,18
MSH	1751,80	162,53	1761,40	53,70	1706,20	48,88	1729,11	168,31	1863,30	83,89	1768,10	33,84	1652,70	83,63	1774,90	59,48
TYX	1730,90	79,77	1813,30	32,34	1799,50	54,54	1803,80	48,30	1919,92	46,16	1923,92	101,19	1862,92	65,93	1858,70	46,52
WY	1784,00	66,96	1800,20	159,19	1885,30	23,48	1844,20	62,62	1896,78	54,13	1873,67	165,17	1853,00	86,34	1880,30	103,27
ZBJ	1792,60	50,22	1777,36	25,87	1797,50	43,01	1787,30	42,85	1847,18	36,31	1849,82	47,92	1828,36	37,18	1818,27	34,98
ZDN	1753,82	48,26	1744,09	75,54	1796,90	48,67	1803,60	51,34	1817,20	56,72	1815,70	39,65	1796,20	74,59	1833,70	51,20
ZLL	1878,11	135,48	1933,89	81,61	2018,50	77,67	1963,38	303,49	1903,55	64,03	1906,40	71,50	1835,50	164,24	1844,82	92,64
ZMY	1709,11	82,80	1697,78	51,08	1714,00	85,19	1711,67	32,48	1792,70	64,39	1770,30	57,77	1660,00	61,39	1696,90	70,64
ZXF	1583,50	154,34	1742,00	71,74	1736,55	78,85	1643,20	106,00	1792,38	57,07	1767,67	45,08	1775,00	48,95	1757,56	109,94
Moy Inter	**1712,08**		**1750,39**		**1775,65**		**1740,66**		**1835,41**		**1817,89**		**1783,47**		**1794,33**	
ET Inter	**91,76**		**79,95**		**98,33**		**100,72**		**59,37**		**60,52**		**65,57**		**63,50**	

Contexte /pi/

Tableau 163 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2846,71	72,88	2755,75	177,53	2824,00	80,61	2729,13	48,52	3029,00	369,49	2759,20	368,99	2961,50	231,36	2848,50	230,89
GYF	2540,50	70,90	2587,40	59,27	2536,10	122,04	2523,00	55,21	2555,50	360,81	2670,10	277,81	2512,30	291,60	2529,40	239,67
HLT	2767,00	111,37	2900,20	205,86	2467,67	179,60	2808,67	141,37	2760,20	256,56	3027,13	208,50	2846,13	184,30	2773,78	253,44
JSQ	2993,25	77,17	3039,20	83,86	3009,00	140,01	2203,75	70,55	2511,50	317,89	2513,00	209,91	2685,10	174,89	2577,70	221,64
JRX	2699,07	114,11	2590,73	114,51	2647,86	93,44	2779,50	159,47	2479,00	194,82	2457,90	313,46	2457,89	277,24	2588,18	196,17
MSH	3057,90	53,39	3107,60	67,69	3037,00	180,85	3064,00	68,90	2630,90	176,60	2643,40	192,75	2691,56	156,67	2671,78	196,69
TYX	2916,40	100,47	2901,80	43,48	2903,80	51,14	2936,40	83,08	2891,09	181,44	2863,09	273,83	2716,55	231,68	2643,25	207,21
WY	3115,30	146,37	2934,60	180,71	3014,20	203,97	3066,88	136,91	2825,75	105,94	2795,80	194,57	2848,80	222,79	2843,56	158,36
ZBJ	2521,13	140,15	2643,90	280,55	2494,70	163,04	2619,11	229,46	2985,86	256,70	2851,00	289,13	2804,73	203,64	2804,20	173,74
ZDN	2846,86	135,35	3123,80	103,34	2822,50	221,21	2887,43	128,72	2779,30	142,19	2831,10	117,63	2825,90	283,58	2761,20	147,94
ZLL	3021,63	107,40	3025,40	152,23	2975,78	203,43	2932,38	169,36	2541,36	219,89	2497,33	119,79	2556,67	121,32	2502,13	105,43
ZMY	3100,56	136,64	3127,75	142,67	2926,50	171,21	3076,14	112,55	2886,25	206,14	2782,38	179,18	2782,30	185,24	2804,20	176,01
ZXF	2749,50	143,80	2750,10	159,19	2771,00	63,80	2690,70	74,63	2634,00	145,38	2697,89	174,58	2623,56	157,58	2680,50	88,94
Moy Inter	**2859,68**		**2883,71**		**2802,32**		**2793,62**		**2731,52**		**2722,25**		**2716,38**		**2694,49**	
ET Inter	**190,81**		**192,18**		**196,45**		**239,04**		**178,35**		**158,21**		**142,18**		**115,45**	

Tableau 164 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2991,78	65,20	2989,00	106,13	2965,86	75,53	2965,00	54,27	2976,43	56,93	2905,33	84,88	3033,38	102,81	3059,60	114,05
GYF	2715,50	199,32	2704,33	59,68	2511,30	143,22	2752,00	102,28	2897,00	204,56	2925,83	326,37	3074,11	331,64	2690,56	166,90
HLT	2783,11	123,00	2726,43	114,45	2833,50	108,54	2814,80	160,52	2895,83	240,97	2946,60	146,62	2859,40	165,52	2774,43	222,07
JSQ	3199,70	51,11	3170,00	84,56	3126,70	33,63	3210,80	34,11	2884,78	240,51	2741,70	181,23	2887,22	267,27	2941,38	154,66
JRX	2909,71	77,41	2949,67	58,24	2986,77	56,58	3007,71	45,37	2928,73	131,59	2883,11	162,59	2842,00	261,16	2969,50	118,92
MSH	3066,10	28,46	3089,60	30,43	3075,40	27,85	3118,90	50,50	3083,33	109,27	2959,00	95,59	2997,44	98,20	2952,33	269,16
TYX	2954,90	59,50	2948,80	40,36	2925,70	41,44	2995,60	49,79	3063,11	56,84	3056,88	129,62	3103,91	89,60	3085,18	157,93
WY	3051,00	56,12	3045,33	54,67	3038,30	58,81	3060,78	71,54	3071,40	59,29	3054,75	84,20	3084,70	82,90	3065,80	44,42
ZBJ	3093,30	82,19	2991,33	229,29	3007,20	76,18	3079,50	97,87	3052,67	118,56	3023,88	88,48	2990,50	50,71	3016,45	103,26
ZDN	3026,90	117,43	2998,50	108,41	2983,90	92,53	3015,00	70,15	2909,40	66,85	2869,40	101,43	2839,40	106,75	2903,80	96,68
ZLL	2981,82	55,89	3000,90	85,67	2992,80	89,14	2898,50	291,78	2914,80	19,53	2873,40	105,02	2958,91	73,25	2888,73	61,62
ZMY	3057,20	39,55	3077,90	52,98	3046,00	80,14	3133,00	80,70	2926,60	62,23	2968,27	55,04	3001,90	91,78	2964,60	42,23
ZXF	2970,60	189,71	2966,89	146,96	2959,90	67,35	2953,10	60,82	2936,33	146,14	3056,40	139,15	3039,25	164,46	2963,90	146,06
Moy Inter	**2984,74**		**2973,74**		**2957,95**		**3000,36**		**2964,65**		**2943,43**		**2977,86**		**2944,33**	
ET Inter	**122,77**		**125,51**		**146,16**		**122,82**		**72,23**		**88,51**		**89,78**		**108,34**	

Tableau 165 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	3035,63	86,05	2918,43	146,34	2793,22	82,30	3012,78	78,16	2959,00	91,51	2962,14	138,15	3032,89	164,07	2972,43	84,60
GYF	2723,50	145,26	2662,00	50,83	2540,00	104,64	2748,78	88,61	2943,43	363,29	3089,83	383,40	3020,14	381,15	2795,72	230,57
HLT	2810,50	206,34	2712,00	158,78	2784,57	94,19	2862,63	129,49	2915,89	217,15	2908,25	240,97	2822,63	250,37	2994,44	195,68
JSQ	3228,22	92,29	3178,00	96,53	3146,00	53,65	3322,43	38,79	3088,29	67,28	2921,50	174,01	2840,38	249,66	2972,67	144,38
JRX	2940,36	59,37	2966,80	37,29	3003,93	67,15	3035,00	37,82	2982,64	86,93	2945,90	128,54	3027,18	119,49	2968,22	84,34
MSH	3057,10	28,73	3084,80	43,88	3068,80	25,70	3113,20	27,84	2988,33	165,23	2899,67	113,95	2948,63	98,26	3008,50	126,19
TYX	3002,40	52,59	2956,50	37,72	2957,70	25,19	3058,50	44,33	3116,11	72,78	3186,14	200,53	3171,18	109,90	3089,60	203,25
WY	3069,33	64,48	3070,70	43,52	3112,80	47,74	3113,60	66,60	3061,33	55,78	3058,22	98,09	3055,89	73,29	3094,60	60,11
ZBJ	3106,00	98,90	3019,00	81,43	3043,10	82,92	3163,70	105,12	3002,36	83,02	3008,50	46,45	2969,82	69,44	3049,36	45,47
ZDN	3041,20	119,26	2968,50	106,76	3004,50	97,92	3014,00	82,54	2944,90	60,60	2933,67	98,56	2848,50	85,56	2912,70	100,58
ZLL	3034,09	87,49	3041,22	51,04	3114,60	77,34	3066,56	64,83	2918,27	68,97	2906,10	87,50	2892,09	115,96	2908,27	90,13
ZMY	3072,60	49,58	3072,80	70,98	3057,60	109,87	3100,80	70,25	2976,27	96,79	3010,36	62,22	3003,30	94,02	2980,10	71,70
ZXF	2958,22	197,33	2891,13	119,54	2823,22	58,65	2993,00	81,52	2996,33	132,51	3071,20	175,17	3011,60	251,27	2970,11	98,21
Moy Inter	**3006,09**		**2964,76**		**2957,70**		**3046,54**		**2991,78**		**2992,42**		**2972,63**		**2978,21**	
ET Inter	**123,41**		**139,99**		**168,17**		**133,00**		**60,03**		**84,51**		**96,14**		**75,91**	

Tableau 166 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	3079,11	47,88	2935,57	104,07	2810,50	176,00	2993,00	81,84	2938,56	118,61	2868,89	111,19	2917,11	146,18	2949,29	92,42
GYF	2730,10	92,26	2612,50	114,68	2512,70	125,82	2717,20	110,37	3053,83	293,95	3125,00	289,64	3007,22	280,86	2911,57	153,14
HLT	2868,40	177,61	2778,75	160,25	2721,00	191,69	2926,86	98,05	2883,50	237,82	2867,67	48,76	2959,17	254,14	3000,63	126,17
JSQ	3276,60	92,41	3173,80	109,94	3152,20	46,99	3297,33	49,67	3008,43	157,00	3003,00	81,36	2780,25	234,25	2863,50	203,78
JRX	2939,93	58,22	2961,33	75,94	3020,64	38,99	3035,93	61,50	2952,09	40,81	2918,40	78,00	2986,11	115,14	2965,36	91,24
MSH	3044,60	19,51	3071,00	57,47	3091,30	35,97	3086,30	34,32	3057,43	171,12	3020,25	149,82	2924,14	114,33	3045,22	96,60
TYX	3112,80	306,58	2972,20	53,14	2981,30	25,56	3020,80	37,49	3128,64	81,30	3114,78	107,29	3141,30	105,48	3135,13	133,42
WY	3079,40	74,41	3066,10	45,26	3102,80	54,98	3082,90	54,04	3078,56	48,45	3037,00	68,70	2975,78	82,57	3082,67	112,60
ZBJ	3073,56	125,25	3082,78	71,09	3042,80	131,42	3122,90	70,95	2994,55	77,95	3039,17	128,98	2979,50	64,13	3038,18	60,92
ZDN	3051,60	127,32	3013,30	50,04	3023,22	92,98	3018,30	85,48	2920,70	53,69	2886,40	41,99	2965,30	148,93	2910,70	88,96
ZLL	3023,18	73,25	3067,78	83,75	3130,43	86,22	3080,50	56,12	2949,64	75,36	2924,80	102,91	2859,10	182,26	2913,36	86,01
ZMY	3087,60	56,47	3064,78	111,14	3043,60	191,67	3098,60	62,91	2945,36	66,09	3000,82	81,01	2987,80	115,11	3000,00	58,81
ZXF	3024,50	201,93	3024,44	126,80	2849,60	176,27	2931,70	76,45	2969,57	257,10	3110,50	139,96	2963,40	307,84	2983,33	196,25
Moy Inter	**3030,11**		**2986,49**		**2960,16**		**3031,72**		**2990,83**		**2993,59**		**2957,40**		**2984,53**	
ET Inter	**124,86**		**141,20**		**179,17**		**128,02**		**68,11**		**89,32**		**79,78**		**74,15**	

Tableau 167 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2867,13	108,56	2965,67	56,24	2825,80	182,29	2966,67	65,92	2844,10	50,08	2871,22	208,10	2882,83	109,22	2898,00	87,56
GYF	2469,40	127,68	2394,40	134,24	2467,10	136,31	2459,90	111,47	2870,44	272,69	2726,50	232,76	2632,89	88,38	2621,44	151,24
HLT	2710,56	95,18	2706,57	170,93	2701,57	281,35	2915,67	210,81	2884,78	202,60	2950,22	133,42	2876,00	98,86	2895,57	84,78
JSQ	3206,80	51,66	3111,00	54,35	3025,00	106,07	3223,38	69,91	2979,78	140,31	2998,00	92,73	2771,89	154,04	2989,14	186,18
JRX	2754,57	95,25	2851,36	100,09	3002,62	64,57	2853,86	98,91	2767,09	147,50	2756,78	129,55	2810,18	167,89	2863,20	184,11
MSH	3001,70	26,97	3031,40	67,08	3027,60	55,55	2983,30	61,22	3008,14	73,67	2997,89	57,22	2908,14	228,36	2893,75	80,10
TYX	2858,30	113,10	2776,40	78,21	2928,22	136,12	2811,00	132,63	2976,20	110,76	3045,78	140,58	3050,18	159,79	3072,50	74,20
WY	3020,30	71,36	3025,10	80,89	3090,11	72,74	3053,90	51,24	3016,89	63,27	2958,22	36,96	2959,22	96,16	2997,33	109,58
ZBJ	3073,00	117,29	3099,50	130,03	2975,50	186,17	3011,89	77,06	2911,55	137,10	2946,11	139,55	3040,11	132,15	2981,40	152,22
ZDN	2908,78	194,79	2890,44	113,73	2955,33	59,22	2909,30	129,88	2837,78	133,09	2876,00	89,73	2835,50	165,16	2855,56	75,25
ZLL	2976,45	111,30	3025,90	106,24	3137,14	66,92	2988,40	52,93	2813,09	69,64	2853,70	124,46	2794,45	141,51	2876,45	103,38
ZMY	3117,70	75,68	3156,10	60,73	3081,89	209,10	3152,70	45,35	2899,09	122,32	2970,00	68,28	2993,60	85,09	2903,60	71,46
ZXF	2839,00	145,56	2883,50	81,00	2774,80	146,71	2921,70	53,81	2757,88	71,21	2837,38	120,59	2904,00	118,82	2847,00	139,19
Moy Inter	**2907,98**		**2916,72**		**2922,51**		**2942,43**		**2889,75**		**2906,75**		**2881,46**		**2899,61**	
ET Inter	**186,13**		**198,15**		**179,49**		**176,50**		**83,12**		**92,35**		**111,65**		**103,09**	

Tableau 168 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2708,71	114,86	2621,25	146,50	2623,83	196,13	2690,88	122,60	2773,10	116,74	2848,00	196,12	2642,17	208,48	2787,25	77,91
GYF	2387,70	167,63	2238,00	144,66	2379,70	197,27	2427,60	131,07	2606,57	448,12	2628,75	305,90	2716,25	338,06	2537,22	407,51
HLT	2431,78	198,49	2461,00	162,93	2532,86	270,86	2677,17	162,77	2716,40	194,45	2688,60	237,90	2759,11	164,19	2626,70	156,53
JSQ	3022,25	140,67	3032,83	214,16	3095,75	84,22	3205,67	121,06	2756,00	180,49	2762,70	152,62	2699,50	214,97	2819,11	181,25
JRX	2583,00	95,91	2791,08	182,28	2837,27	194,17	2624,15	99,42	2475,11	355,19	2529,56	234,95	2693,18	327,71	2687,73	224,42
MSH	2878,10	91,57	2827,78	208,21	2890,33	148,63	2884,60	103,34	2795,90	212,02	2721,33	134,90	2691,88	276,64	2781,40	207,11
TYX	2726,89	148,03	2606,30	136,17	2679,00	201,20	2643,89	151,19	2696,00	93,14	2567,57	128,31	2754,11	240,28	2670,80	188,59
WY	2893,00	149,74	3062,67	135,45	2863,00	207,54	3008,40	151,87	2648,75	145,82	2735,50	218,43	2883,33	151,42	2809,43	168,47
ZBJ	2893,38	139,08	2782,33	191,84	2657,50	173,91	2810,90	240,13	2517,67	144,44	2853,33	191,85	3062,00	188,09	2574,33	114,94
ZDN	2446,00	122,91	2563,00	161,80	2757,00	187,98	2593,57	109,65	2690,22	178,33	2574,70	159,92	2726,33	281,35	2568,71	198,62
ZLL	2798,70	281,39	2764,38	96,12	3027,00	134,59	2778,63	129,90	2585,00	114,47	2672,78	178,81	2635,78	129,63	2699,36	147,25
ZMY	2968,56	139,49	2979,88	160,87	2970,50	248,44	2973,33	101,51	2659,33	177,43	2652,29	194,43	2684,11	128,32	2673,00	178,02
ZXF	2717,22	159,90	2576,56	168,62	2560,00	141,70	2687,40	113,33	2652,38	109,21	2667,56	158,03	2703,11	242,18	2603,75	104,11
Moy Inter	**2727,33**		**2715,93**		**2759,52**		**2769,71**		**2659,42**		**2684,82**		**2742,37**		**2679,91**	
ET Inter	**202,13**		**227,43**		**202,62**		**198,09**		**91,55**		**95,93**		**109,73**		**92,42**	

Contexte /pu/

Tableau 169 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1320,00	103,16	1355,33	97,49	1378,00	67,20	1279,11	83,30	1119,14	165,86	1230,89	49,08	1126,60	124,59	1231,71	82,97
GYF	906,86	206,11	1054,43	160,16	925,88	138,10	872,20	173,89	1302,89	82,04	1327,30	96,88	1287,00	64,84	1303,80	68,50
HLT	1295,00	129,63	1330,00	145,47	1238,00	108,18	1293,25	88,05	1266,57	130,74	1264,70	84,34	1315,80	112,74	1277,11	109,12
JSQ	1220,10	167,22	1265,38	105,06	1253,00	150,50	1216,83	259,79	1295,11	59,63	1358,60	88,99	1311,60	59,99	1350,80	101,24
JRX	1226,79	57,67	1232,50	85,20	1234,36	85,28	1160,36	60,45	1267,82	121,36	1236,80	68,64	1313,70	69,02	1259,22	53,46
MSH	1126,56	139,73	1201,14	154,81	1196,25	177,73	1053,00	190,27	1160,90	131,85	1198,70	123,10	1164,40	109,02	1184,70	101,50
TYX	900,89	168,20	945,78	183,97	960,27	130,98	963,50	113,81	1368,20	101,73	1340,73	147,66	1344,00	163,87	1254,30	143,35
WY	1185,89	139,53	1231,22	144,62	1141,57	206,09	1144,40	100,04	1321,22	127,59	1193,00	79,97	1333,22	132,66	1212,50	71,04
ZBJ	1208,44	119,97	1244,60	149,40	1237,50	164,43	1209,91	125,05	1226,89	126,50	1109,60	193,04	1257,33	173,63	1273,70	180,01
ZDN	1025,80	55,41	1067,40	68,50	1108,80	73,20	1035,70	92,26	1071,13	105,27	1023,88	115,16	1037,57	158,42	1001,70	118,31
ZLL	1214,00	109,90	1339,00	67,00	1344,78	119,14	1211,00	83,97	1087,00	95,98	1078,67	114,41	1108,91	105,85	1170,50	177,02
ZMY	1263,33	169,43	1332,88	115,22	1276,00	136,23	1301,00	231,61	1243,56	139,84	1338,70	119,38	1355,10	62,96	1397,90	37,93
ZXF	1355,33	80,41	1355,90	78,30	1351,22	73,76	1296,10	70,45	1278,33	144,71	1364,86	97,58	1271,44	130,24	1362,22	122,55
Moy Inter	**1173,00**		**1227,35**		**1203,51**		**1156,64**		**1231,44**		**1235,88**		**1248,21**		**1252,32**	
ET Inter	**140,00**		**125,36**		**133,68**		**132,17**		**89,87**		**107,88**		**99,39**		**97,20**	

Tableau 170 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	969,40	217,66	1094,63	118,68	1074,11	127,91	1036,13	66,89	1182,90	116,43	1226,11	67,66	1119,25	116,75	1142,22	67,64
GYF	795,00	64,16	837,90	70,67	779,00	105,74	705,83	59,59	1264,60	103,88	1268,40	105,66	1259,40	49,16	1302,00	99,41
HLT	727,40	51,08	850,78	81,13	983,89	105,51	685,80	40,41	1203,75	89,70	1261,33	70,13	1214,50	87,85	1281,44	175,23
JSQ	917,50	234,05	910,29	275,77	1077,43	204,48	881,33	207,21	1217,50	42,12	1230,90	97,89	1230,78	118,97	1340,44	96,21
JRX	829,15	92,81	968,50	64,86	966,29	89,18	832,50	26,56	1018,45	80,79	1052,64	117,85	1109,56	86,12	1113,30	146,26
MSH	1085,67	117,06	1119,11	144,48	1118,50	126,47	784,13	72,37	1071,00	85,38	992,90	107,20	1082,00	69,50	1071,50	75,14
TYX	752,40	50,08	758,67	120,29	795,82	113,18	802,00	99,07	1242,29	223,98	1297,20	180,81	1298,80	114,83	1258,78	192,26
WY	867,80	213,66	1224,43	117,90	980,00	188,72	1073,44	74,19	1336,10	158,94	1268,80	95,05	1320,00	80,80	1240,43	118,56
ZBJ	1046,80	216,42	1164,67	169,65	1012,22	118,00	1009,70	172,43	1098,90	158,57	1177,89	180,46	1220,91	99,33	1247,88	102,94
ZDN	902,10	76,90	984,80	65,40	1010,20	75,25	914,60	93,23	1007,38	170,14	1039,11	131,31	1053,83	239,16	937,56	75,66
ZLL	756,33	152,32	874,80	53,82	836,90	141,66	705,71	53,00	966,18	86,11	990,09	111,12	1009,91	78,62	1011,00	84,93
ZMY	846,20	102,06	978,67	98,14	976,90	118,03	909,88	100,50	1185,00	114,65	1251,44	60,93	1287,14	71,64	1239,78	156,72
ZXF	923,22	203,96	1019,89	108,74	1013,20	116,78	988,60	116,28	1284,38	88,05	1236,56	121,81	1303,63	120,28	1320,86	74,83
Moy Inter	**878,38**		**983,62**		**971,11**		**871,51**		**1159,88**		**1176,41**		**1193,05**		**1192,86**	
ET Inter	**106,63**		**132,93**		**101,74**		**126,35**		**112,01**		**109,56**		**101,19**		**121,41**	

Tableau 171 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	969,88	178,82	1151,83	182,47	1008,25	105,47	1008,14	69,71	1158,38	69,77	1178,22	71,64	1237,00	94,27	1205,67	66,77
GYF	776,80	58,77	874,10	95,56	743,00	127,47	745,11	25,59	1242,70	68,57	1243,20	61,01	1196,90	94,57	1207,40	60,31
HLT	765,71	64,49	934,13	168,36	934,00	164,27	754,86	90,93	1171,22	151,11	1311,75	66,86	1292,44	116,56	1224,29	147,68
JSQ	715,00	220,40	856,00	253,69	994,63	236,76	935,33	56,92	1215,43	130,30	1267,50	148,15	1195,00	112,41	1314,44	89,21
JRX	782,92	95,54	992,07	96,23	841,64	96,81	722,69	59,02	1036,18	74,79	1084,27	160,29	1095,71	245,38	1087,67	150,79
MSH	1068,40	246,03	960,00	164,05	1052,86	103,87	888,67	148,63	1022,30	118,37	926,10	115,12	1019,60	98,80	1010,50	59,45
TYX	729,63	113,81	743,75	73,95	867,55	200,42	801,90	74,30	1258,67	76,03	1298,60	93,19	1307,40	185,72	1250,36	136,03
WY	1071,00	198,64	1186,43	118,83	977,80	148,46	1013,86	72,68	1238,00	75,80	1231,11	92,85	1300,67	95,14	1241,78	144,53
ZBJ	1019,75	84,48	1214,00	158,69	988,56	166,30	925,67	186,09	1099,50	172,38	1083,56	161,83	1176,43	177,54	1106,13	113,62
ZDN	907,70	72,31	967,56	37,38	1023,50	83,37	964,70	75,61	992,25	198,75	1078,78	188,59	1057,75	143,78	989,20	54,01
ZLL	811,50	204,35	848,90	90,00	802,78	168,37	758,20	103,36	935,36	83,34	948,70	82,31	979,13	61,60	997,45	64,86
ZMY	864,56	106,30	985,13	79,00	899,89	81,96	879,56	155,43	1192,10	86,13	1142,33	172,03	1246,33	75,50	1231,10	95,48
ZXF	961,22	188,72	1059,33	205,47	1007,60	120,43	979,63	112,78	1288,00	90,51	1193,00	109,15	1274,88	83,30	1315,75	81,29
Moy Inter	**880,31**		**982,56**		**934,00**		**875,25**		**1142,31**		**1152,86**		**1183,02**		**1167,83**	
ET Inter	**122,43**		**134,60**		**91,76**		**102,25**		**109,46**		**119,09**		**106,92**		**111,55**	

Tableau 172 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1072,86	203,88	1073,67	36,27	1081,75	80,56	994,25	16,68	1195,00	88,12	1157,33	69,42	1146,00	145,51	1154,44	73,10
GYF	851,44	129,61	942,00	120,64	904,20	197,09	836,50	70,75	1223,56	50,85	1188,44	105,21	1204,00	164,52	1193,90	63,27
HLT	933,33	92,06	940,25	191,31	1160,00	143,55	802,25	115,21	1269,20	95,69	1295,25	105,60	1264,38	112,73	1249,78	102,14
JSQ	904,00	243,85	886,43	268,61	994,29	222,44	801,63	144,86	1223,86	113,84	1213,75	90,60	1244,60	84,01	1236,30	93,75
JRX	861,50	93,59	1008,79	88,59	930,29	89,40	899,43	146,05	1099,44	135,81	997,30	89,53	1196,22	183,89	1032,10	129,39
MSH	1131,00	133,37	1143,00	60,10	1071,60	91,61	1011,25	137,19	1018,50	68,66	981,90	83,99	869,40	90,76	991,10	100,51
TYX	965,80	88,83	840,56	69,92	972,22	206,09	896,80	59,77	1255,43	131,06	1262,27	128,35	1273,18	101,71	1252,89	133,18
WY	1006,22	185,58	1183,00	50,10	981,00	208,84	1052,67	101,95	1289,43	110,83	1165,44	96,12	1244,60	69,77	1186,44	114,19
ZBJ	1158,70	83,16	1210,88	128,41	1194,11	115,79	993,56	129,03	1188,20	121,79	1077,78	139,35	1132,50	98,25	1120,44	101,72
ZDN	1013,30	60,00	1038,90	82,19	1036,40	59,62	1034,40	18,25	985,50	90,76	980,00	87,91	1036,38	65,76	1064,89	79,88
ZLL	893,13	181,56	974,70	155,04	1003,89	165,29	884,70	40,88	1016,30	52,81	1032,27	87,26	1023,80	115,79	1015,00	98,74
ZMY	905,44	102,10	1039,43	79,89	1036,89	143,44	882,22	100,10	1202,30	84,19	1198,20	150,95	1271,78	65,09	1250,20	99,53
ZXF	1057,88	179,83	1077,71	46,44	1058,56	71,80	949,17	134,15	1199,33	109,18	1173,67	113,75	1163,00	114,42	1332,25	99,14
Moy Inter	**981,12**		**1027,64**		**1032,71**		**926,06**		**1166,62**		**1132,59**		**1159,22**		**1159,98**	
ET Inter	**97,28**		**107,05**		**79,87**		**82,65**		**98,24**		**103,04**		**115,36**		**103,30**	

Tableau 173 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1183,11	102,65	1138,56	43,95	1140,25	73,31	1095,56	58,57	1211,70	50,64	1165,33	82,68	1026,50	90,90	1183,38	63,15
GYF	1132,30	109,85	1176,90	103,03	1140,50	98,47	1126,70	79,17	1228,50	64,22	1209,80	89,54	1210,33	86,14	1220,67	102,17
HLT	1194,90	118,35	1222,30	44,82	1238,40	66,11	1172,90	60,22	1215,57	70,91	1261,60	101,61	1256,86	108,97	1239,78	120,38
JSQ	1024,75	203,02	1165,30	173,58	1196,43	152,62	1110,33	125,04	1204,50	120,03	1156,38	124,54	1176,75	116,33	1211,56	101,93
JRX	1090,50	42,79	1150,57	39,87	1055,93	140,09	1107,00	46,34	1175,36	101,00	1141,73	109,17	1169,82	178,82	1130,45	68,66
MSH	1233,40	89,45	1098,90	104,16	1085,29	123,82	1149,00	61,92	1067,70	80,83	1042,60	67,57	919,00	129,19	1056,50	112,77
TYX	1132,90	79,63	1071,30	58,60	1144,27	128,89	1110,40	82,71	1242,64	96,61	1250,73	118,19	1260,90	120,43	1285,64	129,75
WY	1162,00	76,98	1187,10	61,71	1134,00	52,11	1144,50	119,67	1223,11	125,46	1158,40	136,15	1236,56	107,77	1167,78	107,26
ZBJ	1281,20	54,64	1336,82	83,41	1259,36	84,77	1220,09	125,19	1256,90	93,73	1223,36	161,38	1234,67	38,86	1237,80	141,43
ZDN	1228,90	37,70	1180,20	58,91	1159,70	48,69	1222,00	54,05	1137,00	118,15	1108,00	49,14	1176,22	123,71	1192,10	54,78
ZLL	1129,50	79,50	1162,70	73,29	1067,10	112,26	1093,00	37,37	1180,27	72,24	1141,25	118,66	1094,75	105,07	1196,45	93,71
ZMY	1090,60	45,08	1082,33	91,77	1114,11	101,77	1018,63	72,96	1237,40	67,16	1196,20	98,13	1252,00	110,79	1222,00	88,73
ZXF	1145,00	101,44	1118,70	67,13	1200,80	92,74	1094,60	55,51	1205,50	89,66	1160,13	82,12	1227,78	107,01	1220,33	115,67
Moy Inter	**1156,08**		**1160,90**		**1148,93**		**1128,05**		**1198,94**		**1170,42**		**1172,47**		**1197,26**	
ET Inter	**66,20**		**65,92**		**59,65**		**52,96**		**48,58**		**56,95**		**98,20**		**54,44**	

Tableau 174 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1236,33	49,30	1227,33	68,07	1184,78	94,70	1209,89	45,39	1194,80	117,73	1106,43	102,52	1079,00	127,90	1083,11	108,00
GYF	1484,29	76,35	1403,20	40,15	1398,00	47,68	1427,70	75,59	1423,11	180,83	1386,50	102,72	1387,20	95,66	1441,29	76,70
HLT	1321,40	92,02	1306,22	104,05	1247,60	96,49	1255,10	65,24	1322,90	110,57	1326,90	82,16	1301,78	72,75	1277,30	115,57
JSQ	1214,00	118,70	1333,80	107,19	1152,63	134,37	1264,50	77,82	1244,20	79,55	1210,78	155,67	1230,88	248,10	1226,83	123,76
JRX	1325,20	114,77	1430,50	74,74	1128,31	106,32	1347,85	65,44	1361,60	69,78	1347,67	141,20	1187,36	102,73	1278,55	86,52
MSH	1479,80	108,16	1415,75	132,47	1155,38	191,67	1416,70	130,11	1261,56	182,13	1271,57	181,81	995,80	104,05	1144,00	142,39
TYX	1135,11	75,63	1188,30	50,25	1263,55	66,94	1217,10	35,44	1409,00	94,44	1415,30	83,19	1368,55	90,40	1388,27	58,52
WY	1349,13	90,22	1290,10	96,76	1230,75	89,98	1228,30	56,67	1365,56	104,38	1339,00	80,46	1264,67	103,59	1260,00	86,82
ZBJ	1469,60	52,61	1471,45	114,46	1290,40	138,62	1375,29	236,16	1385,27	193,79	1364,14	153,17	1345,22	119,25	1411,38	80,09
ZDN	1337,60	90,51	1364,22	89,34	1351,90	92,94	1322,10	134,84	1279,71	67,02	1343,11	172,00	1248,67	157,65	1185,78	140,99
ZLL	1432,00	185,21	1479,67	150,61	1207,00	156,27	1366,80	212,28	1210,40	117,08	1163,43	93,10	1379,88	162,89	1374,33	312,84
ZMY	1215,22	69,96	1228,67	67,05	1205,10	66,51	1145,33	74,47	1279,50	39,07	1200,00	91,20	1174,70	119,79	1253,88	104,28
ZXF	1227,60	49,11	1227,40	64,75	1208,50	86,42	1205,40	49,72	1389,71	117,85	1307,25	77,71	1208,00	108,88	1228,67	96,42
Moy Inter	**1325,18**		**1335,89**		**1232,61**		**1290,93**		**1317,49**		**1290,93**		**1243,98**		**1273,34**	
ET Inter	**111,02**		**95,89**		**75,26**		**86,84**		**74,17**		**89,93**		**113,28**		**102,29**	

Les valeurs absolues de F2 en Mel

Contexte /pa/

Tableau 175 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1298,88	21,39	1298,45	23,69	1286,82	25,68	1265,23	20,91	1407,76	30,24	1399,46	28,26	1397,72	27,24	1405,90	28,82
GYF	1326,55	11,88	1310,54	17,35	1323,37	19,35	1336,88	15,05	1436,16	76,83	1418,71	88,06	1416,27	41,29	1445,21	88,00
HLT	1341,13	33,77	1363,26	26,93	1357,22	27,92	1337,50	25,59	1370,82	36,27	1370,25	17,54	1385,60	37,74	1364,69	32,14
JSQ	1369,58	21,37	1366,63	14,84	1366,18	16,44	1375,27	28,82	1419,63	22,76	1406,92	32,48	1403,26	29,10	1424,88	11,50
JRX	1284,12	30,60	1309,61	45,47	1271,59	27,06	1309,98	20,13	1408,59	30,83	1372,84	20,72	1373,84	45,60	1377,71	31,77
MSH	1330,63	18,32	1342,51	12,00	1337,16	16,26	1324,87	9,95	1355,15	27,50	1366,69	17,20	1352,43	47,38	1374,63	31,10
TYX	1375,28	20,19	1370,49	34,49	1371,84	20,87	1353,71	29,26	1431,44	21,94	1438,58	22,77	1443,84	15,49	1435,23	23,27
WY	1320,88	22,32	1309,13	28,44	1307,32	23,37	1305,50	53,36	1374,11	56,33	1359,64	38,43	1359,48	56,39	1359,35	44,36
ZBJ	1373,74	20,91	1381,17	35,65	1382,89	25,71	1399,26	43,09	1407,39	16,61	1393,92	16,52	1400,27	17,01	1421,27	22,42
ZDN	1359,28	12,40	1346,77	26,19	1348,14	23,78	1348,32	22,05	1366,00	34,38	1363,84	15,38	1363,36	18,76	1380,50	29,25
ZLL	1359,47	24,01	1361,09	29,13	1339,98	45,66	1336,94	30,90	1394,36	29,28	1378,55	20,19	1381,26	38,30	1394,97	17,11
ZMY	1316,93	21,29	1304,54	26,22	1302,18	37,16	1283,07	24,67	1361,84	20,40	1235,67	77,06	1295,59	90,75	1331,52	42,54
ZXF	1296,73	20,71	1289,22	23,48	1285,53	23,15	1262,38	20,42	1375,78	91,03	1322,51	43,94	1323,76	33,00	1344,34	20,90
Moy Inter	**1334,86**		**1334,88**		**1329,25**		**1326,07**		**1393,00**		**1371,35**		**1376,67**		**1389,25**	
ET Inter	**29,77**		**30,81**		**34,70**		**38,92**		**26,31**		**48,35**		**37,55**		**34,10**	

Tableau 176 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1300,56	40,57	1326,11	18,38	1322,02	25,21	1310,57	41,73	1450,89	30,74	1419,15	18,13	1393,82	21,78	1436,16	29,82
GYF	1358,00	16,46	1330,51	11,70	1349,74	18,49	1346,04	18,37	1476,72	53,74	1456,01	58,60	1455,64	28,86	1491,86	49,58
HLT	1371,78	28,42	1385,05	30,61	1372,97	26,87	1392,81	23,40	1430,52	23,62	1425,06	30,68	1413,27	40,43	1414,96	22,62
JSQ	1394,05	26,11	1396,68	19,15	1404,67	11,97	1404,55	11,31	1464,38	15,00	1431,23	28,52	1437,99	21,76	1454,73	21,23
JRX	1350,02	21,10	1359,09	25,96	1351,81	31,55	1355,94	32,04	1452,15	17,33	1434,52	21,66	1420,79	18,79	1422,68	26,84
MSH	1365,50	27,44	1374,63	15,29	1378,24	10,79	1367,78	25,92	1417,46	14,50	1410,85	21,40	1412,24	17,40	1422,19	16,55
TYX	1390,70	27,91	1420,90	17,40	1425,93	15,72	1417,15	28,38	1493,67	28,30	1500,69	15,44	1486,87	29,10	1485,02	21,37
WY	1382,62	17,02	1378,95	32,82	1364,17	34,77	1389,89	21,68	1456,69	20,05	1442,40	18,00	1426,36	27,29	1423,97	19,15
ZBJ	1389,85	30,21	1411,13	27,59	1415,17	35,30	1418,54	21,94	1450,02	31,31	1433,33	13,11	1448,11	24,37	1477,59	34,72
ZDN	1389,81	29,10	1384,75	12,94	1387,74	14,10	1384,06	30,70	1407,41	33,22	1399,43	25,83	1389,03	16,40	1436,02	18,45
ZLL	1394,31	33,27	1406,99	27,56	1395,77	22,15	1373,94	46,22	1461,87	22,40	1421,53	16,28	1429,39	37,05	1464,92	32,76
ZMY	1367,06	21,00	1367,80	13,55	1343,75	20,61	1347,41	22,23	1395,01	41,47	1347,92	35,31	1352,67	35,93	1364,89	26,73
ZXF	1297,50	39,25	1321,41	19,48	1315,17	27,56	1308,45	40,34	1397,81	11,82	1381,74	24,12	1375,02	23,27	1396,60	18,06
Moy Inter	**1365,52**		**1374,15**		**1371,32**		**1370,55**		**1442,66**		**1423,37**		**1418,55**		**1437,81**	
ET Inter	**31,54**		**31,20**		**33,02**		**34,53**		**29,51**		**34,94**		**34,27**		**35,04**	

Tableau 177 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1307,73	43,93	1345,15	26,71	1350,53	16,03	1323,38	33,46	1421,05	17,66	1406,96	13,49	1377,13	44,20	1404,91	33,49
GYF	1349,57	20,02	1333,89	18,08	1339,32	12,41	1336,46	13,28	1482,31	42,34	1456,37	44,31	1429,98	37,88	1491,75	51,70
HLT	1356,75	28,14	1382,67	27,59	1379,25	25,85	1366,62	21,70	1431,78	30,10	1388,55	20,49	1391,66	30,80	1417,99	15,88
JSQ	1391,85	39,14	1390,41	22,84	1380,05	20,33	1391,81	44,05	1450,24	21,76	1421,40	33,24	1425,43	32,24	1446,64	23,56
JRX	1331,95	25,79	1384,59	21,98	1387,20	24,17	1323,66	29,29	1444,49	22,72	1445,75	14,83	1430,22	27,19	1433,03	24,34
MSH	1383,08	20,52	1397,46	15,59	1382,41	14,73	1374,02	24,09	1421,88	18,80	1421,83	40,34	1413,48	17,38	1412,86	19,02
TYX	1365,79	22,70	1408,89	19,72	1416,82	21,25	1441,55	32,03	1508,37	38,14	1498,68	21,64	1509,58	24,23	1501,37	28,74
WY	1399,27	21,75	1400,88	20,12	1404,10	24,22	1405,60	38,38	1419,58	36,38	1425,39	26,30	1434,00	18,11	1421,06	48,30
ZBJ	1396,38	28,76	1407,94	19,06	1424,16	21,79	1414,73	16,46	1447,51	19,81	1424,03	23,20	1441,34	16,48	1469,77	23,97
ZDN	1395,84	21,50	1388,01	15,40	1373,85	20,39	1395,68	22,18	1404,03	20,34	1390,09	20,64	1377,84	35,24	1426,22	27,62
ZLL	1371,49	40,07	1355,72	54,68	1398,77	33,87	1384,75	15,93	1455,93	22,54	1405,27	20,23	1404,92	25,62	1439,76	25,64
ZMY	1359,04	14,72	1376,71	11,34	1367,60	20,31	1349,34	28,39	1407,40	27,56	1321,23	41,75	1329,18	33,51	1369,77	29,18
ZXF	1306,37	40,26	1339,52	24,32	1341,80	24,44	1322,27	33,80	1390,18	20,10	1378,02	31,12	1359,18	25,93	1384,16	13,26
Moy Inter	**1362,70**		**1377,84**		**1380,45**		**1371,53**		**1437,29**		**1414,12**		**1409,53**		**1432,25**	
ET Inter	**30,74**		**24,92**		**25,52**		**37,09**		**31,40**		**40,73**		**43,08**		**36,89**	

Tableau 178 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1309,47	40,89	1356,71	16,52	1356,22	21,80	1307,94	34,23	1423,79	21,75	1402,96	27,11	1422,40	24,55	1413,71	22,99
GYF	1364,96	14,00	1357,03	17,08	1347,05	16,32	1349,62	12,49	1503,82	48,10	1473,79	53,57	1445,62	51,65	1474,90	36,91
HLT	1361,87	25,26	1374,51	37,35	1368,71	22,72	1347,99	32,99	1420,79	21,54	1414,11	21,43	1403,20	48,40	1406,21	20,15
JSQ	1413,54	36,32	1397,54	31,09	1408,23	33,15	1410,78	32,05	1465,59	26,81	1419,39	44,14	1404,80	44,32	1450,12	20,62
JRX	1311,57	26,79	1393,81	15,58	1384,94	17,02	1367,76	43,96	1456,94	28,40	1431,22	28,64	1395,62	43,09	1424,17	35,09
MSH	1385,61	15,43	1408,29	22,35	1365,50	23,55	1397,35	19,57	1421,74	12,20	1407,81	31,66	1398,06	19,02	1404,43	23,69
TYX	1355,17	18,86	1410,18	27,49	1416,04	32,07	1419,35	22,63	1513,87	28,66	1528,70	26,71	1511,59	40,98	1503,45	30,69
WY	1414,69	46,17	1414,15	24,49	1410,23	22,44	1417,31	33,85	1423,69	34,72	1423,39	38,53	1413,31	21,52	1421,97	26,58
ZBJ	1403,93	28,08	1411,65	35,44	1410,82	40,80	1413,85	25,20	1448,52	26,29	1426,23	26,81	1432,59	33,05	1461,54	25,04
ZDN	1411,38	31,16	1383,67	22,11	1389,92	27,15	1388,63	14,47	1428,22	17,67	1394,28	19,29	1360,16	45,73	1416,65	29,54
ZLL	1390,51	50,88	1395,19	37,59	1431,38	27,91	1403,59	71,20	1451,20	29,11	1409,01	42,03	1394,34	33,45	1430,98	43,38
ZMY	1371,85	20,31	1370,47	20,31	1367,36	18,63	1359,45	28,08	1402,64	29,67	1352,78	51,31	1293,77	45,37	1351,05	34,48
ZXF	1297,58	55,14	1353,71	21,53	1354,14	15,67	1309,69	32,41	1397,16	14,87	1390,97	27,80	1374,95	24,48	1376,14	22,92
Moy Inter	**1368,62**		**1386,68**		**1385,43**		**1376,41**		**1442,92**		**1421,13**		**1403,88**		**1425,79**	
ET Inter	**39,26**		**21,35**		**26,54**		**37,68**		**34,15**		**40,65**		**47,77**		**38,71**	

Tableau 179 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1331,21	38,44	1396,50	24,09	1388,42	15,70	1345,44	34,70	1435,82	26,85	1437,76	20,95	1448,75	32,02	1428,39	18,26
GYF	1373,30	18,67	1373,20	19,37	1356,62	18,44	1360,45	20,28	1507,23	43,00	1476,52	49,89	1444,04	24,13	1483,80	23,45
HLT	1387,61	16,15	1364,36	16,18	1397,09	21,32	1369,80	23,16	1411,89	22,27	1398,42	16,77	1383,22	30,10	1401,00	21,53
JSQ	1438,17	18,72	1422,66	15,38	1455,14	19,78	1429,72	23,50	1481,53	33,89	1464,72	31,88	1432,79	48,38	1453,42	24,99
JRX	1341,24	67,52	1398,98	23,01	1396,07	12,97	1409,16	21,71	1452,43	22,47	1449,58	21,65	1411,94	32,28	1415,37	30,30
MSH	1405,30	19,15	1436,79	9,62	1373,86	40,89	1420,50	16,34	1426,39	23,74	1408,59	24,04	1376,26	32,22	1397,61	40,28
TYX	1386,32	21,18	1430,90	19,78	1429,80	23,35	1429,15	15,20	1490,93	34,73	1517,35	27,96	1482,76	18,25	1483,08	25,03
WY	1450,58	54,73	1456,09	35,55	1472,35	14,89	1452,06	24,14	1452,89	25,81	1435,46	30,89	1423,61	49,52	1449,20	64,60
ZBJ	1423,21	28,34	1435,33	19,44	1432,32	15,13	1420,36	16,56	1456,81	18,38	1451,43	19,41	1441,22	23,81	1457,53	15,08
ZDN	1449,80	20,73	1428,34	22,20	1420,84	18,60	1426,21	15,14	1448,54	22,40	1432,44	19,58	1388,58	30,45	1425,44	29,95
ZLL	1453,74	46,04	1485,09	76,67	1513,76	38,05	1478,67	28,55	1478,68	36,65	1468,40	36,22	1424,78	30,81	1447,96	23,64
ZMY	1400,66	19,86	1386,60	18,54	1381,05	37,64	1387,14	13,08	1407,77	25,48	1394,68	25,73	1319,85	48,53	1352,84	49,97
ZXF	1322,97	35,77	1391,71	26,05	1391,55	15,33	1345,51	32,34	1424,08	21,36	1415,12	19,88	1399,10	19,49	1404,45	26,46
Moy Inter	**1397,24**		**1415,89**		**1416,07**		**1405,71**		**1451,92**		**1442,34**		**1413,61**		**1430,78**	
ET Inter	**43,87**		**33,08**		**42,41**		**39,62**		**29,67**		**33,23**		**39,46**		**35,56**	

Tableau 180 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1324,39	93,00	1408,75	37,48	1404,95	18,91	1368,83	43,42	1446,08	16,86	1438,55	19,99	1426,22	34,24	1440,90	33,93
GYF	1350,25	31,83	1346,81	27,30	1343,23	23,29	1330,12	22,08	1424,64	32,75	1432,44	43,32	1418,91	24,42	1410,02	91,92
HLT	1345,09	34,77	1361,32	33,58	1404,31	25,50	1363,56	26,32	1385,13	24,74	1393,60	37,48	1417,03	62,77	1370,34	44,60
JSQ	1438,18	33,61	1437,76	39,83	1456,87	24,03	1432,49	31,94	1466,24	14,26	1466,21	19,74	1460,52	23,28	1462,72	27,78
JRX	1369,15	36,92	1376,61	32,91	1390,00	21,72	1368,84	40,01	1460,47	17,40	1419,70	29,92	1410,83	46,11	1418,51	43,82
MSH	1410,20	80,99	1416,85	24,67	1391,32	22,86	1399,71	80,48	1462,27	36,26	1420,06	15,44	1365,55	39,94	1422,96	27,16
TYX	1402,49	37,19	1440,52	14,49	1434,16	24,76	1436,15	21,70	1487,27	19,68	1488,37	43,83	1462,30	28,41	1460,61	20,47
WY	1427,01	30,87	1432,46	77,01	1472,39	10,23	1454,07	28,00	1477,21	23,40	1465,42	69,03	1457,70	38,34	1469,45	44,86
ZBJ	1431,08	22,67	1424,32	11,75	1433,35	19,24	1428,73	19,43	1455,59	16,06	1456,68	20,91	1447,23	16,51	1442,73	15,63
ZDN	1413,41	22,25	1408,65	34,85	1433,03	22,04	1436,03	23,19	1442,09	25,38	1441,55	17,76	1432,45	33,96	1449,51	23,00
ZLL	1467,88	60,26	1492,93	35,20	1528,64	32,34	1498,32	146,73	1480,05	27,68	1481,21	31,22	1448,24	76,69	1453,98	40,82
ZMY	1392,28	39,81	1387,35	23,97	1394,55	39,85	1393,99	15,17	1430,99	29,09	1420,89	25,90	1369,33	29,38	1386,72	33,07
ZXF	1330,13	77,40	1407,72	33,62	1405,12	36,00	1360,57	51,67	1430,93	25,45	1419,80	20,51	1423,10	22,33	1414,37	48,64
Moy Inter	**1392,43**		**1410,93**		**1422,45**		**1405,49**		**1449,92**		**1441,88**		**1426,11**		**1430,99**	
ET Inter	**43,33**		**36,51**		**44,15**		**45,09**		**26,66**		**26,89**		**30,05**		**29,15**	

Contexte /pi/

Tableau 181 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1828,57	23,18	1798,39	57,23	1821,38	25,78	1790,67	16,04	1881,41	115,15	1795,45	120,83	1862,98	71,05	1827,50	74,81
GYF	1726,77	24,68	1743,04	20,43	1724,78	41,58	1720,76	19,42	1726,23	121,25	1767,70	94,17	1713,07	100,65	1720,36	83,29
HLT	1802,65	36,13	1844,13	65,66	1700,21	62,92	1815,78	46,33	1798,16	83,35	1883,10	64,36	1827,26	58,16	1802,63	83,64
JSQ	1874,21	23,71	1888,11	25,19	1878,79	42,55	1603,06	27,41	1711,85	112,60	1715,17	75,29	1774,85	58,24	1737,49	77,84
JRX	1780,26	38,04	1743,72	38,54	1763,34	31,18	1806,13	50,86	1703,46	69,95	1692,93	111,64	1694,01	99,60	1741,65	67,07
MSH	1893,85	15,98	1908,60	19,93	1886,38	57,83	1895,61	20,55	1756,59	59,83	1760,57	64,36	1777,25	53,30	1770,02	66,94
TYX	1850,29	32,09	1846,06	13,61	1846,66	16,03	1856,64	26,17	1841,46	57,58	1830,83	88,86	1784,30	75,88	1760,35	68,43
WY	1910,26	44,71	1855,22	56,66	1879,24	62,06	1895,99	41,16	1821,65	33,61	1810,94	61,63	1827,51	68,82	1826,79	49,45
ZBJ	1719,33	48,59	1758,99	91,50	1709,65	57,52	1751,71	75,95	1869,73	80,22	1826,91	92,22	1813,61	65,78	1813,92	56,30
ZDN	1828,11	42,96	1913,22	30,40	1819,11	70,72	1841,00	40,75	1806,26	47,45	1823,23	37,55	1818,77	92,53	1800,32	48,71
ZLL	1882,61	32,54	1883,31	46,35	1867,50	62,86	1854,62	51,75	1725,12	72,41	1711,21	41,41	1731,92	42,01	1713,04	37,34
ZMY	1906,00	41,60	1914,01	42,57	1852,72	52,79	1898,97	34,02	1839,64	64,70	1806,85	57,44	1806,64	61,12	1813,87	56,11
ZXF	1796,56	47,20	1796,56	52,32	1804,28	20,58	1777,83	24,79	1758,10	50,31	1779,16	57,26	1754,40	53,41	1774,33	30,06
Moy Inter	**1830,73**		**1837,95**		**1811,85**		**1808,37**		**1787,66**		**1784,93**		**1783,58**		**1777,10**	
ET Inter	**61,19**		**61,28**		**64,21**		**80,09**		**58,90**		**52,57**		**47,59**		**38,62**	

Tableau 182 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1873,79	19,77	1872,69	32,25	1865,80	23,19	1865,63	16,68	1869,14	17,50	1846,98	26,52	1886,20	31,08	1894,05	34,11
GYF	1784,63	63,81	1782,44	19,71	1715,78	50,82	1797,82	33,67	1843,08	62,26	1849,79	102,25	1894,93	99,12	1776,79	56,22
HLT	1807,77	38,93	1789,34	37,96	1824,08	34,60	1817,53	51,31	1842,28	72,37	1859,35	44,93	1831,84	51,51	1803,59	71,95
JSQ	1935,61	14,77	1926,85	24,23	1914,36	9,86	1938,86	9,82	1838,42	78,84	1793,48	59,76	1838,65	87,08	1857,55	48,30
JRX	1848,38	23,93	1860,89	17,85	1872,29	17,25	1878,72	13,78	1853,85	41,35	1839,19	53,14	1824,23	89,49	1866,59	36,82
MSH	1896,38	8,50	1903,39	9,03	1899,16	8,31	1912,01	14,90	1901,14	32,48	1863,55	29,29	1875,33	29,73	1859,02	85,47
TYX	1862,50	18,30	1860,69	12,39	1853,53	12,88	1875,02	15,14	1895,40	17,09	1893,06	39,09	1907,38	26,94	1901,17	48,92
WY	1891,77	16,97	1890,07	16,49	1887,93	17,81	1894,63	21,55	1897,87	17,75	1892,76	25,29	1901,72	24,52	1896,25	13,31
ZBJ	1904,28	24,56	1871,74	73,78	1878,43	23,24	1900,08	28,82	1891,88	35,58	1883,43	26,63	1873,46	15,46	1881,07	30,80
ZDN	1884,12	35,15	1875,57	32,74	1871,23	27,92	1880,83	21,49	1848,34	21,09	1835,54	32,34	1825,97	34,43	1846,40	30,20
ZLL	1870,78	17,05	1876,46	26,02	1873,96	27,26	1841,25	101,95	1850,18	6,08	1836,78	33,18	1863,66	22,47	1841,89	19,42
ZMY	1893,69	11,87	1899,84	15,85	1890,15	24,07	1916,03	23,68	1853,72	19,15	1866,63	17,01	1876,72	27,91	1865,56	13,03
ZXF	1866,01	61,52	1865,50	45,83	1864,00	20,68	1861,94	18,91	1856,08	45,51	1892,88	42,24	1887,37	50,30	1864,58	45,55
Moy Inter	**1870,75**		**1867,34**		**1862,36**		**1875,41**		**1864,72**		**1857,95**		**1868,27**		**1858,04**	
ET Inter	**38,35**		**39,22**		**47,31**		**38,08**		**22,50**		**27,83**		**27,94**		**34,29**	

Tableau 183 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1886,99	26,27	1850,54	45,52	1811,36	26,72	1880,12	23,61	1863,59	27,86	1864,19	41,98	1885,47	49,15	1867,77	25,88
GYF	1788,03	47,15	1768,38	16,89	1726,30	36,87	1796,88	29,10	1854,54	107,97	1898,63	115,03	1877,50	115,50	1810,44	73,41
HLT	1815,40	69,14	1784,07	51,19	1808,49	30,95	1833,16	41,29	1848,74	67,49	1845,94	75,79	1818,67	78,43	1873,32	60,97
JSQ	1943,63	26,78	1929,12	28,04	1919,97	15,66	1970,57	10,87	1902,88	20,02	1851,12	55,07	1824,32	79,08	1867,37	44,49
JRX	1858,00	18,36	1866,24	11,48	1877,48	20,37	1887,01	11,41	1870,87	26,54	1859,23	39,20	1884,18	35,98	1866,47	26,12
MSH	1893,68	8,60	1901,92	13,06	1897,19	7,66	1910,39	8,22	1871,89	50,42	1844,98	35,29	1860,34	30,50	1878,48	38,02
TYX	1877,08	16,11	1863,07	11,62	1863,47	7,77	1894,06	13,23	1911,09	21,57	1930,40	61,01	1927,01	32,36	1901,87	63,22
WY	1897,23	19,18	1897,72	13,03	1910,22	14,06	1910,38	19,68	1894,87	16,79	1893,71	29,21	1893,16	21,68	1904,78	17,63
ZBJ	1907,94	29,35	1882,00	24,64	1889,26	24,78	1924,87	30,70	1876,92	24,82	1878,96	14,06	1867,04	21,30	1891,31	13,75
ZDN	1888,42	35,63	1866,40	32,43	1877,47	29,45	1880,46	25,06	1859,40	18,94	1855,70	30,72	1829,04	27,20	1849,15	31,27
ZLL	1886,52	25,97	1888,85	15,36	1910,62	23,07	1896,40	19,40	1851,10	21,38	1847,18	27,59	1842,56	36,34	1847,85	28,00
ZMY	1898,27	14,76	1898,23	21,14	1893,41	33,80	1906,57	20,77	1868,85	29,73	1879,46	18,85	1877,14	28,20	1870,18	22,15
ZXF	1862,12	63,26	1842,25	37,28	1821,14	18,74	1874,08	24,67	1874,71	41,47	1896,94	53,43	1877,85	78,22	1866,96	30,08
Moy Inter	**1877,18**		**1864,52**		**1862,03**		**1889,61**		**1873,03**		**1872,80**		**1866,48**		**1868,92**	
ET Inter	**38,38**		**43,96**		**53,36**		**40,40**		**18,70**		**25,21**		**29,73**		**23,62**	

Tableau 184 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1900,22	14,31	1856,26	32,14	1815,95	57,00	1874,08	25,05	1857,06	36,21	1835,32	34,34	1850,09	45,97	1860,59	28,60
GYF	1790,73	30,16	1751,18	38,54	1716,52	44,27	1786,32	36,01	1889,85	88,35	1911,08	86,51	1875,78	85,34	1848,33	47,52
HLT	1834,35	57,19	1805,91	52,04	1786,49	65,03	1853,60	30,51	1838,43	72,10	1835,34	15,35	1861,71	77,66	1876,08	38,18
JSQ	1957,43	26,30	1927,83	31,60	1921,82	13,79	1963,49	14,02	1878,13	48,52	1877,13	24,63	1805,14	77,83	1832,68	65,47
JRX	1857,87	18,09	1864,39	23,44	1882,67	11,80	1887,20	18,52	1861,70	12,61	1851,08	24,43	1871,74	34,46	1865,54	27,65
MSH	1889,94	5,88	1897,76	17,13	1903,88	10,70	1902,40	10,25	1892,84	50,30	1881,82	44,65	1852,64	35,10	1889,81	28,88
TYX	1907,35	83,60	1867,85	16,30	1870,72	7,82	1882,72	11,30	1914,74	23,93	1910,48	32,00	1918,31	30,99	1916,29	38,92
WY	1900,19	22,24	1896,34	13,50	1907,23	16,28	1901,32	16,12	1900,05	14,58	1887,50	20,58	1868,80	25,28	1900,91	33,53
ZBJ	1898,08	37,57	1901,21	21,22	1888,79	39,72	1913,11	20,90	1874,56	23,77	1887,77	38,46	1870,04	19,70	1887,89	18,41
ZDN	1891,49	37,91	1880,41	15,19	1883,19	28,08	1881,75	25,90	1851,93	16,76	1841,24	13,11	1865,04	43,89	1848,62	27,52
ZLL	1883,30	22,03	1896,67	24,96	1915,25	25,32	1900,60	16,65	1860,79	23,25	1852,91	31,39	1831,39	56,99	1849,46	27,06
ZMY	1902,71	16,78	1895,57	33,54	1888,21	61,38	1905,95	18,68	1859,52	20,51	1876,46	24,42	1872,25	34,55	1876,32	18,00
ZXF	1882,26	65,29	1883,30	38,00	1828,42	56,40	1855,23	23,87	1864,68	81,43	1909,00	40,91	1862,08	94,51	1869,96	59,66
Moy Inter	**1884,30**		**1871,13**		**1862,24**		**1885,21**		**1872,64**		**1873,63**		**1861,92**		**1870,96**	
ET Inter	**38,18**		**44,61**		**57,30**		**39,18**		**20,75**		**26,91**		**24,93**		**22,75**	

Tableau 185 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 80%	VM								VC							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1834,78	34,17	1865,83	17,23	1820,88	58,96	1866,09	20,27	1827,84	15,93	1834,83	65,73	1839,75	34,22	1844,66	27,23
GYF	1701,19	45,07	1674,05	49,21	1700,25	48,50	1697,98	40,36	1833,42	84,72	1787,59	75,92	1758,34	29,76	1753,79	50,66
HLT	1784,25	31,87	1782,11	57,00	1778,16	97,65	1848,79	68,39	1839,30	60,80	1860,51	41,47	1837,67	31,33	1843,92	26,71
JSQ	1937,66	14,79	1909,66	16,08	1883,81	32,09	1942,36	20,35	1869,55	43,02	1875,54	28,18	1803,73	50,73	1871,91	56,80
JRX	1798,70	31,18	1829,82	32,11	1877,09	19,68	1830,62	31,81	1802,25	48,08	1799,12	42,42	1815,91	54,67	1832,65	58,07
MSH	1876,94	8,19	1885,81	20,29	1884,72	16,75	1871,21	18,83	1878,74	22,33	1875,69	17,54	1846,18	71,49	1843,37	25,19
TYX	1831,93	35,88	1805,95	25,28	1853,69	41,27	1816,63	42,80	1868,72	33,95	1889,59	43,01	1890,68	49,18	1898,13	22,08
WY	1882,43	21,59	1883,83	24,47	1903,39	21,59	1892,66	15,28	1881,44	18,93	1863,61	11,36	1863,61	30,13	1875,20	33,77
ZBJ	1897,97	35,45	1905,77	38,65	1867,69	57,52	1879,85	23,48	1848,44	42,89	1859,17	43,67	1887,97	40,48	1869,91	46,65
ZDN	1846,84	61,62	1842,08	35,64	1862,63	18,27	1847,83	40,18	1825,22	42,10	1837,72	28,15	1824,08	54,41	1831,35	23,77
ZLL	1868,79	33,95	1883,90	32,17	1917,32	19,80	1872,81	16,28	1817,83	22,46	1830,37	39,20	1811,21	45,17	1837,75	32,55
ZMY	1911,55	22,36	1922,90	17,82	1899,49	65,41	1921,96	13,19	1844,71	37,99	1867,10	21,03	1874,24	25,83	1845,87	22,76
ZXF	1825,44	47,06	1840,14	25,57	1804,78	47,75	1852,24	16,78	1799,97	23,16	1825,22	38,70	1846,42	36,82	1828,08	44,23
Moy Inter	**1846,04**		**1848,60**		**1850,30**		**1857,00**		**1841,34**		**1846,62**		**1838,44**		**1844,35**	
ET Inter	**59,47**		**64,37**		**58,10**		**56,58**		**26,19**		**29,44**		**35,41**		**32,90**	

Tableau 186 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 100%	VM								VC							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1783,48	38,74	1753,80	49,22	1753,97	67,04	1777,48	40,77	1804,58	36,88	1827,67	61,63	1759,92	72,42	1809,47	25,30
GYF	1671,03	62,65	1615,31	56,36	1667,52	73,53	1686,18	46,32	1740,59	156,47	1753,04	105,13	1781,44	116,12	1717,80	143,66
HLT	1686,63	69,01	1697,73	57,23	1721,00	93,60	1772,45	55,15	1784,88	66,00	1774,96	77,10	1799,51	51,53	1755,48	52,85
JSQ	1882,50	42,81	1884,83	65,71	1905,04	25,23	1936,97	35,07	1798,14	60,28	1800,79	48,66	1779,03	69,44	1818,60	59,35
JRX	1741,25	32,84	1809,54	59,11	1824,17	63,38	1755,27	33,67	1697,90	124,06	1720,46	83,98	1773,87	113,03	1774,62	79,94
MSH	1838,36	29,02	1820,96	67,30	1841,67	47,42	1840,31	33,06	1810,71	66,38	1787,43	44,28	1774,74	100,97	1805,98	68,44
TYX	1789,10	48,64	1748,80	46,42	1772,38	67,19	1761,39	50,77	1779,48	31,07	1735,64	44,03	1796,52	78,65	1769,87	62,50
WY	1842,53	46,86	1894,77	40,69	1832,40	65,65	1878,24	46,57	1763,10	49,26	1791,02	70,04	1839,45	47,74	1815,76	53,42
ZBJ	1842,76	43,69	1806,74	60,75	1765,65	58,85	1814,87	79,30	1718,27	51,11	1829,52	60,24	1894,48	56,37	1738,25	39,69
ZDN	1693,01	43,94	1733,63	54,81	1798,41	61,56	1744,79	36,86	1776,55	58,60	1737,64	54,60	1786,49	92,25	1735,05	66,79
ZLL	1810,26	87,88	1801,92	31,28	1884,01	40,43	1806,24	41,92	1741,77	38,92	1770,78	56,95	1758,91	43,69	1779,99	48,68
ZMY	1866,11	42,88	1869,37	49,22	1865,16	79,55	1867,92	31,07	1766,24	58,34	1763,66	63,67	1775,15	43,15	1770,82	59,64
ZXF	1785,76	52,46	1738,15	58,23	1732,86	47,96	1776,41	37,67	1764,74	36,55	1769,26	52,65	1779,47	84,47	1748,30	35,57
Moy Inter	**1787,14**		**1782,73**		**1797,25**		**1801,42**		**1765,15**		**1773,99**		**1792,23**		**1772,31**	
ET Inter	**67,49**		**76,08**		**66,78**		**63,65**		**32,01**		**32,09**		**35,44**		**31,62**	

Contexte /pu/

Tableau 187 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 0%	VM								VC							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1193,03	58,89	1212,75	54,21	1225,73	36,85	1170,42	47,65	1072,22	104,41	1143,19	28,49	1078,54	77,83	1143,09	48,78
GYF	928,68	142,53	1031,48	102,93	946,13	96,80	906,41	124,33	1183,93	46,34	1197,26	54,10	1175,25	36,77	1184,70	38,28
HLT	1178,37	74,52	1197,64	83,73	1146,18	63,34	1178,49	50,68	1162,04	74,27	1162,15	48,00	1190,32	66,10	1168,58	64,25
JSQ	1133,17	101,66	1162,02	61,20	1153,21	91,33	1125,88	162,92	1179,94	33,82	1214,74	48,85	1189,21	33,84	1210,20	54,97
JRX	1140,64	34,03	1143,41	50,55	1144,50	50,11	1101,02	36,63	1162,88	70,31	1146,31	40,37	1190,25	38,43	1159,55	30,97
MSH	1078,10	83,55	1122,90	89,92	1118,90	103,31	1029,43	119,67	1099,33	80,47	1122,47	72,15	1102,29	65,88	1114,78	59,85
TYX	927,05	113,78	957,02	128,70	970,19	88,15	973,21	75,67	1219,71	55,31	1203,11	83,05	1204,31	91,72	1154,34	83,14
WY	1114,24	82,39	1140,87	85,10	1084,24	123,69	1090,37	61,35	1193,10	69,69	1120,30	47,37	1199,57	73,88	1132,02	42,18
ZBJ	1128,35	70,98	1148,58	84,57	1143,82	93,50	1128,95	75,23	1138,95	75,75	1064,97	114,76	1155,20	98,78	1164,15	100,22
ZDN	1016,45	35,80	1043,05	43,30	1069,07	45,72	1022,02	58,51	1044,42	67,47	1013,49	75,74	1020,82	98,61	998,71	77,28
ZLL	1131,85	67,88	1204,37	37,02	1206,39	65,89	1130,86	49,93	1054,74	62,10	1048,80	73,35	1068,19	66,74	1103,37	103,08
ZMY	1158,35	101,40	1199,93	63,93	1167,15	77,95	1178,82	127,58	1148,34	79,76	1202,87	69,66	1213,29	34,73	1236,83	20,54
ZXF	1213,12	44,77	1213,47	43,14	1211,00	40,44	1180,31	39,99	1168,10	84,47	1218,00	54,40	1164,71	75,54	1215,86	68,27
Moy Inter	**1103,18**		**1136,73**		**1122,04**		**1093,55**		**1140,59**		**1142,90**		**1150,15**		**1152,78**	
ET Inter	**88,74**		**77,03**		**82,55**		**83,39**		**53,50**		**64,43**		**59,38**		**58,13**	

Tableau 188 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 20%	VM								VC							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	972,51	137,32	1058,95	72,52	1045,54	79,70	1022,97	42,77	1113,17	70,71	1140,09	40,29	1074,34	73,01	1089,86	41,12
GYF	854,34	48,20	885,96	52,27	840,61	77,55	785,01	48,16	1161,55	61,02	1163,69	61,77	1159,71	28,09	1183,03	55,76
HLT	802,43	40,96	895,14	56,92	987,31	70,08	769,30	32,60	1126,45	53,60	1160,49	40,97	1133,02	51,45	1168,50	103,85
JSQ	937,99	163,65	924,81	192,25	1043,55	133,25	911,89	149,39	1135,43	24,85	1142,24	56,34	1141,54	69,71	1204,58	53,57
JRX	878,70	68,46	978,14	42,99	975,92	60,19	882,93	19,58	1010,99	54,21	1031,97	77,41	1069,25	53,05	1069,41	90,71
MSH	1053,39	73,48	1073,07	91,17	1073,52	78,92	845,77	54,62	1044,89	55,32	993,15	73,48	1052,31	43,81	1045,49	48,33
TYX	821,98	38,97	824,28	87,89	852,95	82,96	858,30	72,30	1143,46	133,89	1176,83	112,48	1180,81	64,39	1154,72	112,92
WY	900,63	150,16	1137,90	69,51	980,53	123,52	1046,78	47,05	1200,16	89,20	1164,23	54,93	1193,55	45,16	1147,28	68,45
ZBJ	1022,40	145,22	1099,78	107,15	1005,63	78,86	1001,28	113,02	1059,94	96,24	1107,27	112,74	1136,32	57,81	1152,02	59,06
ZDN	931,94	55,27	989,12	42,88	1005,77	48,53	940,15	66,77	1000,25	107,38	1022,74	85,79	1026,93	146,57	956,72	52,76
ZLL	821,64	115,31	913,18	38,52	882,31	98,31	785,08	42,49	976,02	56,86	991,19	73,82	1005,44	52,25	1006,02	55,02
ZMY	890,79	77,32	984,02	66,60	982,12	77,71	936,79	67,07	1114,50	69,89	1154,96	35,05	1175,23	41,33	1145,34	92,74
ZXF	940,39	136,44	1011,00	73,83	1006,32	77,59	989,93	79,19	1173,29	51,77	1144,86	70,24	1183,36	69,12	1194,17	41,70
Moy Inter	**909,93**		**982,72**		**975,55**		**905,86**		**1096,93**		**1107,21**		**1117,83**		**1116,70**	
ET Inter	**73,88**		**88,99**		**70,18**		**90,36**		**68,60**		**67,59**		**61,78**		**73,97**	

Tableau 189 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	974,21	120,29	1091,91	109,83	1003,51	70,92	1004,57	45,95	1099,67	42,66	1111,61	43,02	1145,93	54,10	1128,08	39,49
GYF	840,66	44,21	911,38	69,05	811,70	94,05	816,76	19,87	1149,76	39,42	1150,17	35,36	1122,21	57,16	1129,20	36,05
HLT	831,96	48,53	950,48	111,54	950,65	107,38	822,63	69,78	1104,74	93,66	1189,20	37,53	1177,13	66,91	1136,62	90,66
JSQ	784,11	174,99	888,28	178,02	986,40	162,33	955,83	38,85	1132,21	76,85	1162,08	83,37	1120,62	66,29	1190,27	49,97
JRX	843,87	72,77	993,11	61,58	887,74	70,52	798,38	47,37	1022,76	48,78	1050,40	100,84	1052,85	152,21	1053,02	96,45
MSH	1035,69	157,11	970,39	111,56	1032,78	67,29	919,59	104,61	1012,19	79,57	947,36	79,60	1011,24	64,42	1006,31	39,48
TYX	801,67	89,21	814,58	57,02	900,79	136,34	859,14	54,89	1158,86	43,24	1181,26	52,26	1182,88	105,88	1152,26	80,34
WY	1040,32	128,18	1115,41	69,18	981,28	98,31	1008,28	47,31	1146,89	44,15	1142,49	53,92	1182,40	52,98	1146,98	86,01
ZBJ	1011,82	55,20	1130,19	95,50	987,63	109,05	943,28	125,41	1059,57	107,88	1049,89	103,11	1106,63	112,44	1066,25	71,71
ZDN	936,01	52,05	978,02	24,96	1014,32	52,71	975,32	50,25	988,29	128,63	1045,31	120,92	1034,37	91,34	992,28	36,09
ZLL	862,36	152,84	893,36	65,73	855,40	116,02	824,84	79,25	955,03	55,59	964,23	55,01	985,40	41,15	997,55	43,14
ZMY	904,07	77,41	989,01	52,27	930,25	58,35	912,79	102,81	1119,55	52,57	1086,01	109,30	1151,73	43,79	1142,36	56,92
ZXF	967,60	126,74	1031,88	130,79	1002,46	80,15	984,07	78,21	1175,31	52,24	1119,45	67,47	1168,03	47,06	1191,19	45,04
Moy Inter	**910,33**		**981,39**		**949,61**		**909,65**		**1086,53**		**1092,27**		**1110,88**		**1102,49**	
ET Inter	**86,12**		**90,00**		**65,10**		**73,53**		**68,89**		**74,61**		**65,63**		**68,12**	

Tableau 190 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1041,05	127,27	1047,60	22,89	1051,91	50,87	996,13	11,10	1121,31	52,01	1099,04	41,94	1089,96	88,05	1097,21	44,37
GYF	893,41	94,71	957,95	86,85	927,26	134,42	884,94	52,07	1138,87	29,82	1116,90	63,07	1123,97	96,50	1121,13	38,53
HLT	953,70	63,93	954,09	128,45	1098,22	90,44	858,17	85,54	1164,60	54,47	1179,10	59,21	1161,21	66,21	1153,10	59,25
JSQ	925,61	174,05	908,23	190,71	987,81	148,67	855,69	106,37	1137,70	66,88	1132,36	53,14	1150,62	49,60	1145,49	53,94
JRX	902,33	67,52	1004,44	56,81	951,26	60,64	927,43	93,33	1061,23	84,55	996,78	59,58	1118,22	112,26	1018,27	83,46
MSH	1080,93	85,79	1090,61	36,48	1045,31	56,98	1004,19	91,59	1011,39	44,51	986,66	56,31	908,16	66,48	992,22	68,61
TYX	975,60	61,20	887,93	52,49	973,61	141,76	928,69	42,39	1155,61	74,63	1159,39	76,35	1166,55	58,65	1153,94	77,01
WY	998,36	119,79	1114,86	29,76	979,85	140,28	1032,70	64,81	1175,68	62,58	1103,27	59,64	1150,83	40,36	1115,40	69,07
ZBJ	1099,56	50,17	1129,46	77,84	1119,94	69,76	992,85	84,76	1116,17	73,51	1047,34	88,12	1083,12	60,10	1075,64	60,77
ZDN	1008,15	39,23	1024,39	51,87	1023,25	39,29	1022,51	11,83	988,86	62,05	985,35	58,32	1023,15	42,04	1041,20	50,21
ZLL	920,58	125,76	978,74	104,31	997,86	109,21	920,50	28,81	1010,26	34,66	1019,87	57,03	1013,31	77,04	1008,23	64,29
ZMY	933,45	72,19	1024,81	51,72	1020,81	92,11	917,09	70,50	1125,69	50,40	1120,94	92,09	1166,58	37,12	1153,34	59,70
ZXF	1032,76	111,96	1050,03	29,67	1037,31	46,09	962,54	94,34	1123,28	64,89	1107,68	70,58	1101,26	70,83	1200,02	54,21
Moy Inter	**981,96**		**1013,32**		**1016,49**		**946,42**		**1102,36**		**1081,13**		**1096,69**		**1098,09**	
ET Inter	**65,03**		**71,88**		**53,01**		**57,82**		**60,47**		**63,75**		**72,92**		**63,28**	

Tableau 191 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1113,78	61,55	1088,01	26,67	1088,54	45,15	1061,08	36,72	1131,90	29,81	1103,61	49,66	1015,99	61,38	1114,88	37,66
GYF	1082,67	66,24	1110,01	62,25	1088,06	59,37	1080,03	49,30	1141,55	37,87	1130,06	51,29	1130,42	51,08	1136,09	60,63
HLT	1120,21	73,56	1138,21	26,21	1147,30	38,40	1108,62	36,29	1133,88	41,33	1159,93	58,63	1157,09	62,05	1146,80	68,82
JSQ	1009,34	134,28	1100,27	103,11	1119,87	95,37	1068,52	76,59	1126,17	70,12	1096,84	78,15	1109,79	71,38	1130,74	60,40
JRX	1058,14	26,86	1095,39	24,12	1033,06	91,43	1068,44	28,63	1109,09	62,15	1088,37	68,56	1102,50	109,67	1082,58	42,60
MSH	1143,89	52,02	1061,99	65,99	1052,80	78,79	1094,10	37,71	1042,93	51,57	1027,09	44,93	942,00	86,15	1034,63	75,37
TYX	1083,85	49,15	1045,73	37,22	1089,40	76,07	1069,88	49,97	1149,03	57,69	1153,21	66,55	1159,02	68,15	1172,95	70,78
WY	1101,70	46,47	1117,11	37,02	1085,09	31,80	1089,80	73,05	1136,84	73,16	1097,79	79,70	1145,30	61,54	1104,37	65,95
ZBJ	1172,12	30,88	1202,83	46,82	1159,03	49,37	1134,89	76,63	1157,34	56,85	1135,39	96,86	1145,51	22,41	1144,82	82,54
ZDN	1142,16	21,98	1113,03	35,26	1100,83	29,42	1137,90	32,00	1085,23	73,30	1069,03	30,68	1108,99	73,61	1120,21	32,89
ZLL	1081,76	49,08	1102,21	44,14	1041,49	73,70	1059,79	23,44	1112,81	43,76	1087,72	74,42	1059,37	67,58	1122,01	54,67
ZMY	1058,18	28,67	1051,97	57,81	1071,58	64,72	1011,36	48,46	1146,69	39,49	1121,72	58,51	1154,13	65,37	1137,31	51,96
ZXF	1090,70	61,79	1075,34	42,40	1124,58	55,66	1060,53	34,78	1127,51	52,82	1100,46	50,01	1140,12	63,50	1135,52	67,83
Moy Inter	**1096,81**		**1100,16**		**1092,43**		**1080,38**		**1123,15**		**1105,48**		**1105,40**		**1121,76**	
ET Inter	**41,21**		**39,29**		**36,72**		**32,47**		**29,50**		**34,25**		**61,90**		**32,79**	

Tableau 192 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1146,35	29,00	1140,82	39,14	1114,94	58,87	1130,90	26,97	1120,50	70,39	1066,89	63,16	1048,71	79,04	1051,93	68,48
GYF	1281,87	40,38	1239,66	21,50	1236,80	25,45	1252,27	39,54	1246,78	96,92	1229,62	56,02	1230,13	53,35	1259,46	40,18
HLT	1194,11	50,46	1185,28	59,14	1151,91	58,25	1156,99	37,62	1194,44	62,11	1197,37	45,62	1183,49	40,45	1168,47	68,15
JSQ	1131,66	70,65	1200,65	58,49	1094,27	82,20	1162,18	43,97	1150,40	46,24	1128,39	91,83	1135,74	139,73	1139,17	73,22
JRX	1195,59	64,84	1253,75	39,41	1080,24	65,17	1209,27	35,28	1216,75	38,30	1207,24	79,40	1116,27	62,08	1170,04	48,24
MSH	1278,89	56,61	1244,52	73,33	1093,30	116,18	1245,08	70,82	1156,92	105,29	1162,85	104,95	995,54	67,86	1088,54	89,03
TYX	1085,33	46,22	1118,01	30,11	1161,81	38,53	1135,26	20,93	1241,90	51,22	1245,53	44,11	1220,13	49,56	1231,42	31,64
WY	1209,54	49,41	1176,37	54,36	1142,37	51,99	1141,56	33,19	1218,22	56,70	1204,14	43,84	1161,64	60,05	1159,38	50,38
ZBJ	1274,61	27,18	1274,42	59,22	1175,24	79,12	1218,54	128,18	1225,70	106,03	1215,91	87,09	1206,62	66,19	1243,52	42,35
ZDN	1203,15	49,43	1217,81	49,32	1210,99	50,53	1193,22	76,40	1171,10	38,05	1203,54	96,76	1150,76	91,39	1113,98	86,32
ZLL	1251,62	101,10	1277,83	78,43	1125,96	95,47	1214,74	117,03	1129,84	67,59	1102,21	56,95	1224,26	88,00	1213,46	171,38
ZMY	1133,66	41,31	1141,61	39,06	1127,74	39,34	1091,60	46,39	1171,34	22,12	1124,17	53,90	1108,04	75,07	1155,44	60,37
ZXF	1141,26	28,87	1140,91	37,18	1129,29	52,32	1128,19	29,46	1231,13	61,35	1186,48	43,65	1128,42	64,89	1140,91	58,12
Moy Inter	**1194,43**		**1200,90**		**1141,91**		**1175,37**		**1190,39**		**1174,95**		**1146,91**		**1164,29**	
ET Inter	**61,68**		**52,80**		**43,99**		**48,15**		**41,35**		**51,78**		**67,30**		**58,49**	

Les valeurs absolues de F3 en Hz

Contexte /pa/

Tableau 193 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2962,00	44,06	2883,22	40,38	2863,33	35,27	2945,44	36,88	3001,40	62,06	2940,30	97,37	2938,27	102,34	2992,70	112,95
GYF	2947,40	123,12	2873,50	194,06	2899,80	118,52	3016,00	246,41	2939,10	145,80	2964,78	110,27	2928,80	103,88	2922,90	80,75
HLT	3094,25	172,53	2951,25	229,22	2919,43	248,68	3000,57	197,63	2832,25	160,23	2863,56	166,14	2851,00	134,24	2821,90	210,00
JSQ	3102,18	60,33	2918,18	115,68	3050,91	314,75	3071,55	56,54	3075,20	93,77	2997,00	125,01	3002,90	67,82	3071,50	61,55
JRX	3071,46	49,66	2996,71	69,51	3039,79	56,82	3009,71	87,78	3281,27	84,80	3268,91	104,15	3278,27	94,24	3267,36	106,78
MSH	3039,70	28,43	3045,00	22,50	3008,45	74,32	3109,30	57,43	3112,50	88,02	3035,40	66,77	3000,80	109,18	3098,60	118,69
TYX	2772,30	68,93	2771,80	89,01	2771,30	48,93	2792,50	35,91	3085,85	112,48	3001,08	100,91	3008,58	103,93	3005,75	100,89
WY	3283,20	82,35	3050,70	89,71	3033,50	44,23	3216,70	81,95	3261,20	98,11	3141,50	113,79	3183,30	85,19	3202,40	72,28
ZBJ	3049,70	166,17	2990,27	145,24	2982,75	116,76	2953,33	141,37	3040,45	106,17	2992,64	111,74	2974,36	85,94	2996,64	114,68
ZDN	3080,73	70,18	3001,09	55,12	3047,50	53,19	3111,20	46,65	3144,60	65,03	3052,90	63,48	3077,50	71,78	3014,80	108,97
ZLL	3182,50	118,73	2841,10	132,78	2973,30	137,66	3181,50	137,87	3184,09	99,05	3229,73	111,47	3246,91	110,37	3189,36	123,00
ZMY	3154,89	37,47	3103,33	53,00	3139,33	27,82	3154,78	38,41	3109,40	51,68	3074,10	84,76	3076,40	96,44	3161,00	60,09
ZXF	2963,75	40,28	2922,73	46,08	2861,00	35,10	2961,30	40,33	2873,78	109,80	2880,22	58,68	2856,89	80,53	2887,11	68,54
Moy Inter	**3054,16**		**2949,91**		**2968,49**		**3040,30**		**3072,39**		**3034,01**		**3032,61**		**3048,62**	
ET Inter	**121,44**		**89,78**		**96,87**		**111,71**		**130,41**		**116,83**		**130,77**		**126,81**	

Tableau 194 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	3005,33	76,32	2775,22	48,13	2809,33	45,51	2932,89	54,97	2998,40	123,36	2931,27	96,38	3007,45	102,32	3043,00	72,09
GYF	3050,22	194,23	2853,50	148,83	2971,40	223,64	2889,60	75,46	3127,75	132,35	3026,60	122,65	2911,33	110,76	3067,60	96,47
HLT	2884,00	244,41	2732,00	87,68	2651,40	158,66	2773,71	94,12	2833,78	69,15	2738,50	51,44	2800,10	194,46	2723,33	57,89
JSQ	3092,82	72,14	2763,73	192,94	2885,82	230,29	3013,73	176,64	2970,80	124,75	2862,10	92,22	2883,10	71,74	3053,60	86,45
JRX	3061,79	65,37	2914,21	49,66	2928,07	65,30	3021,00	96,77	3274,45	54,98	3230,45	82,28	3183,00	58,76	3158,82	61,37
MSH	3038,20	54,27	3032,40	67,63	2980,09	58,66	3091,40	59,03	3128,60	105,95	3034,10	109,48	2961,80	102,26	3145,30	100,29
TYX	2807,30	118,09	2816,30	67,09	2805,20	33,18	2810,20	55,43	3042,31	114,38	2866,08	60,75	2966,50	122,22	3013,00	92,99
WY	3350,30	93,14	2892,90	97,32	2835,60	77,38	3190,70	115,07	3283,00	103,73	3112,50	127,38	3210,60	84,25	3268,90	113,97
ZBJ	2818,80	146,20	2594,22	83,90	2654,00	128,74	2752,90	125,02	3040,09	123,69	2817,00	155,20	2794,91	134,29	2929,91	113,58
ZDN	3103,91	88,49	2928,27	79,70	2906,70	70,06	3101,70	69,21	3136,10	63,27	3046,40	104,99	3024,40	67,49	3101,60	77,48
ZLL	3179,90	118,89	2800,11	112,01	2934,60	115,77	3194,51	170,87	3318,80	99,30	3326,38	165,73	3395,22	151,12	3328,00	198,74
ZMY	3227,33	55,03	3159,78	111,23	3190,00	33,38	3204,33	52,29	3143,70	68,62	2994,60	104,96	3065,00	102,36	3136,00	134,78
ZXF	2999,67	67,40	2793,73	59,03	2814,82	49,65	2935,90	50,15	2894,33	47,19	2857,11	57,11	2841,44	66,18	2927,00	97,52
Moy Inter	**3047,66**		**2850,49**		**2874,39**		**2993,27**		**3091,70**		**2987,93**		**3003,45**		**3068,93**	
ET Inter	**148,81**		**136,02**		**135,94**		**152,86**		**142,18**		**161,34**		**168,71**		**149,24**	

Tableau 195 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2985,78	56,87	2876,56	32,61	2768,00	46,07	2910,22	72,41	3069,67	95,07	3037,55	60,21	3000,64	137,50	3044,80	75,81
GYF	2999,22	225,33	2760,00	102,88	2957,22	139,67	2882,60	100,18	3070,80	130,68	3068,22	113,21	2906,40	101,17	3050,67	99,16
HLT	3225,00	81,30	2759,75	116,24	2674,20	90,25	2830,67	226,08	2904,70	51,80	2803,40	90,44	2864,20	134,81	2791,40	65,71
JSQ	3131,09	100,57	2787,18	168,81	2877,82	167,27	3032,00	194,19	2946,20	141,48	2832,90	73,58	2798,40	124,65	3078,00	122,56
JRX	2966,79	56,68	2870,79	48,23	2839,79	50,76	3071,50	64,78	3260,64	76,11	3144,64	76,55	3212,18	82,31	3254,18	80,83
MSH	3048,40	65,57	2945,60	63,89	2923,64	106,97	3104,70	80,15	3144,60	136,35	3006,60	97,29	2946,90	94,18	3127,90	141,25
TYX	2829,44	97,64	2857,50	70,30	2849,40	53,99	2922,00	64,23	3021,31	104,61	2779,45	79,96	2817,67	142,24	2932,33	148,62
WY	3394,80	106,64	2894,20	57,13	2838,00	72,90	3149,80	176,91	3354,30	66,21	3150,50	131,60	3228,30	115,90	3255,25	198,46
ZBJ	2784,30	122,48	2628,64	103,13	2608,70	150,47	2603,60	127,75	3015,73	173,04	2782,91	168,69	2737,82	129,66	2927,91	156,23
ZDN	3086,45	101,99	2856,18	66,20	2773,40	76,98	3032,50	63,88	3166,30	109,39	3062,60	78,43	3019,10	67,49	3196,10	81,09
ZLL	3227,39	164,35	2808,40	139,29	2952,60	132,68	3061,00	170,28	3361,38	293,31	3359,67	118,71	3378,33	193,10	3278,00	140,97
ZMY	3241,44	62,42	3146,33	90,57	3190,11	36,36	3219,56	44,34	3131,10	88,73	3008,33	125,42	3015,90	101,15	3165,70	189,50
ZXF	2977,25	55,65	2863,55	40,56	2768,27	46,39	2917,80	75,60	2906,33	56,12	2887,78	49,51	2792,11	46,47	2921,78	65,79
Moy Inter	**3069,03**		**2850,36**		**2847,78**		**2979,84**		**3104,08**		**2994,20**		**2978,30**		**3078,77**	
ET Inter	**166,18**		**114,77**		**139,36**		**153,86**		**146,84**		**165,84**		**186,19**		**146,42**	

Tableau 196 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2979,33	63,27	2795,89	66,12	2797,75	47,87	2877,44	50,60	3070,10	65,70	3028,45	114,38	3007,45	92,91	3068,50	75,86
GYF	2973,78	166,08	2757,60	103,24	3107,43	154,85	2845,10	67,47	3073,22	148,24	3001,89	91,89	2967,50	118,89	3063,00	156,49
HLT	2942,71	165,53	2775,00	133,54	2773,00	150,58	2773,00	190,16	2963,60	142,74	2810,70	99,76	2847,67	86,53	2815,00	71,00
JSQ	3136,40	131,33	2835,09	143,33	2903,56	197,23	2984,50	123,02	2906,20	110,96	2828,20	133,60	2827,40	142,71	3000,70	125,04
JRX	2962,86	38,94	2825,64	56,04	2834,43	60,34	3018,57	56,08	3240,00	84,26	3111,55	94,67	3209,18	82,38	3266,45	81,10
MSH	3100,60	124,19	2940,40	57,96	2891,45	93,95	3094,60	87,59	3176,40	158,60	3019,60	167,39	2856,30	122,77	3208,22	156,70
TYX	2839,40	123,22	2878,30	46,71	2900,60	41,23	2953,30	88,09	3010,46	97,19	2832,82	176,82	2757,75	159,22	2841,33	108,44
WY	3377,60	98,86	2924,90	107,72	2835,00	123,84	3092,90	160,22	3317,90	59,09	3099,50	130,58	3142,60	117,88	3233,33	159,22
ZBJ	2700,40	131,59	2613,73	110,40	2576,70	108,95	2611,60	127,42	3047,40	104,60	2803,00	167,26	2756,36	143,38	2873,45	166,14
ZDN	3128,00	99,08	2884,55	84,49	2821,90	68,36	3021,30	76,71	3199,80	145,15	3127,70	162,56	3057,10	110,30	3226,90	117,61
ZLL	3183,56	99,98	2783,60	131,64	3008,80	133,08	3004,10	183,37	3238,43	131,89	3332,29	207,11	3372,88	182,57	3383,75	128,73
ZMY	3215,67	76,41	3080,22	117,16	3171,11	61,05	3191,56	64,72	3120,30	96,20	2998,60	108,71	2995,10	154,62	3103,40	144,23
ZXF	2972,75	60,08	2802,64	60,41	2790,82	52,38	2879,90	52,49	2919,89	53,23	2873,78	59,91	2793,78	56,20	2899,78	96,46
Moy Inter	**3039,47**		**2838,27**		**2877,89**		**2949,84**		**3098,75**		**2989,85**		**2968,54**		**3075,68**	
ET Inter	**168,64**		**106,47**		**146,69**		**146,92**		**125,09**		**151,14**		**181,63**		**174,95**	

Tableau 197 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2996,67	40,35	2844,22	71,25	2813,78	62,22	2872,00	20,34	3075,67	95,97	3092,00	150,12	2986,00	129,20	3105,89	89,91
GYF	2890,80	113,44	2814,40	87,74	2970,70	120,62	2844,00	104,68	3040,90	63,41	2970,40	95,24	2922,00	67,07	3040,50	62,05
HLT	2923,40	107,52	2846,14	152,12	2791,50	216,57	2929,29	155,30	2931,00	100,06	2807,60	58,12	2880,50	185,52	2829,10	181,61
JSQ	3175,64	96,13	2850,27	153,91	2965,18	103,14	3030,50	161,24	2972,90	135,08	2910,80	126,74	2849,00	149,45	3003,50	114,14
JRX	2960,07	60,69	2845,29	63,80	2874,86	90,49	2909,00	39,99	3200,09	82,18	3073,73	89,38	3106,27	80,91	3209,91	59,71
MSH	3170,60	160,84	2923,40	89,47	2985,64	180,98	3094,60	84,06	3208,89	190,86	3055,00	137,93	2853,90	128,92	3211,33	132,59
TYX	2937,10	194,55	2849,80	22,99	2915,80	32,52	3000,90	169,51	2997,62	117,69	2831,00	90,47	2792,17	186,10	2826,92	122,39
WY	3443,60	108,39	3078,20	116,59	2889,00	99,35	3189,50	171,61	3254,80	103,67	3080,80	119,43	3045,30	86,95	3158,22	150,05
ZBJ	2741,30	158,29	2707,45	132,57	2683,70	102,13	2676,80	155,85	3054,00	135,80	2919,91	216,75	2825,91	113,70	2947,18	150,10
ZDN	3278,27	49,92	3138,27	119,34	2993,50	164,84	3144,10	76,69	3190,38	170,25	3129,40	162,56	3045,40	130,00	3207,40	164,67
ZLL	3215,52	133,44	2842,00	151,18	3114,00	117,15	2983,56	59,02	3245,25	83,94	3290,56	201,12	3338,43	207,50	3254,20	79,91
ZMY	3177,56	59,08	3085,33	88,89	3143,33	40,60	3169,22	50,62	3067,20	75,94	2964,50	87,43	2977,63	167,52	3037,22	120,96
ZXF	2992,75	43,41	2854,09	66,67	2798,36	66,46	2881,90	31,24	2909,89	78,57	2882,33	50,78	2822,67	78,39	2915,33	73,99
Moy Inter	**3069,48**		**2898,38**		**2918,41**		**2978,87**		**3088,35**		**3000,62**		**2957,32**		**3057,44**	
ET Inter	**183,91**		**120,02**		**125,04**		**141,98**		**115,01**		**130,25**		**145,82**		**141,93**	

Tableau 198 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2860,67	103,55	2917,00	79,22	2953,33	73,36	2870,38	122,66	3185,40	62,99	3176,09	141,07	3010,45	154,29	3162,90	132,39
GYF	2819,20	119,83	2806,90	47,42	2898,22	66,96	2829,90	141,58	3057,30	124,34	2964,50	42,81	2998,10	92,91	3012,50	48,13
HLT	2971,33	171,16	3011,88	195,27	2875,56	133,48	2857,25	69,72	2884,10	150,43	2926,70	141,72	2951,22	129,82	2943,00	165,00
JSQ	3322,18	76,08	3052,73	129,94	3032,73	148,47	3153,30	90,62	3090,70	201,44	3108,60	166,12	3041,10	163,93	3077,40	176,32
JRX	3086,08	166,86	3045,29	215,61	2820,71	99,11	2955,29	204,41	3014,82	82,57	3044,82	194,96	3048,91	104,16	3178,82	141,03
MSH	3302,33	123,37	3111,44	106,85	2919,91	150,95	3148,30	145,77	3235,57	124,53	3179,30	96,06	2954,70	191,84	3143,40	103,61
TYX	2855,30	124,30	2796,90	162,06	2922,30	98,17	3005,22	179,02	3058,77	111,80	3060,27	106,63	3004,45	108,18	3003,00	136,63
WY	3462,67	84,09	3295,44	83,79	3173,70	89,69	3338,70	127,47	3307,60	104,47	3271,50	112,03	3269,90	147,28	3268,33	115,08
ZBJ	3035,56	134,35	2938,73	120,60	2867,80	126,66	2906,80	146,37	3129,64	100,54	3106,82	131,93	3029,00	92,79	3111,64	91,48
ZDN	3332,64	53,72	3228,45	113,30	3213,20	132,70	3213,60	55,92	3059,78	189,79	3083,60	172,88	3124,30	111,73	3071,80	270,92
ZLL	3255,33	129,97	3086,80	114,64	3168,67	94,94	3060,56	110,32	3395,25	114,55	3251,00	154,88	3281,11	122,21	3294,38	128,48
ZMY	3189,78	98,49	3064,44	143,70	3069,78	62,04	3056,78	129,96	3002,20	161,07	2916,40	86,50	2975,10	201,84	3076,40	121,89
ZXF	2861,58	92,03	2898,09	80,87	2941,64	86,45	2885,60	116,66	2878,13	154,09	2870,00	110,47	2912,13	186,50	2988,56	181,89
Moy Inter	**3104,20**		**3019,55**		**2989,04**		**3021,67**		**3099,94**		**3073,82**		**3046,19**		**3102,47**	
ET Inter	**211,53**		**142,28**		**124,64**		**151,03**		**145,37**		**122,60**		**110,04**		**101,61**	

Contexte /pi/

Tableau 199 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	3130,56	154,50	2999,33	127,42	2880,22	79,20	3045,00	95,92	3347,14	58,74	3157,90	304,67	3275,70	170,67	3250,90	178,43
GYF	2659,53	144,49	3508,30	364,01	2734,32	115,74	2699,14	90,41	2965,62	166,52	2954,96	111,08	2891,46	153,25	2922,49	112,00
HLT	3329,50	52,98	3200,80	83,32	3155,00	64,21	3234,40	106,76	3353,30	143,59	3316,50	131,26	3310,20	120,94	3331,30	107,94
JSQ	3300,10	142,78	3521,00	265,64	3397,50	209,32	3287,40	69,73	3332,80	157,16	3470,30	120,42	3427,20	167,94	3395,20	174,45
JRX	3367,71	84,10	3323,73	85,14	3296,14	97,45	3389,86	108,27	3293,45	84,56	3317,82	97,95	3233,00	95,46	3257,64	80,68
MSH	3446,20	67,44	3479,20	49,29	3444,20	54,16	3389,50	107,77	3276,40	101,51	3286,90	121,83	3310,80	112,20	3331,80	119,80
TYX	3400,30	114,94	3565,90	110,14	3507,70	95,29	3472,80	150,67	3430,36	120,36	3453,55	128,25	3428,91	112,33	3390,64	130,00
WY	3528,50	121,81	3490,40	149,01	3438,60	70,78	3641,00	109,78	3534,00	195,83	3445,00	144,56	3434,80	124,06	3448,30	141,86
ZBJ	3260,30	150,76	3276,40	137,81	3282,78	133,57	3233,56	180,48	3562,91	162,93	3469,18	115,33	3446,64	113,35	3359,91	125,67
ZDN	3202,80	152,62	3316,90	96,09	3399,60	163,71	3240,00	140,49	3281,10	154,97	3339,80	153,24	3323,67	165,37	3319,10	157,57
ZLL	3728,73	135,13	3567,70	186,33	3724,50	107,98	3787,50	64,75	3461,45	104,64	3305,64	88,46	3332,40	111,51	3331,73	176,00
ZMY	3410,20	106,34	3390,90	91,16	3392,80	168,73	3370,56	131,85	3516,82	160,36	3528,45	119,08	3475,90	147,18	3478,00	137,61
ZXF	3044,50	121,78	2970,30	87,08	3002,60	115,95	2997,40	130,62	2897,56	73,43	2936,33	107,51	2916,56	108,99	2917,80	90,85
Moy Inter	**3292,99**		**3354,68**		**3281,23**		**3291,39**		**3327,15**		**3306,33**		**3292,86**		**3287,29**	
ET Inter	**248,01**		**192,69**		**262,06**		**268,04**		**193,20**		**181,40**		**180,51**		**168,39**	

Tableau 200 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	3376,00	99,83	3599,11	76,88	3625,56	102,70	3353,67	147,07	3601,00	43,27	3490,60	231,63	3561,30	194,37	3623,10	84,84
GYF	3498,22	162,48	3595,95	226,44	3403,83	299,43	3447,36	164,79	3343,06	88,64	3435,23	95,90	3323,44	103,28	3409,34	138,30
HLT	3478,80	104,14	3423,30	73,97	3461,70	110,55	3437,50	127,65	3642,50	99,62	3511,40	122,89	3576,80	172,51	3595,40	76,70
JSQ	4041,60	170,86	4185,00	55,78	4169,10	57,46	4164,90	90,90	4020,60	84,01	4050,70	79,46	4035,00	60,13	4029,80	83,32
JRX	3661,71	91,14	3636,20	58,98	3601,43	76,44	3722,93	110,99	3620,73	92,57	3645,82	67,98	3589,36	104,82	3561,36	156,43
MSH	3603,00	57,48	3657,10	79,44	3643,30	48,92	3572,80	76,83	3764,90	52,38	3754,60	37,03	3741,60	75,00	3749,70	96,62
TYX	3651,50	93,14	3802,50	53,22	3770,70	56,09	3685,00	110,06	3654,91	96,87	3740,09	86,83	3702,64	98,57	3692,45	87,76
WY	3807,60	118,66	3751,30	76,27	3774,10	56,61	3843,30	120,91	3945,50	77,41	3908,40	120,23	3954,80	148,41	3968,20	95,25
ZBJ	3568,20	100,16	3600,00	103,75	3630,30	78,10	3583,50	115,50	3665,45	87,18	3693,00	146,54	3767,91	130,51	3755,55	95,85
ZDN	3508,90	146,43	3597,50	78,98	3616,10	102,03	3551,00	88,50	3658,56	134,62	3595,70	77,38	3572,67	65,93	3660,10	178,65
ZLL	4019,18	97,36	3866,40	75,87	3959,30	109,21	4068,40	47,02	3865,55	61,56	3734,09	92,78	3758,00	70,60	3844,55	85,49
ZMY	3586,80	44,51	3567,00	113,61	3631,70	73,04	3598,60	73,60	3701,18	73,32	3755,00	96,82	3734,10	88,71	3685,80	109,78
ZXF	3310,00	128,23	3435,10	101,78	3448,30	81,22	3363,40	118,92	3234,00	115,84	3314,56	68,31	3231,11	111,02	3226,70	159,28
Moy Inter	**3623,96**		**3670,50**		**3671,96**		**3645,57**		**3670,61**		**3663,78**		**3657,59**		**3677,08**	
ET Inter	**211,52**		**191,47**		**202,00**		**242,24**		**206,13**		**190,16**		**212,89**		**205,08**	

Tableau 201 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	3375,33	89,19	3564,78	78,79	3701,89	77,87	3422,56	71,25	3682,10	54,16	3631,44	115,71	3625,50	82,71	3628,20	79,64
GYF	3591,73	93,86	3558,35	297,63	3680,43	211,30	3573,87	116,75	3501,50	67,41	3531,66	40,48	3441,59	70,91	3492,20	132,36
HLT	3553,50	123,17	3497,50	98,44	3554,90	139,08	3434,80	130,19	3658,10	126,79	3606,00	93,62	3661,10	150,04	3638,70	116,92
JSQ	4077,00	158,53	4232,50	39,96	4256,90	79,37	4201,70	74,43	4131,60	49,83	4066,71	92,08	4077,50	150,64	4113,50	129,11
JRX	3794,21	84,32	3738,20	86,45	3754,15	72,02	3754,15	89,78	3673,91	54,58	3709,00	96,07	3720,73	92,47	3708,18	78,59
MSH	3576,70	57,42	3663,80	52,84	3697,20	96,55	3554,40	59,08	3803,00	59,18	3804,60	76,23	3788,30	54,93	3762,30	83,84
TYX	3678,50	109,34	3870,30	76,99	3805,20	47,18	3685,40	101,39	3742,45	106,84	3682,91	109,21	3721,73	110,06	3685,91	99,98
WY	3837,00	79,21	3747,30	83,06	3775,50	35,29	3826,11	58,86	3994,90	105,33	3908,11	63,07	3988,00	76,50	4056,60	138,25
ZBJ	3621,50	119,89	3591,45	87,97	3633,70	77,69	3596,80	103,40	3715,91	59,26	3686,09	126,01	3712,45	138,41	3724,82	86,33
ZDN	3547,20	144,53	3631,40	151,68	3615,20	85,42	3577,40	90,82	3654,20	102,66	3689,00	81,07	3740,10	166,72	3687,50	149,39
ZLL	4046,55	79,62	3902,00	80,12	4004,60	109,91	4042,90	76,07	3895,36	58,31	3757,45	54,14	3743,27	78,13	3840,73	61,03
ZMY	3596,20	57,70	3612,60	119,50	3645,90	67,71	3595,50	36,81	3684,55	108,30	3783,55	92,46	3750,00	92,57	3709,50	88,49
ZXF	3369,90	130,90	3507,00	152,26	3638,90	56,12	3362,60	78,50	3345,25	80,04	3395,22	82,70	3411,67	114,12	3317,50	121,33
Moy Inter	**3666,56**		**3701,32**		**3751,11**		**3663,71**		**3729,45**		**3711,67**		**3721,69**		**3720,43**	
ET Inter	**211,01**		**195,94**		**181,52**		**233,05**		**192,78**		**159,97**		**173,46**		**199,22**	

Tableau 202 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	3326,78	95,25	3481,22	79,82	3576,78	133,89	3395,33	137,68	3694,00	101,13	3554,20	132,71	3653,70	136,82	3625,80	97,90
GYF	3383,36	102,68	3278,29	237,64	3289,51	408,94	3394,31	134,58	3413,34	92,27	3424,11	109,59	3407,07	126,74	3420,12	160,39
HLT	3430,30	113,48	3490,30	136,18	3511,70	147,62	3419,70	98,24	3546,10	162,57	3506,90	72,50	3512,33	78,51	3612,00	116,41
JSQ	4058,80	123,91	4230,20	86,99	4286,60	126,42	4182,10	108,00	4126,90	109,95	4103,89	68,30	3942,67	202,11	4069,60	111,09
JRX	3784,36	61,19	3712,40	68,96	3795,86	75,63	3817,92	84,42	3681,73	88,13	3682,00	101,94	3673,73	78,31	3747,00	84,81
MSH	3492,70	50,92	3586,70	109,08	3564,90	117,06	3468,30	68,87	3785,20	65,78	3796,40	101,40	3760,00	119,62	3724,40	87,29
TYX	3589,90	161,77	3655,20	89,92	3649,10	119,71	3528,40	136,27	3668,82	96,37	3649,09	118,18	3692,45	78,06	3658,18	95,80
WY	3824,70	111,75	3710,60	64,01	3747,10	89,96	3809,22	51,43	3913,00	122,91	3816,00	123,94	3894,50	112,49	3994,80	116,73
ZBJ	3607,60	109,43	3589,00	82,57	3621,50	92,97	3630,40	117,14	3712,27	52,21	3595,18	147,61	3638,91	124,93	3641,73	57,68
ZDN	3460,60	141,68	3493,10	137,83	3570,80	133,28	3503,50	70,39	3558,00	109,85	3640,50	91,55	3682,80	158,13	3620,40	118,42
ZLL	3973,59	104,85	3883,70	103,01	3960,60	83,21	3924,60	89,04	3826,73	87,66	3719,82	74,55	3680,73	115,67	3783,45	98,87
ZMY	3540,70	62,75	3584,50	92,67	3608,30	86,53	3568,30	71,63	3607,73	68,11	3736,00	107,59	3703,40	124,52	3606,30	110,69
ZXF	3326,00	126,46	3386,10	56,62	3511,50	124,91	3311,50	83,81	3314,56	73,66	3305,50	61,78	3331,11	110,76	3273,30	88,85
Moy Inter	**3599,95**		**3621,64**		**3668,79**		**3611,81**		**3680,64**		**3656,12**		**3659,49**		**3675,16**	
ET Inter	**231,15**		**229,85**		**234,94**		**242,95**		**202,04**		**190,20**		**162,53**		**199,84**	

Tableau 203 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	3201,67	113,29	3180,22	96,69	3268,44	174,55	3135,11	129,35	3635,25	75,71	3530,70	237,88	3597,20	156,31	3567,60	118,43
GYF	2967,64	203,51	2797,22	91,94	2895,05	88,11	2950,14	93,72	3257,99	148,28	3183,49	166,44	3258,01	197,31	3233,75	168,55
HLT	3299,60	70,66	3358,90	96,13	3368,60	203,39	3334,90	109,61	3360,10	171,28	3327,50	146,87	3389,00	149,48	3413,40	164,20
JSQ	3742,40	236,22	3833,80	211,62	4074,25	188,47	3991,90	161,78	3936,80	151,22	3931,30	132,77	3823,11	151,70	3934,88	142,80
JRX	3650,57	114,98	3495,67	72,75	3718,85	122,43	3594,36	105,27	3581,73	114,62	3502,64	80,08	3564,80	144,22	3516,27	112,20
MSH	3346,10	36,51	3444,70	78,06	3372,90	107,44	3299,10	79,20	3637,00	179,14	3715,70	116,81	3643,78	111,87	3605,50	145,82
TYX	3364,00	106,63	3284,80	104,03	3377,38	138,29	3278,30	109,46	3483,82	94,31	3447,27	52,68	3489,73	80,94	3486,27	111,98
WY	3694,60	97,74	3613,90	56,67	3615,40	108,38	3674,11	48,78	3660,20	92,04	3608,40	112,27	3696,20	83,95	3780,90	141,78
ZBJ	3531,60	62,07	3482,09	90,24	3535,80	166,88	3528,20	111,67	3574,18	52,20	3528,36	85,70	3508,45	101,66	3514,09	58,88
ZDN	3309,40	83,16	3239,10	109,59	3375,90	147,57	3283,90	79,06	3432,70	105,50	3441,00	113,80	3454,00	128,75	3434,30	121,64
ZLL	3804,05	58,35	3704,80	153,87	3929,40	80,60	3778,00	92,54	3733,36	72,28	3615,30	118,35	3624,64	108,85	3665,27	97,66
ZMY	3441,00	64,81	3469,00	64,44	3496,30	81,95	3454,50	84,54	3578,36	102,00	3690,45	110,30	3576,60	160,72	3485,60	149,03
ZXF	3190,20	116,97	3079,20	112,20	3157,70	217,97	3126,80	123,18	3105,78	93,82	3086,56	113,21	3165,63	120,04	3100,60	117,14
Moy Inter	**3426,37**		**3383,34**		**3475,84**		**3417,64**		**3536,71**		**3508,36**		**3522,40**		**3518,34**	
ET Inter	**237,42**		**263,31**		**299,96**		**278,93**		**205,15**		**215,16**		**170,31**		**205,64**	

Tableau 204 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	3015,56	142,53	2933,00	132,41	2936,33	184,17	3065,00	89,21	3511,56	136,51	3386,89	143,48	3453,20	105,60	3438,40	171,62
GYF	2923,16	101,16	2781,42	52,90	2737,67	55,30	2827,75	98,26	3168,30	130,49	3190,99	173,32	3240,42	187,20	3202,27	102,23
HLT	3168,10	75,37	3186,00	99,15	3134,40	124,14	3199,00	133,82	3126,80	99,76	3024,20	129,79	3133,00	156,17	3157,10	164,10
JSQ	3292,30	78,62	3376,50	105,34	3573,20	211,77	3604,50	250,64	3491,60	267,58	3252,70	142,66	3317,83	183,91	3424,80	161,37
JRX	3480,15	110,32	3329,53	106,69	3520,90	100,33	3456,07	55,84	3321,00	161,60	3292,50	165,79	3455,25	187,11	3289,82	214,06
MSH	3212,20	45,57	3230,40	49,41	3152,80	124,10	3174,20	70,98	3298,60	142,77	3209,44	100,59	3430,30	216,39	3245,56	117,35
TYX	3256,60	107,31	3266,70	111,97	3239,30	90,01	3190,10	124,57	3323,50	77,09	3308,88	88,70	3319,70	75,96	3336,18	151,45
WY	3568,30	62,66	3530,10	60,26	3447,30	125,04	3439,88	49,96	3394,90	86,65	3415,00	48,76	3517,50	109,37	3556,80	162,70
ZBJ	3392,50	78,51	3395,91	76,99	3374,00	92,77	3376,20	92,02	3431,45	115,92	3425,27	83,53	3379,30	94,72	3375,27	85,72
ZDN	3316,90	75,85	3071,44	70,00	3197,70	208,14	3134,50	142,30	3280,33	123,73	3221,00	97,76	3252,83	208,72	3219,67	108,43
ZLL	3466,64	97,92	3452,00	90,46	3784,10	141,36	3482,88	109,72	3585,78	149,92	3417,00	115,18	3463,56	133,46	3473,55	99,44
ZMY	3304,50	91,89	3254,13	95,27	3339,40	96,68	3332,10	60,33	3293,91	102,02	3315,64	85,00	3280,38	150,49	3235,00	100,17
ZXF	2939,00	154,74	2954,67	156,31	2889,90	199,75	2967,89	136,63	2910,00	72,29	2879,14	145,19	2955,25	158,42	2882,11	94,08
Moy Inter	**3256,61**		**3212,45**		**3255,92**		**3250,00**		**3318,29**		**3256,82**		**3322,96**		**3295,12**	
ET Inter	**195,50**		**212,76**		**283,00**		**214,56**		**172,30**		**153,93**		**149,78**		**165,44**	

Contexte /pu/

Tableau 205 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2919,33	124,52	2763,33	80,80	2800,44	69,27	2795,67	152,12	2795,40	282,73	2764,40	138,34	2839,18	125,75	2800,80	181,02
GYF	2437,80	113,03	2433,12	72,35	2449,50	58,83	2439,80	135,22	2494,70	237,56	2441,10	107,78	2681,62	210,93	2526,70	215,56
HLT	2540,70	86,01	2551,90	71,01	2618,30	105,66	2558,90	171,81	2636,30	113,35	2627,64	133,19	2728,36	135,40	2624,60	112,24
JSQ	2563,70	180,63	2603,78	121,07	2658,44	156,91	2436,20	94,53	2782,60	99,65	2677,30	155,14	2677,80	84,43	2646,50	109,20
JRX	2552,36	97,58	2488,07	94,85	2493,57	77,55	2436,14	84,01	2655,45	125,10	2641,45	74,51	2535,18	191,28	2572,91	105,06
MSH	2483,40	135,32	2605,00	68,13	2517,80	85,29	2530,40	89,38	2622,20	136,85	2506,30	69,62	2636,10	79,18	2601,80	88,35
TYX	2508,60	53,70	2526,30	106,23	2512,09	68,85	2542,00	103,08	2574,64	80,02	2537,00	105,39	2546,27	93,27	2548,36	55,63
WY	2495,70	102,53	2499,00	76,81	2485,44	90,84	2604,78	111,22	2536,10	66,88	2630,30	91,79	2615,50	91,05	2594,90	97,62
ZBJ	2576,30	80,78	2496,82	69,76	2560,55	107,16	2472,55	126,79	2536,27	124,73	2546,45	116,55	2566,55	84,81	2519,45	84,81
ZDN	2602,30	132,11	2571,30	122,53	2535,80	100,61	2557,50	82,00	2617,80	85,58	2463,20	84,86	2606,00	125,26	2581,80	134,07
ZLL	2639,20	79,18	2651,16	58,01	2587,40	93,50	2519,44	101,93	2567,45	99,06	2493,50	99,66	2624,73	78,61	2664,55	93,62
ZMY	2448,20	98,16	2425,67	109,61	2402,20	110,26	2663,11	81,69	2537,90	114,74	2535,10	74,39	2496,89	127,50	2600,70	120,45
ZXF	2728,10	132,26	2684,70	61,41	2774,00	39,56	2800,00	108,97	2579,89	48,73	2521,78	114,65	2514,11	81,81	2670,11	129,97
Moy Inter	**2576,59**		**2561,55**		**2568,89**		**2565,88**		**2610,52**		**2568,12**		**2620,64**		**2611,78**	
ET Inter	**124,85**		**95,06**		**113,74**		**117,98**		**87,92**		**89,63**		**91,68**		**71,25**	

Tableau 206 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2778,33	110,34	2751,67	34,08	2797,22	40,93	2642,89	58,97	2821,50	201,51	2838,10	134,89	2867,64	120,29	2795,40	96,62
GYF	2489,10	73,51	2488,30	29,86	2502,40	35,04	2440,40	78,34	2377,52	133,95	2470,80	69,68	2459,90	125,60	2419,06	125,67
HLT	2433,50	132,81	2457,10	106,13	2466,90	75,36	2432,00	175,18	2547,00	168,47	2537,09	130,35	2575,09	100,22	2515,50	65,61
JSQ	2438,44	93,35	2454,50	115,49	2468,10	111,85	2453,44	122,36	2638,40	98,54	2457,60	102,48	2631,90	76,13	2563,00	59,24
JRX	2417,93	76,94	2409,57	64,96	2408,64	54,29	2401,64	100,97	2498,91	74,07	2466,18	92,51	2434,82	94,83	2450,36	86,45
MSH	2396,10	94,36	2420,80	93,83	2427,30	85,91	2390,80	89,28	2538,90	140,33	2437,10	92,84	2499,60	63,50	2503,00	75,94
TYX	2478,10	98,83	2425,90	72,67	2473,82	80,17	2515,80	83,03	2374,09	103,92	2400,73	56,01	2381,00	94,94	2439,91	92,26
WY	2447,40	82,38	2359,30	81,81	2367,60	35,94	2543,00	96,89	2461,60	57,32	2440,60	74,22	2450,50	102,04	2443,10	60,55
ZBJ	2397,00	72,36	2391,09	72,07	2470,45	90,65	2419,09	96,67	2452,18	83,33	2452,18	76,48	2438,73	69,85	2435,36	86,70
ZDN	2557,80	118,55	2489,00	45,68	2478,80	80,83	2470,90	65,64	2506,00	71,92	2438,60	98,67	2463,20	96,39	2450,50	94,33
ZLL	2582,75	86,67	2511,70	66,93	2497,90	82,09	2494,73	51,65	2466,82	69,81	2446,25	110,07	2439,09	77,31	2542,64	91,87
ZMY	2397,30	79,07	2370,22	55,05	2377,20	86,81	2584,89	87,17	2445,50	123,53	2449,80	81,30	2470,80	104,03	2447,90	120,36
ZXF	2578,60	86,31	2542,70	99,33	2622,50	58,92	2725,10	72,27	2461,00	53,83	2483,89	112,80	2461,00	74,10	2541,89	52,37
Moy Inter	**2491,72**		**2467,07**		**2489,14**		**2501,13**		**2506,88**		**2486,07**		**2505,64**		**2503,66**	
ET Inter	**104,96**		**97,59**		**108,20**		**95,97**		**112,96**		**105,98**		**121,85**		**96,11**	

Tableau 207 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2782,67	97,48	2766,11	48,49	2849,11	48,57	2679,78	82,14	2754,20	125,54	2845,00	200,38	2875,64	121,40	2854,64	126,17
GYF	2491,70	76,88	2486,80	34,70	2508,10	43,40	2475,20	46,64	2314,98	150,43	2426,80	85,17	2400,88	71,03	2395,90	124,79
HLT	2385,70	138,84	2431,00	115,56	2448,30	111,02	2431,60	188,74	2504,10	159,36	2459,55	114,23	2551,36	143,69	2530,30	102,12
JSQ	2438,80	65,63	2447,70	116,51	2417,60	94,37	2440,90	102,47	2618,20	145,98	2397,00	121,75	2527,30	102,01	2548,70	68,67
JRX	2433,50	60,16	2381,50	88,85	2398,00	60,35	2369,07	80,15	2436,09	87,73	2437,91	77,20	2436,00	96,56	2461,64	121,21
MSH	2398,70	94,18	2372,30	61,54	2420,40	74,53	2368,60	90,29	2510,20	109,08	2439,30	81,96	2465,90	80,23	2460,40	55,50
TYX	2447,60	120,72	2379,50	75,55	2497,27	109,36	2499,10	60,50	2376,27	62,28	2382,82	68,01	2349,09	81,22	2372,00	80,87
WY	2406,80	56,27	2328,40	75,63	2343,20	31,20	2473,50	138,72	2393,00	69,88	2403,30	92,73	2417,10	109,19	2420,90	52,47
ZBJ	2358,00	55,16	2358,55	46,99	2421,91	77,77	2393,36	81,24	2435,45	72,88	2428,64	69,13	2458,91	55,11	2405,09	64,28
ZDN	2565,20	114,64	2499,20	56,63	2429,90	107,04	2512,50	69,81	2487,50	63,49	2443,10	92,38	2480,10	98,74	2457,90	89,02
ZLL	2521,00	139,54	2481,11	64,01	2471,70	61,38	2509,38	58,57	2463,64	84,55	2444,75	110,26	2428,36	91,37	2495,18	63,06
ZMY	2378,40	105,59	2367,89	48,01	2356,80	71,26	2552,11	95,32	2456,10	142,74	2418,80	78,18	2449,20	124,68	2413,40	78,87
ZXF	2503,30	44,18	2494,00	110,03	2534,10	64,73	2611,30	70,55	2415,44	48,75	2476,33	58,09	2431,11	61,80	2473,67	25,58
Moy Inter	**2470,11**		**2445,70**		**2468,95**		**2485,88**		**2474,24**		**2461,79**		**2482,38**		**2483,82**	
ET Inter	**107,75**		**108,25**		**122,06**		**87,86**		**107,38**		**113,28**		**123,95**		**118,05**	

Tableau 208 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2782,89	107,86	2716,67	65,84	2871,67	50,14	2610,56	87,85	2761,80	103,87	2768,56	198,29	2852,50	94,92	2881,73	134,76
GYF	2482,90	60,11	2488,80	42,32	2512,30	56,55	2489,70	33,37	2351,81	124,49	2437,15	84,44	2480,72	90,11	2388,84	136,26
HLT	2432,60	111,34	2472,22	121,88	2493,90	137,99	2415,00	159,51	2576,90	98,08	2485,00	110,73	2593,50	156,76	2522,70	103,60
JSQ	2471,11	57,94	2431,70	108,46	2479,50	53,80	2409,00	83,24	2607,60	82,87	2462,90	108,51	2492,11	134,97	2484,67	127,38
JRX	2433,50	70,66	2427,79	84,57	2408,29	50,66	2371,77	54,74	2500,82	87,05	2468,18	77,92	2436,82	72,36	2459,18	76,60
MSH	2403,70	101,13	2356,60	78,55	2402,90	80,40	2372,30	74,92	2511,60	112,58	2480,50	56,54	2437,20	95,73	2453,90	86,87
TYX	2440,70	71,25	2407,33	78,49	2522,36	73,71	2495,70	78,51	2362,55	84,81	2370,09	92,69	2373,73	84,83	2419,73	88,83
WY	2395,00	78,00	2354,30	68,56	2374,90	51,40	2446,80	104,94	2413,50	68,11	2424,90	93,50	2404,25	83,32	2415,56	86,99
ZBJ	2407,30	55,33	2385,36	63,27	2465,64	97,13	2444,82	117,42	2432,00	82,73	2408,45	92,53	2438,73	75,50	2442,09	52,56
ZDN	2561,50	122,40	2491,70	79,01	2462,40	120,50	2519,50	86,13	2543,00	78,00	2502,40	105,58	2524,50	74,51	2491,20	74,41
ZLL	2556,00	140,95	2474,38	53,85	2514,90	59,79	2571,14	50,43	2457,36	100,70	2478,08	109,62	2466,73	83,76	2490,36	55,29
ZMY	2385,80	116,37	2400,44	52,99	2363,60	85,19	2496,44	49,65	2448,20	103,65	2434,40	66,73	2474,90	82,95	2401,60	73,76
ZXF	2556,90	56,04	2502,70	94,98	2491,00	42,64	2558,10	56,41	2446,00	53,14	2494,89	51,66	2380,22	82,91	2430,67	73,02
Moy Inter	**2485,38**		**2454,62**		**2489,49**		**2476,99**		**2493,32**		**2478,12**		**2488,92**		**2483,25**	
ET Inter	**104,86**		**89,92**		**121,78**		**72,55**		**106,63**		**91,38**		**119,40**		**121,07**	

Tableau 209 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2891,33	141,61	2713,33	56,92	2815,25	122,82	2704,22	106,61	2751,30	69,55	2756,00	163,75	2854,27	73,91	2889,55	102,48
GYF	2520,30	60,97	2508,10	56,14	2527,90	67,99	2519,70	72,42	2422,24	144,23	2598,50	164,30	2579,91	118,87	2469,35	187,45
HLT	2496,60	138,11	2579,00	107,49	2611,60	122,19	2456,50	160,27	2614,20	105,17	2518,18	88,81	2673,45	154,28	2501,30	56,05
JSQ	2541,89	107,27	2513,60	101,53	2547,70	98,68	2432,67	85,14	2608,60	108,03	2504,10	158,73	2592,50	173,52	2511,90	137,22
JRX	2503,50	57,30	2486,93	93,21	2451,29	81,61	2452,57	97,69	2518,27	98,12	2545,09	75,28	2522,45	41,38	2484,18	98,61
MSH	2446,30	63,97	2426,40	96,36	2461,10	107,59	2390,80	89,28	2611,90	81,31	2557,50	72,76	2507,30	110,79	2520,20	52,00
TYX	2419,40	68,47	2457,90	57,98	2546,70	47,61	2490,30	130,11	2461,09	85,55	2397,45	60,97	2428,55	58,72	2404,90	109,48
WY	2480,10	92,38	2424,60	81,44	2461,60	73,59	2453,33	116,62	2526,20	88,86	2487,50	109,27	2509,70	78,88	2476,40	118,04
ZBJ	2491,20	103,48	2451,18	77,45	2506,00	121,59	2489,18	117,43	2485,82	74,67	2448,82	98,40	2475,73	79,04	2462,27	56,88
ZDN	2598,50	107,87	2583,70	94,65	2492,50	119,13	2564,50	120,64	2592,70	77,43	2528,30	105,19	2579,30	91,70	2517,10	78,10
ZLL	2573,80	127,49	2572,50	87,56	2548,90	67,61	2623,08	101,97	2517,36	80,86	2515,00	90,90	2514,09	105,90	2500,55	72,89
ZMY	2471,70	112,98	2466,50	81,86	2368,10	98,03	2446,11	65,01	2483,60	100,78	2478,20	107,82	2529,90	90,79	2378,50	65,77
ZXF	2588,40	55,34	2552,60	114,93	2543,40	50,06	2513,70	80,80	2456,11	45,65	2521,78	93,82	2425,67	86,63	2448,56	83,50
Moy Inter	**2540,23**		**2518,18**		**2529,39**		**2502,82**		**2542,26**		**2527,42**		**2553,29**		**2504,98**	
ET Inter	**113,65**		**78,10**		**101,14**		**81,99**		**86,45**		**81,53**		**108,44**		**118,29**	

Tableau 210 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2871,88	144,45	2738,89	45,90	2762,57	164,23	2827,89	90,97	2733,20	86,85	2874,40	192,05	2886,45	138,48	2951,36	159,81
GYF	2658,70	36,16	2598,30	77,24	2573,10	68,13	2533,60	75,91	2765,75	109,03	2813,35	144,80	2738,80	185,20	2698,27	209,48
HLT	2672,88	160,22	2637,40	117,19	2735,44	168,89	2540,20	160,96	2731,22	109,77	2620,09	81,47	2686,73	148,87	2600,20	87,03
JSQ	2713,60	91,51	2656,90	129,50	2656,90	184,15	2509,25	107,31	2741,60	121,09	2680,70	147,87	2712,67	111,03	2531,00	178,20
JRX	2573,62	90,65	2578,54	59,22	2542,38	106,58	2570,50	96,78	2638,91	108,93	2709,30	112,82	2631,45	102,07	2653,20	113,33
MSH	2482,38	91,57	2516,60	75,63	2488,80	130,65	2482,89	106,99	2739,00	142,86	2692,67	112,07	2615,80	82,39	2536,90	69,35
TYX	2486,50	92,97	2493,78	78,63	2557,73	65,25	2473,60	115,26	2561,00	93,60	2524,00	79,93	2483,30	63,97	2346,40	118,04
WY	2587,60	128,31	2526,56	118,62	2548,13	118,74	2467,50	99,56	2607,60	83,18	2546,70	102,37	2592,00	88,94	2543,00	120,84
ZBJ	2609,80	138,50	2544,64	70,30	2563,18	62,71	2553,09	95,19	2539,50	147,77	2556,64	166,81	2531,90	78,10	2509,36	125,42
ZDN	2670,10	126,81	2641,00	156,59	2581,10	133,30	2571,00	167,75	2646,80	114,34	2557,80	124,80	2687,70	137,13	2491,20	134,20
ZLL	2606,00	150,79	2639,60	107,14	2592,72	137,44	2656,44	97,29	2643,20	94,28	2562,17	113,01	2622,64	131,76	2548,09	163,70
ZMY	2499,60	186,93	2511,44	108,21	2496,44	115,97	2476,11	103,86	2611,22	86,52	2581,63	135,21	2624,60	144,12	2423,30	121,55
ZXF	2686,40	65,24	2737,40	77,93	2733,30	91,90	2638,90	100,82	2486,33	116,08	2602,44	111,69	2559,44	132,44	2461,00	146,28
Moy Inter	**2624,54**		**2601,62**		**2602,45**		**2561,61**		**2649,64**		**2640,14**		**2644,11**		**2561,02**	
ET Inter	**103,00**		**78,95**		**87,30**		**96,16**		**84,86**		**104,28**		**98,55**		**142,99**	

Les valeurs absolues de F3 en Mel

Contexte /pa/

Tableau 211 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1864,75	13,51	1840,25	12,69	1833,99	11,15	1859,66	11,41	1876,74	19,01	1857,76	30,19	1857,09	31,79	1873,75	34,42
GYF	1859,75	37,75	1835,79	60,10	1844,96	37,34	1879,14	74,06	1856,93	45,60	1865,22	33,72	1854,14	32,32	1852,46	25,64
HLT	1903,93	51,21	1859,49	72,65	1849,31	78,77	1875,26	59,89	1823,17	50,18	1833,01	52,93	1829,41	42,84	1819,05	67,43
JSQ	1907,03	17,89	1850,73	35,91	1888,59	87,74	1897,92	16,87	1898,82	27,93	1874,95	38,50	1877,17	20,71	1897,89	18,58
JRX	1897,92	14,82	1875,26	21,44	1888,39	17,17	1879,12	26,29	1958,79	24,11	1955,17	29,43	1957,89	26,78	1954,72	30,10
MSH	1888,45	8,57	1890,06	6,79	1878,82	22,86	1909,15	17,10	1909,94	26,11	1887,02	20,23	1876,25	33,53	1905,60	35,06
TYX	1804,67	22,42	1804,38	28,74	1804,45	15,88	1811,36	11,61	1901,84	33,84	1876,40	30,79	1878,66	31,36	1877,82	30,87
WY	1959,35	23,47	1891,50	27,10	1886,54	13,40	1940,38	23,35	1953,02	27,93	1918,31	33,36	1930,70	24,71	1936,30	20,77
ZBJ	1890,49	50,20	1872,70	44,13	1870,69	35,90	1861,40	43,46	1888,29	32,10	1873,74	33,95	1868,34	26,26	1874,93	35,28
ZDN	1900,60	21,00	1876,67	16,80	1890,73	15,91	1909,75	13,79	1919,51	19,07	1892,31	18,98	1899,63	21,34	1880,52	32,94
ZLL	1930,25	34,11	1826,27	42,34	1867,57	42,68	1929,78	40,38	1930,85	28,41	1943,92	32,25	1948,86	31,24	1932,20	35,39
ZMY	1922,62	10,89	1907,40	15,57	1918,09	8,17	1922,59	11,24	1909,20	15,36	1898,55	25,28	1899,15	28,98	1924,33	17,59
ZXF	1865,30	12,38	1852,59	14,29	1833,25	11,11	1864,54	12,46	1836,87	34,33	1839,23	18,31	1831,74	25,29	1841,35	21,46
Moy Inter	**1891,93**		**1860,24**		**1865,80**		**1887,70**		**1897,23**		**1885,82**		**1885,31**		**1890,07**	
ET Inter	**36,74**		**27,96**		**29,81**		**33,92**		**39,33**		**35,05**		**39,23**		**38,37**	

Tableau 212 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1877,87	23,05	1805,72	15,65	1816,75	14,48	1855,71	17,09	1875,40	37,88	1854,96	29,97	1878,34	30,79	1889,29	21,53
GYF	1890,31	58,23	1830,04	47,00	1865,89	66,95	1842,09	23,71	1914,12	38,86	1883,97	37,24	1848,65	34,41	1896,52	29,35
HLT	1838,36	74,36	1791,53	28,80	1763,95	52,31	1804,97	30,94	1824,46	22,05	1793,73	16,93	1812,39	59,84	1788,72	19,06
JSQ	1904,19	21,62	1800,47	63,71	1839,12	69,74	1879,43	55,08	1866,94	38,12	1833,31	29,06	1840,07	22,58	1892,39	26,10
JRX	1894,96	19,50	1849,92	15,51	1854,16	20,19	1882,48	29,16	1957,00	15,56	1944,33	23,50	1930,74	17,04	1923,69	17,85
MSH	1887,92	16,44	1886,11	20,44	1870,24	18,05	1903,83	17,63	1914,57	31,00	1886,36	32,97	1864,36	31,60	1919,52	29,67
TYX	1815,59	38,55	1818,88	21,75	1815,45	10,69	1816,98	17,96	1888,77	34,95	1834,76	19,26	1865,62	37,98	1880,09	28,25
WY	1978,13	26,03	1842,98	30,66	1824,99	24,60	1932,65	33,05	1959,17	29,36	1909,65	37,30	1938,61	24,34	1955,09	33,24
ZBJ	1818,99	46,63	1745,21	28,69	1765,07	42,75	1797,90	40,37	1888,05	36,64	1818,33	48,42	1811,44	42,84	1854,40	35,31
ZDN	1907,39	26,45	1854,14	25,07	1847,48	21,79	1906,84	20,74	1917,03	18,55	1890,09	31,95	1883,69	20,56	1906,77	22,95
ZLL	1929,49	34,37	1813,35	35,94	1855,84	36,06	1933,22	50,06	1969,29	27,99	1970,86	47,65	1990,14	41,86	1970,98	55,35
ZMY	1943,56	15,90	1923,68	32,60	1932,85	9,64	1936,94	15,09	1919,23	20,23	1874,39	32,48	1895,70	30,71	1916,51	39,62
ZXF	1876,18	20,44	1811,66	19,00	1818,49	15,83	1856,66	15,61	1843,71	14,83	1831,94	18,07	1826,92	21,12	1853,64	30,22
Moy Inter	**1889,46**		**1828,75**		**1836,18**		**1873,05**		**1902,90**		**1871,28**		**1875,90**		**1895,97**	
ET Inter	**44,98**		**42,89**		**42,75**		**46,76**		**42,39**		**48,74**		**50,61**		**44,99**	

Tableau 213 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1872,00	17,31	1838,17	10,24	1803,39	14,99	1848,57	22,84	1897,16	28,53	1887,70	18,25	1875,95	41,25	1889,81	23,01
GYF	1874,43	66,76	1800,42	33,61	1862,62	42,79	1839,72	31,33	1897,20	39,53	1896,60	33,62	1847,19	31,02	1891,43	29,79
HLT	1942,80	23,19	1800,31	38,33	1772,25	30,35	1821,68	73,61	1846,94	16,22	1814,58	29,42	1833,60	42,08	1810,88	20,98
JSQ	1915,34	29,77	1808,47	55,17	1837,51	52,17	1884,77	59,75	1859,19	43,59	1824,15	23,59	1812,67	40,29	1899,43	36,81
JRX	1866,17	17,51	1836,30	15,21	1826,46	16,07	1897,87	19,38	1952,98	21,56	1919,47	22,33	1939,07	23,49	1951,12	22,84
MSH	1890,94	19,79	1859,61	19,79	1852,51	33,17	1907,68	23,66	1919,02	39,91	1878,12	29,30	1859,83	29,01	1914,05	42,34
TYX	1822,87	31,89	1831,99	22,29	1829,50	17,34	1852,28	19,95	1882,51	31,86	1806,92	25,74	1818,65	45,98	1854,79	45,88
WY	1990,37	29,13	1843,63	17,88	1825,78	23,33	1920,11	51,84	1979,38	18,34	1920,80	38,28	1943,49	33,37	1950,36	57,84
ZBJ	1808,13	39,68	1756,75	35,25	1749,45	50,64	1747,97	44,20	1880,17	50,89	1807,14	53,64	1792,90	42,19	1853,34	48,29
ZDN	1902,11	30,37	1831,60	21,01	1804,98	24,96	1886,16	19,33	1925,60	31,70	1895,14	23,52	1882,09	20,53	1934,44	23,29
ZLL	1942,84	45,98	1815,74	44,35	1861,25	41,24	1893,86	51,31	1978,77	84,59	1980,60	33,24	1985,10	54,17	1957,57	39,94
ZMY	1947,57	17,96	1919,89	26,55	1932,88	10,50	1941,36	12,73	1915,42	26,39	1878,42	38,06	1880,91	30,92	1924,61	55,27
ZXF	1869,39	16,99	1834,04	12,88	1803,47	15,10	1850,91	23,73	1847,43	17,68	1841,65	15,62	1811,20	15,03	1852,21	20,44
Moy Inter	**1895,77**		**1828,99**		**1827,85**		**1868,69**		**1906,29**		**1873,17**		**1867,90**		**1898,77**	
ET Inter	**49,69**		**36,21**		**43,87**		**48,12**		**42,98**		**50,25**		**56,12**		**43,90**	

Tableau 214 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1869,99	19,32	1812,33	21,17	1813,01	15,46	1838,39	15,89	1897,45	19,67	1884,60	34,85	1878,40	28,27	1896,92	22,66
GYF	1867,41	51,11	1799,63	33,96	1907,91	45,86	1828,07	21,64	1897,77	44,04	1876,72	27,92	1865,98	36,55	1894,59	47,28
HLT	1857,88	50,84	1805,04	43,21	1804,19	49,00	1803,67	62,32	1864,56	43,16	1816,86	31,84	1828,78	27,38	1818,44	22,95
JSQ	1916,66	38,61	1824,22	45,94	1845,22	60,82	1871,14	38,30	1847,04	34,42	1822,15	42,63	1821,79	45,31	1876,07	38,79
JRX	1865,02	12,06	1821,92	17,86	1824,71	19,19	1881,98	16,99	1947,05	23,94	1909,61	27,84	1938,20	23,93	1954,61	22,83
MSH	1906,15	36,46	1858,02	18,04	1842,55	29,54	1904,64	26,04	1928,10	45,92	1881,38	50,76	1831,21	38,82	1937,34	45,51
TYX	1825,81	39,90	1838,68	14,60	1845,70	12,97	1861,85	26,94	1879,27	29,91	1823,06	56,44	1799,04	52,21	1826,57	34,59
WY	1985,67	27,16	1852,90	33,36	1824,42	39,22	1903,49	47,89	1969,24	16,63	1905,77	38,47	1918,60	34,40	1944,55	45,69
ZBJ	1780,54	43,18	1751,62	37,91	1738,97	37,24	1750,73	42,79	1890,40	31,87	1813,63	53,75	1798,79	47,35	1836,14	52,07
ZDN	1914,44	29,39	1840,44	26,45	1820,67	21,94	1882,71	23,26	1935,04	41,31	1913,78	48,03	1893,28	32,84	1943,09	33,04
ZLL	1930,69	29,05	1807,81	42,57	1878,47	40,61	1876,49	54,92	1946,29	37,66	1972,11	57,79	1983,67	50,59	1987,25	35,62
ZMY	1940,11	22,07	1900,15	34,93	1927,28	17,70	1933,20	18,85	1912,19	28,52	1875,59	33,07	1874,07	47,34	1906,80	42,22
ZXF	1867,99	18,38	1814,52	19,35	1810,75	17,00	1839,16	16,46	1851,68	16,58	1837,20	18,73	1811,69	18,23	1845,15	30,28
Moy Inter	**1886,80**		**1825,18**		**1837,22**		**1859,65**		**1905,08**		**1871,73**		**1864,88**		**1897,50**	
ET Inter	**51,07**		**33,90**		**46,08**		**46,14**		**37,12**		**45,69**		**54,96**		**52,29**	

Tableau 215 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1875,38	12,27	1827,78	22,55	1818,10	20,11	1836,76	6,42	1898,95	28,65	1903,34	44,26	1871,54	40,06	1907,98	26,40
GYF	1842,18	35,78	1818,14	28,36	1866,94	37,12	1827,47	33,10	1888,70	19,07	1867,05	29,60	1852,27	21,02	1888,58	18,79
HLT	1852,44	33,13	1827,70	48,44	1809,21	69,36	1853,84	47,64	1854,85	31,19	1816,13	18,49	1838,13	57,13	1821,88	56,00
JSQ	1928,40	28,08	1828,91	49,71	1865,38	32,22	1884,75	48,98	1867,49	41,36	1848,33	39,63	1828,59	47,84	1877,04	34,58
JRX	1864,08	18,67	1828,15	20,25	1837,35	28,00	1848,33	12,47	1935,58	23,78	1898,40	26,56	1908,14	23,88	1938,52	17,33
MSH	1926,38	46,82	1852,57	27,96	1870,87	54,26	1904,66	25,12	1937,14	55,71	1892,41	41,11	1830,40	40,31	1938,51	38,41
TYX	1855,72	59,12	1829,73	7,30	1850,47	10,13	1875,70	50,45	1875,20	36,06	1823,44	28,64	1809,85	59,58	1821,83	39,37
WY	2003,72	29,47	1899,54	34,67	1841,74	31,17	1931,76	49,80	1951,16	29,38	1900,29	35,58	1889,89	26,26	1922,89	43,59
ZBJ	1793,70	51,50	1782,84	44,19	1775,29	33,73	1772,36	52,07	1892,12	40,55	1849,96	67,33	1821,61	36,23	1859,38	46,48
ZDN	1958,10	14,15	1917,30	35,29	1873,49	49,45	1919,31	22,63	1932,06	48,91	1914,27	48,16	1889,59	39,13	1937,04	46,61
ZLL	1939,68	38,08	1826,34	48,42	1910,18	34,26	1871,31	18,03	1948,56	23,97	1960,37	57,17	1973,81	58,25	1951,15	22,68
ZMY	1929,16	17,20	1901,88	26,20	1919,23	11,88	1926,77	14,75	1896,53	22,73	1865,30	27,03	1868,62	50,56	1887,22	36,17
ZXF	1874,17	13,23	1830,93	21,16	1813,11	21,46	1839,86	9,80	1848,43	24,37	1839,93	15,99	1820,85	25,14	1850,15	23,16
Moy Inter	**1895,62**		**1843,98**		**1850,10**		**1868,68**		**1902,06**		**1875,32**		**1861,79**		**1892,48**	
ET Inter	**54,94**		**37,20**		**39,01**		**43,84**		**34,16**		**39,20**		**43,96**		**42,95**	

Tableau 216 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1832,79	31,89	1850,64	24,99	1861,94	22,83	1835,67	39,08	1931,42	18,35	1928,17	41,39	1878,71	48,23	1924,41	38,81
GYF	1819,41	38,23	1815,95	15,12	1844,85	20,95	1822,58	45,93	1893,23	36,63	1865,52	13,21	1875,55	28,38	1880,17	14,57
HLT	1866,59	52,86	1878,72	58,73	1837,21	41,77	1831,95	22,08	1839,70	47,13	1853,13	44,19	1860,86	40,28	1857,94	51,45
JSQ	1970,36	21,50	1891,79	38,78	1885,57	44,63	1921,93	26,05	1902,34	59,14	1908,13	47,78	1887,93	49,35	1898,70	51,94
JRX	1901,35	50,05	1888,45	64,24	1820,07	31,37	1861,18	61,20	1880,71	24,91	1888,65	58,10	1890,86	31,30	1928,97	40,77
MSH	1964,50	34,52	1909,50	31,65	1850,90	47,02	1920,04	41,57	1945,52	36,18	1929,48	27,71	1861,19	58,76	1918,94	30,13
TYX	1830,87	39,85	1811,76	51,38	1852,17	30,19	1876,92	52,87	1893,75	33,64	1894,25	32,17	1877,37	33,11	1876,68	41,04
WY	2009,03	22,84	1962,81	23,60	1927,88	26,22	1974,67	35,35	1966,11	29,34	1955,85	31,85	1955,10	42,15	1954,94	32,70
ZBJ	1886,58	40,93	1857,06	38,17	1834,82	39,57	1846,88	45,40	1914,90	30,01	1907,92	38,91	1884,94	28,06	1909,66	26,82
ZDN	1973,38	14,97	1943,54	32,90	1939,01	37,98	1939,60	16,15	1893,28	55,52	1900,58	51,47	1913,26	32,95	1895,55	79,80
ZLL	1951,12	37,04	1902,12	34,46	1926,39	27,72	1894,32	33,10	1990,45	31,93	1949,64	44,20	1958,51	34,72	1962,23	35,94
ZMY	1932,51	28,40	1895,18	43,02	1897,37	18,57	1893,02	39,03	1876,14	49,94	1850,41	26,98	1867,30	62,19	1898,96	36,56
ZXF	1833,15	28,36	1844,72	25,54	1858,24	26,87	1840,51	37,06	1837,79	48,82	1835,66	35,34	1848,04	58,49	1871,77	54,84
Moy Inter	**1905,51**		**1880,94**		**1872,03**		**1881,48**		**1905,03**		**1897,49**		**1889,20**		**1906,07**	
ET Inter	**62,77**		**43,04**		**37,78**		**45,41**		**43,05**		**36,63**		**32,75**		**30,16**	

Contexte /pi/

Tableau 217 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite).

/i/ 0%	VM								VC							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1914,73	44,98	1875,67	38,39	1839,12	24,95	1889,75	28,51	1977,42	16,43	1920,36	89,60	1956,50	48,90	1949,36	50,89
GYF	1766,74	48,00	2017,39	104,01	1791,90	38,10	1780,52	29,44	1864,94	49,43	1862,19	34,06	1841,94	49,43	1852,10	35,15
HLT	1972,51	14,82	1935,78	24,09	1922,56	18,72	1945,30	30,86	1978,60	39,94	1968,41	37,07	1966,73	33,53	1972,74	30,22
JSQ	1963,71	39,54	2023,03	67,99	1990,16	56,63	1960,61	19,69	1972,75	44,05	2010,88	32,63	1998,75	46,04	1989,89	48,50
JRX	1983,01	23,59	1970,75	23,70	1962,91	27,77	1988,98	30,10	1962,24	24,00	1969,02	27,24	1944,98	27,42	1952,10	23,21
MSH	2004,64	18,31	2013,64	13,36	2004,14	14,76	1988,90	29,58	1957,31	29,50	1960,15	34,36	1966,95	31,86	1972,79	33,49
TYX	1991,83	31,41	2036,51	29,03	2021,10	26,01	2011,32	40,79	2000,03	32,71	2006,27	35,16	1999,69	30,47	1989,06	35,32
WY	2026,50	32,93	2016,08	40,10	2002,56	19,38	2056,19	28,53	2027,34	50,93	2003,84	38,73	2001,21	33,97	2004,75	38,42
ZBJ	1952,34	42,81	1957,03	39,24	1958,90	37,54	1944,39	51,66	2035,30	43,58	2010,62	30,76	2004,51	30,69	1980,57	35,15
ZDN	1935,80	44,73	1968,77	27,31	1991,23	44,98	1946,65	39,63	1958,21	43,86	1974,73	43,44	1970,13	46,04	1968,92	43,72
ZLL	2078,58	34,66	2036,34	49,68	2077,68	27,94	2093,82	16,29	2008,58	28,58	1965,65	24,88	1973,02	31,25	1972,24	49,53
ZMY	1994,61	29,16	1989,39	25,38	1989,27	47,58	1983,49	36,85	2023,07	42,61	2026,50	31,91	2012,18	40,05	2012,84	36,99
ZXF	1889,39	36,92	1867,09	26,42	1876,74	35,66	1875,04	39,24	1844,60	22,88	1856,45	33,54	1850,30	33,74	1850,81	28,53
Moy Inter	**1959,57**		**1977,50**		**1956,02**		**1958,84**		**1970,03**		**1964,24**		**1960,53**		**1959,09**	
ET Inter	**72,54**		**54,34**		**76,00**		**76,96**		**55,48**		**52,38**		**52,66**		**49,02**	

Tableau 218 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 20%	VM								VC							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1985,23	27,48	2045,43	20,08	2052,22	26,67	1978,68	40,84	2046,03	11,37	2015,18	63,80	2034,55	52,39	2051,66	22,21
GYF	2018,06	44,00	2043,27	61,85	1990,51	82,02	2004,27	45,38	1976,14	25,01	2001,51	26,39	1970,57	28,60	1994,14	37,77
HLT	2013,29	27,50	1998,37	20,24	2008,62	30,09	2001,92	34,94	2056,64	25,84	2021,93	32,86	2038,90	45,30	2044,45	20,28
JSQ	2155,35	40,16	2189,51	12,84	2185,83	13,30	2184,75	21,03	2150,83	20,02	2158,01	18,91	2154,34	14,25	2153,03	20,09
JRX	2061,65	23,49	2055,17	15,36	2046,03	19,98	2077,26	28,24	2051,01	24,09	2057,64	17,68	2042,73	27,33	2034,93	42,88
MSH	2046,52	15,10	2060,52	20,62	2057,05	12,65	2038,51	20,17	2088,16	13,25	2085,59	9,42	2082,19	19,03	2084,15	24,35
TYX	2059,01	24,02	2097,61	13,39	2089,62	14,04	2067,56	28,37	2059,87	24,83	2081,76	21,97	2072,15	25,02	2069,59	22,56
WY	2098,61	29,63	2084,64	19,33	2090,47	14,25	2107,50	29,69	2132,78	18,75	2123,54	29,57	2134,65	36,33	2138,20	23,17
ZBJ	2037,18	26,29	2045,52	27,34	2053,57	20,24	2041,12	30,37	2062,65	22,26	2069,37	37,60	2088,55	33,25	2085,63	24,15
ZDN	2021,07	39,63	2045,00	20,67	2049,75	26,64	2032,68	23,66	2060,59	34,71	2044,53	20,41	2038,52	17,32	2060,61	46,24
ZLL	2150,44	23,01	2113,42	18,74	2135,99	25,93	2162,30	11,12	2113,26	15,23	2080,20	23,95	2086,36	17,89	2107,98	20,91
ZMY	2042,30	11,67	2036,78	29,91	2053,96	18,90	2045,31	19,34	2071,89	18,87	2085,49	24,56	2080,23	22,62	2067,77	28,42
ZXF	1966,60	36,42	2001,45	27,45	2005,15	22,27	1981,61	32,70	1945,13	33,50	1968,26	19,22	1944,34	32,00	1942,65	45,09
Moy Inter	**2050,41**		**2062,82**		**2062,98**		**2055,65**		**2062,69**		**2061,00**		**2059,08**		**2064,21**	
ET Inter	**54,32**		**48,25**		**51,31**		**61,65**		**53,89**		**49,18**		**55,64**		**53,55**	

Tableau 219 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 40%	VM								VC							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1985,10	24,79	2036,38	20,74	2072,06	19,86	1998,18	19,50	2067,06	13,94	2053,67	30,31	2052,30	21,52	2053,02	20,56
GYF	2043,41	24,79	2032,07	86,06	2065,50	55,38	2038,57	30,70	2019,57	18,16	2027,72	10,76	2003,37	19,40	2016,70	35,80
HLT	2033,14	32,58	2018,35	26,47	2033,40	36,86	2001,17	35,17	2060,52	32,78	2047,15	24,49	2061,12	39,03	2055,55	30,33
JSQ	2163,82	37,16	2200,45	9,13	2205,91	17,96	2193,30	17,17	2177,13	11,65	2161,77	21,68	2163,98	35,97	2172,59	30,55
JRX	2095,42	21,03	2081,27	21,91	2085,38	18,28	2085,30	23,01	2064,95	14,09	2073,79	24,37	2076,80	23,52	2073,66	20,08
MSH	2039,61	15,08	2062,35	13,67	2070,77	24,43	2033,71	15,59	2097,72	14,83	2098,06	18,98	2094,05	13,78	2087,40	21,30
TYX	2065,89	28,46	2114,38	19,05	2098,30	11,84	2067,71	25,98	2082,26	27,14	2067,03	27,96	2076,96	28,24	2067,85	25,74
WY	2106,13	19,73	2083,60	20,99	2090,87	8,91	2103,49	14,62	2144,59	25,14	2123,72	15,39	2143,05	18,37	2159,12	32,95
ZBJ	2051,05	31,52	2043,36	23,21	2054,46	20,24	2044,69	27,01	2075,71	15,05	2067,74	32,48	2074,41	35,27	2077,88	21,74
ZDN	2031,32	37,95	2053,43	37,97	2049,60	22,39	2039,65	24,11	2059,66	26,58	2068,74	20,82	2081,24	42,41	2067,93	38,54
ZLL	2157,03	18,93	2122,17	19,45	2146,90	25,94	2156,17	18,17	2120,61	14,35	2086,28	13,73	2082,60	19,72	2107,12	15,09
ZMY	2044,73	15,07	2048,74	30,79	2057,67	17,48	2044,60	9,64	2067,45	27,73	2092,71	23,45	2084,24	23,54	2073,96	22,64
ZXF	1983,30	36,93	2020,50	41,63	2055,89	14,57	1981,63	21,72	1976,80	22,41	1990,63	22,74	1994,96	31,28	1968,77	34,06
Moy Inter	**2061,54**		**2070,54**		**2083,59**		**2060,63**		**2078,00**		**2073,77**		**2076,08**		**2075,50**	
ET Inter	**53,80**		**48,99**		**44,58**		**58,88**		**48,98**		**40,76**		**44,14**		**50,72**	

Tableau 220 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 60%	VM								VC							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1971,56	26,62	2014,07	21,47	2039,23	35,12	1990,30	37,88	2069,92	25,88	2033,26	34,91	2059,31	35,43	2052,30	25,65
GYF	1987,24	28,32	1956,30	69,38	1955,81	119,15	1990,02	37,61	1995,54	25,60	1998,39	29,98	1993,60	35,11	1996,89	43,93
HLT	2000,06	31,03	2016,16	36,56	2021,82	39,34	1997,26	27,02	2030,86	43,27	2021,00	19,46	2022,43	20,98	2048,59	30,48
JSQ	2159,73	29,32	2199,79	20,11	2212,45	28,09	2188,66	25,01	2175,83	25,67	2170,60	15,99	2131,28	49,14	2162,35	26,47
JRX	2093,04	15,33	2074,77	17,60	2095,87	19,02	2101,36	21,05	2066,84	22,47	2066,83	26,22	2064,82	20,20	2083,52	21,44
MSH	2017,27	13,68	2042,00	28,62	2036,21	30,21	2010,63	18,68	2093,24	16,44	2095,90	25,34	2086,63	30,18	2077,77	22,26
TYX	2042,44	42,76	2059,98	23,50	2058,23	31,24	2026,38	36,09	2063,46	24,93	2058,23	30,75	2069,63	20,00	2060,72	24,58
WY	2102,92	27,36	2074,33	16,44	2083,52	22,63	2099,30	12,78	2124,65	30,36	2100,68	30,84	2120,18	27,45	2144,50	28,23
ZBJ	2047,48	28,67	2042,74	21,67	2051,21	24,26	2053,39	30,56	2074,80	13,34	2043,96	38,46	2055,55	32,34	2056,61	14,96
ZDN	2008,10	37,93	2016,92	36,19	2037,65	35,21	2020,10	19,00	2034,42	29,17	2056,16	23,79	2066,67	40,09	2050,77	31,27
ZLL	2139,45	25,43	2117,57	25,21	2136,42	20,16	2127,65	21,65	2103,54	21,78	2076,65	19,03	2066,42	29,93	2092,66	24,84
ZMY	2030,06	16,68	2041,52	24,21	2047,79	22,60	2037,34	18,87	2047,72	17,80	2080,62	27,13	2072,19	32,30	2047,14	28,87
ZXF	1971,11	35,55	1988,22	15,68	2021,94	33,28	1967,33	23,58	1968,24	20,68	1965,75	17,39	1972,67	30,67	1956,51	25,19
Moy Inter	**2043,88**		**2049,57**		**2061,40**		**2046,90**		**2065,31**		**2059,08**		**2060,11**		**2063,87**	
ET Inter	**59,68**		**58,59**		**59,73**		**62,11**		**51,76**		**48,91**		**42,27**		**51,52**	

Tableau 221 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1935,85	32,37	1929,74	27,96	1954,43	49,25	1916,31	37,87	2054,87	19,82	2025,95	62,16	2044,41	41,09	2036,91	31,24
GYF	1865,02	61,73	1812,58	29,46	1843,72	27,53	1860,82	29,38	1951,72	41,82	1930,10	47,22	1951,17	56,11	1944,58	47,74
HLT	1964,04	20,21	1980,51	26,66	1982,16	57,94	1973,73	30,88	1980,23	47,19	1971,36	41,17	1988,43	41,83	1995,00	45,76
JSQ	2081,18	57,68	2104,37	53,11	2162,97	44,27	2143,52	38,94	2130,27	36,65	2129,06	31,93	2102,26	38,13	2129,87	34,95
JRX	2058,63	29,76	2017,98	19,61	2076,15	31,19	2044,03	27,44	2040,66	29,91	2019,82	21,60	2035,97	38,59	2023,31	29,47
MSH	1977,19	10,13	2004,19	21,22	1984,32	29,44	1963,86	22,25	2054,62	46,16	2075,39	30,09	2056,91	28,92	2046,66	39,08
TYX	1981,86	29,61	1959,68	29,56	1985,34	38,10	1957,80	31,05	2014,69	25,22	2004,98	14,32	2016,35	21,71	2015,24	30,43
WY	2070,10	25,09	2049,37	14,78	2049,53	28,38	2065,02	12,50	2061,26	23,82	2047,68	29,32	2070,57	21,38	2091,76	35,56
ZBJ	2027,64	16,46	2014,25	24,36	2028,10	43,73	2026,49	29,69	2038,96	13,71	2026,68	22,91	2021,27	27,19	2022,98	15,80
ZDN	1966,75	23,20	1946,63	31,67	1984,84	40,65	1959,57	22,17	2000,77	28,57	2002,98	30,86	2006,41	34,37	2001,10	33,07
ZLL	2097,98	14,60	2072,33	39,96	2128,85	19,53	2091,32	23,39	2080,11	18,40	2049,44	31,24	2051,93	28,40	2062,54	25,38
ZMY	2003,23	17,73	2010,83	17,39	2018,12	21,95	2006,82	22,84	2039,85	26,62	2068,96	28,15	2038,95	42,47	2014,80	39,53
ZXF	1932,49	33,79	1899,87	33,62	1921,93	62,16	1913,91	35,76	1907,91	27,95	1902,07	33,40	1925,33	35,16	1906,21	34,49
Moy Inter	**1997,07**		**1984,79**		**2009,27**		**1994,09**		**2027,38**		**2019,57**		**2023,84**		**2022,38**	
ET Inter	**65,25**		**73,98**		**80,87**		**75,75**		**55,17**		**58,14**		**46,10**		**55,22**	

Tableau 222 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1880,47	42,12	1855,19	41,20	1855,63	56,22	1895,80	26,83	2021,88	36,33	1987,93	38,93	2006,34	28,85	2001,77	46,97
GYF	1852,41	31,52	1807,71	17,11	1793,44	18,17	1822,33	31,48	1926,02	37,20	1932,19	49,45	1946,26	53,67	1936,09	29,27
HLT	1926,33	22,01	1931,40	28,73	1916,14	36,06	1934,88	39,48	1914,09	28,92	1883,17	39,96	1915,41	45,93	1922,39	48,24
JSQ	1961,95	22,37	1985,33	29,03	2037,53	55,88	2045,31	64,66	2015,01	71,26	1950,26	40,19	1968,38	50,36	1998,17	44,02
JRX	2013,60	30,04	1972,23	30,05	2024,61	26,67	2007,36	15,17	1969,39	45,31	1961,32	48,20	2006,20	51,86	1959,94	61,36
MSH	1939,23	13,09	1944,45	14,22	1921,55	35,51	1928,13	20,64	1963,26	41,07	1938,18	29,04	1999,05	59,14	1948,43	33,53
TYX	1951,64	30,84	1954,49	31,98	1946,82	25,98	1932,39	36,30	1970,73	21,41	1966,57	25,28	1969,67	21,28	1973,73	42,92
WY	2037,37	16,53	2027,25	16,08	2004,61	34,24	2002,98	13,59	1990,51	23,84	1996,19	13,37	2023,66	29,16	2033,70	43,21
ZBJ	1989,90	21,50	1990,84	21,09	1984,72	25,68	1985,33	25,44	2000,36	31,23	1998,86	22,75	1986,16	26,46	1985,10	23,64
ZDN	1968,89	21,26	1897,84	20,83	1933,69	59,59	1915,99	41,93	1958,28	34,69	1941,52	27,99	1949,63	59,97	1941,06	31,44
ZLL	2010,03	26,78	2006,10	24,85	2092,55	36,11	2014,36	29,72	2041,48	39,37	1996,41	31,36	2008,96	36,59	2011,89	26,76
ZMY	1965,32	25,90	1951,03	27,27	1975,08	26,69	1973,21	16,85	1962,26	28,80	1968,48	23,94	1958,08	42,07	1945,52	28,93
ZXF	1856,82	47,12	1861,67	47,00	1840,93	60,08	1865,94	41,96	1848,50	22,67	1838,23	45,67	1861,81	49,19	1839,61	29,67
Moy Inter	**1950,30**		**1937,35**		**1948,25**		**1948,00**		**1967,83**		**1950,72**		**1969,20**		**1961,34**	
ET Inter	**56,38**		**62,39**		**81,27**		**61,73**		**48,97**		**45,01**		**42,91**		**47,48**	

Contexte /pu/

Tableau 223 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1851,01	39,25	1801,69	26,05	1813,77	22,29	1811,49	48,89	1808,77	96,38	1801,49	45,36	1825,73	40,13	1812,69	59,62
GYF	1690,05	40,84	1688,76	26,16	1694,73	20,90	1690,50	48,08	1708,09	85,50	1691,29	38,99	1773,10	69,64	1719,89	76,34
HLT	1726,72	29,88	1730,64	24,50	1753,25	35,02	1731,97	59,71	1759,28	37,31	1756,09	45,15	1789,72	44,46	1755,31	37,72
JSQ	1733,43	64,19	1748,12	41,99	1766,17	54,05	1689,69	33,31	1807,80	32,20	1772,51	52,79	1773,45	28,56	1762,75	36,66
JRX	1730,65	33,90	1708,17	33,35	1710,26	27,35	1689,74	30,31	1765,58	41,98	1761,33	25,27	1723,40	65,83	1737,70	36,20
MSH	1706,06	47,67	1749,01	23,07	1718,73	29,87	1723,09	31,67	1754,19	47,12	1714,81	24,36	1759,49	26,55	1747,76	30,41
TYX	1715,72	18,86	1721,50	37,48	1716,85	24,23	1727,02	35,52	1738,51	27,73	1725,25	36,75	1728,60	31,83	1729,59	19,36
WY	1710,81	35,76	1712,19	27,29	1707,29	31,96	1748,58	37,70	1725,26	23,17	1757,43	30,93	1752,41	31,32	1745,33	33,36
ZBJ	1739,08	27,73	1711,47	24,81	1733,41	37,04	1702,32	44,53	1724,77	43,72	1728,42	40,38	1735,69	28,99	1719,31	29,81
ZDN	1747,48	45,29	1736,96	42,32	1724,89	34,76	1732,59	28,23	1753,24	29,11	1699,44	30,03	1748,83	42,65	1740,42	46,64
ZLL	1760,53	27,17	1764,70	19,51	1742,79	32,23	1719,16	35,93	1735,87	34,61	1710,04	35,38	1755,64	26,54	1768,95	31,53
ZMY	1693,95	35,33	1685,75	38,46	1677,21	40,32	1768,57	27,49	1725,47	39,66	1724,86	25,98	1710,94	45,24	1747,06	41,76
ZXF	1789,68	43,36	1775,91	20,44	1805,36	12,75	1813,33	35,21	1740,51	16,71	1719,85	39,81	1717,47	28,56	1770,45	44,03
Moy Inter	**1738,09**		**1733,45**		**1735,75**		**1734,47**		**1749,80**		**1735,60**		**1753,42**		**1750,55**	
ET Inter	**41,82**		**32,70**		**38,78**		**40,11**		**29,32**		**30,56**		**30,79**		**23,92**	

Tableau 224 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1806,33	35,70	1798,11	11,12	1812,86	13,16	1761,91	20,03	1819,13	62,65	1825,30	42,43	1834,83	37,30	1811,95	31,80
GYF	1708,72	25,71	1708,66	10,56	1713,62	12,41	1691,33	27,99	1667,86	50,28	1702,26	24,78	1697,82	45,02	1683,12	46,08
HLT	1688,25	48,13	1697,01	38,57	1700,83	26,99	1687,01	64,12	1727,92	58,41	1725,01	44,48	1738,51	33,88	1718,07	23,22
JSQ	1690,50	33,69	1696,01	41,30	1700,92	39,50	1695,55	44,33	1760,11	33,21	1697,27	36,47	1758,09	25,88	1734,64	20,36
JRX	1683,24	27,71	1680,30	23,46	1680,03	19,65	1677,10	36,51	1712,18	25,76	1700,42	33,09	1689,17	34,16	1694,83	31,11
MSH	1675,16	34,43	1684,14	33,61	1686,56	30,75	1673,28	32,75	1725,50	49,02	1690,02	33,21	1712,49	22,34	1713,61	26,69
TYX	1704,61	34,93	1686,16	26,07	1703,25	28,60	1718,05	29,14	1667,01	37,98	1677,15	20,42	1669,64	34,78	1691,02	33,44
WY	1693,81	29,48	1661,80	29,99	1665,14	13,18	1727,44	33,62	1699,06	20,48	1691,44	26,59	1694,73	36,47	1692,43	21,66
ZBJ	1675,69	26,25	1673,53	26,41	1701,96	32,21	1683,49	34,29	1695,50	30,04	1695,57	27,33	1690,79	25,09	1689,45	30,81
ZDN	1732,33	41,31	1708,85	16,09	1705,01	28,88	1702,32	23,36	1714,69	25,37	1690,50	35,35	1699,34	33,92	1694,81	34,01
ZLL	1741,25	29,81	1716,73	23,54	1711,77	28,63	1710,84	18,21	1700,84	24,82	1693,12	39,07	1690,87	27,72	1727,34	31,87
ZMY	1675,74	28,80	1666,02	20,22	1668,33	32,08	1741,99	29,76	1692,70	43,89	1694,67	29,30	1701,95	37,47	1693,59	43,12
ZXF	1739,83	29,67	1727,30	34,19	1755,01	20,00	1789,22	23,88	1698,87	19,26	1706,52	39,68	1698,74	26,32	1727,36	18,14
Moy Inter	**1708,88**		**1700,36**		**1708,10**		**1712,27**		**1713,95**		**1706,87**		**1713,61**		**1713,25**	
ET Inter	**36,22**		**33,94**		**37,29**		**33,48**		**38,50**		**35,79**		**41,16**		**32,92**	

Tableau 225 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1807,85	31,04	1802,76	15,75	1829,44	15,41	1774,14	27,36	1798,31	40,94	1826,59	64,04	1837,34	37,84	1830,63	40,62
GYF	1709,62	26,88	1708,12	12,35	1715,59	15,16	1703,96	16,44	1644,40	58,04	1686,38	30,88	1677,11	25,72	1674,74	45,54
HLT	1670,82	50,56	1687,59	41,80	1693,85	39,43	1686,56	70,20	1713,01	56,36	1697,82	40,89	1729,82	48,45	1722,94	35,84
JSQ	1690,85	23,90	1693,57	41,81	1682,96	34,58	1691,28	37,20	1752,72	49,83	1675,16	45,12	1721,90	35,64	1729,63	23,90
JRX	1688,98	21,50	1669,89	31,77	1676,13	21,99	1665,39	29,60	1689,70	31,63	1690,44	27,67	1689,59	34,57	1698,46	44,50
MSH	1676,12	34,10	1666,74	22,55	1684,16	26,64	1665,14	33,15	1715,83	38,59	1690,91	29,38	1700,43	28,72	1698,64	19,82
TYX	1693,49	42,81	1669,27	27,50	1711,28	38,49	1712,33	21,47	1668,19	22,76	1670,54	24,87	1658,03	29,84	1666,48	29,45
WY	1679,36	20,47	1650,40	28,09	1656,16	11,57	1702,56	49,47	1674,24	25,70	1677,79	34,46	1682,63	39,46	1684,48	18,98
ZBJ	1661,52	20,33	1661,76	17,49	1684,68	27,83	1674,29	29,27	1689,59	26,31	1687,17	24,97	1698,11	19,62	1678,69	23,11
ZDN	1734,93	39,95	1712,39	19,94	1687,28	38,65	1716,99	24,30	1708,22	22,42	1692,18	33,03	1705,32	34,53	1697,51	31,46
ZLL	1719,24	49,37	1705,96	22,61	1702,64	21,65	1715,96	20,57	1699,59	30,07	1692,59	38,59	1686,89	32,63	1710,94	22,21
ZMY	1668,57	38,78	1665,20	17,62	1660,96	26,34	1730,61	32,97	1696,24	50,50	1683,55	28,32	1693,99	45,25	1681,59	28,66
ZXF	1713,90	15,59	1710,11	39,08	1724,58	22,53	1751,14	24,09	1682,53	17,49	1704,30	20,69	1688,11	22,33	1703,49	9,12
Moy Inter	**1701,17**		**1692,60**		**1700,75**		**1706,95**		**1702,51**		**1698,11**		**1705,33**		**1706,02**	
ET Inter	**37,27**		**37,71**		**41,80**		**30,97**		**37,37**		**38,12**		**42,01**		**40,13**	

Tableau 226 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1807,83	34,74	1786,49	21,52	1836,57	15,88	1750,76	29,84	1801,00	33,96	1801,97	65,79	1830,24	30,14	1839,13	41,83
GYF	1706,62	21,14	1708,80	14,81	1717,00	19,81	1709,15	11,81	1658,53	47,03	1690,11	30,24	1705,61	32,02	1671,99	50,23
HLT	1688,19	40,70	1702,34	43,03	1709,75	48,04	1681,11	59,35	1739,15	33,10	1706,92	39,16	1744,18	52,44	1720,27	36,75
JSQ	1702,45	20,79	1687,91	39,32	1705,45	19,10	1679,96	30,05	1749,79	28,12	1699,11	38,12	1709,15	47,81	1706,64	44,29
JRX	1688,90	25,48	1686,74	29,94	1679,92	18,36	1666,58	19,97	1712,75	30,48	1701,26	27,68	1690,09	26,15	1698,06	27,67
MSH	1677,87	36,10	1660,83	29,06	1677,77	29,01	1666,64	27,50	1716,28	39,92	1705,79	20,03	1690,02	34,58	1696,09	31,13
TYX	1691,49	25,64	1679,40	28,24	1720,41	26,02	1711,01	27,88	1662,96	31,25	1665,66	34,34	1667,07	31,13	1683,79	32,06
WY	1674,91	28,55	1660,06	25,45	1667,75	18,76	1693,38	37,41	1681,71	24,67	1685,62	33,63	1678,25	30,02	1682,30	31,50
ZBJ	1679,55	19,82	1671,50	23,27	1700,19	34,41	1692,52	42,06	1688,27	29,60	1679,67	33,26	1690,75	27,20	1692,11	18,80
ZDN	1733,58	42,27	1709,60	27,99	1698,77	43,26	1719,32	30,27	1727,59	26,96	1713,15	36,25	1721,16	25,77	1709,46	26,22
ZLL	1731,43	48,93	1703,63	19,00	1717,89	21,02	1737,50	17,36	1697,20	35,71	1704,48	38,53	1700,70	29,79	1709,28	19,60
ZMY	1671,16	42,66	1677,07	19,13	1663,35	31,12	1711,46	17,40	1693,90	36,60	1689,26	24,08	1703,61	29,67	1677,35	27,02
ZXF	1732,55	19,42	1713,34	33,28	1709,57	15,06	1732,96	19,49	1693,51	18,93	1710,90	18,32	1669,48	30,46	1687,87	26,52
Moy Inter	**1706,65**		**1695,98**		**1708,03**		**1704,03**		**1709,43**		**1704,15**		**1707,72**		**1705,72**	
ET Inter	**36,14**		**31,44**		**41,45**		**25,80**		**37,10**		**31,11**		**40,66**		**40,82**	

Tableau 227 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1842,08	44,41	1785,43	18,72	1818,13	39,26	1782,06	35,41	1797,83	22,77	1798,47	52,49	1830,95	23,51	1841,88	32,24
GYF	1719,78	21,26	1715,53	19,57	1722,40	23,58	1719,50	25,22	1684,00	53,14	1745,71	57,21	1739,95	41,67	1700,15	68,49
HLT	1710,68	48,95	1739,78	36,95	1750,79	40,95	1696,12	56,81	1751,84	35,77	1718,83	30,83	1771,27	50,97	1713,14	19,82
JSQ	1726,94	37,55	1717,10	36,11	1729,04	34,39	1688,50	30,42	1749,91	36,48	1713,07	54,57	1743,53	59,88	1716,11	47,61
JRX	1713,90	20,30	1707,79	32,35	1695,19	29,25	1695,51	34,64	1718,78	34,22	1728,33	26,03	1720,63	14,51	1706,76	34,82
MSH	1693,55	22,97	1686,13	34,71	1698,46	38,72	1673,28	32,41	1751,26	27,89	1732,65	25,32	1714,79	39,33	1719,79	18,15
TYX	1683,84	24,80	1697,74	20,63	1729,05	16,51	1708,56	46,43	1698,68	30,21	1675,93	22,34	1687,20	21,22	1678,20	39,78
WY	1705,37	32,92	1685,62	29,53	1698,95	26,42	1695,60	41,48	1721,64	30,98	1707,83	38,61	1715,94	27,68	1703,80	41,72
ZBJ	1709,20	36,52	1695,20	27,55	1714,21	42,69	1708,32	41,57	1707,55	26,46	1694,17	34,80	1703,94	28,02	1699,30	20,25
ZDN	1746,45	37,14	1741,51	32,68	1709,48	42,37	1734,62	41,99	1744,74	26,50	1722,23	36,16	1740,02	31,62	1718,54	27,38
ZLL	1737,77	43,74	1737,72	30,37	1729,71	23,42	1754,90	34,39	1718,61	28,31	1717,70	31,49	1717,25	36,22	1712,76	25,56
ZMY	1702,20	39,22	1700,64	29,18	1664,88	36,02	1693,48	23,37	1706,54	35,61	1704,56	37,76	1722,91	32,01	1668,98	24,08
ZXF	1743,40	18,99	1730,57	40,08	1727,90	17,31	1717,33	28,21	1697,17	16,20	1720,05	33,06	1685,96	31,16	1694,22	29,84
Moy Inter	**1725,78**		**1718,52**		**1722,17**		**1712,91**		**1726,81**		**1721,50**		**1730,33**		**1713,36**	
ET Inter	**38,09**		**27,07**		**34,58**		**28,48**		**29,83**		**27,84**		**36,64**		**39,88**	

Tableau 228 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	1835,93	45,53	1793,89	15,04	1800,63	53,25	1822,44	28,97	1791,79	28,45	1835,97	63,48	1840,55	44,01	1860,57	48,94
GYF	1767,33	12,12	1746,66	26,28	1738,07	23,33	1724,33	26,53	1802,24	36,20	1817,26	46,27	1792,50	60,10	1778,56	72,13
HLT	1771,01	53,73	1759,57	39,51	1791,65	54,84	1725,66	55,82	1790,95	36,01	1754,05	27,71	1775,75	50,10	1747,23	29,62
JSQ	1785,30	29,83	1766,03	43,18	1765,23	62,71	1715,54	37,44	1794,22	40,18	1773,77	49,45	1784,82	36,64	1722,20	61,44
JRX	1738,07	31,23	1739,99	20,33	1727,10	37,21	1736,94	33,39	1760,19	36,48	1783,67	37,77	1757,73	34,28	1764,95	38,41
MSH	1706,21	32,17	1718,38	26,72	1708,04	45,93	1706,24	37,39	1793,10	48,14	1778,18	37,31	1752,58	28,25	1725,52	24,12
TYX	1707,64	32,73	1710,34	27,77	1732,78	22,74	1702,83	40,91	1733,69	32,35	1720,94	27,88	1706,73	22,74	1656,63	43,87
WY	1742,51	43,39	1721,47	41,72	1729,00	41,36	1700,84	35,66	1749,78	28,44	1728,66	35,72	1744,42	30,31	1727,17	42,30
ZBJ	1749,96	47,38	1728,21	24,45	1734,68	21,49	1730,93	33,51	1725,61	51,22	1731,28	57,31	1723,72	27,42	1715,35	43,84
ZDN	1770,50	41,95	1760,29	53,68	1740,19	46,31	1736,26	57,43	1762,79	38,85	1732,26	43,31	1776,23	46,10	1708,84	47,30
ZLL	1748,50	51,81	1760,44	36,18	1744,14	47,12	1766,21	32,71	1761,77	31,93	1733,91	38,64	1754,40	45,07	1728,29	58,59
ZMY	1711,01	64,50	1716,29	37,91	1710,94	40,21	1703,85	36,83	1751,00	29,50	1740,41	45,46	1754,93	48,90	1684,72	43,96
ZXF	1776,45	21,64	1793,23	25,57	1791,78	30,24	1760,27	33,68	1707,36	40,44	1747,77	38,54	1732,74	46,38	1697,94	52,32
Moy Inter	**1754,65**		**1747,29**		**1747,25**		**1733,26**		**1763,42**		**1759,86**		**1761,31**		**1732,15**	
ET Inter	**34,69**		**26,85**		**29,40**		**32,60**		**28,70**		**34,51**		**32,71**		**48,10**	

Les valeurs absolues de F4 en Hz

Contexte /pa/

Tableau 229 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4174,11	64,01	4073,48	85,20	4107,97	71,09	4131,51	56,12	4251,70	110,28	4189,28	129,86	4249,59	116,21	4154,46	101,36
GYF	4035,92	77,67	4071,04	77,56	4055,90	33,03	4070,00	51,02	3968,61	89,99	3971,70	93,24	4036,93	155,28	3930,28	117,14
HLT	4294,08	60,33	4208,72	77,45	4199,40	60,64	4361,40	98,17	4197,02	105,98	4210,70	78,43	4254,90	47,59	4170,10	92,94
JSQ	4374,55	55,20	4251,18	59,30	4220,91	88,44	4325,90	58,35	4340,00	85,66	4258,20	89,77	4258,30	111,94	4310,54	86,55
JRX	3951,72	92,31	3894,80	62,90	3898,91	81,22	3926,56	88,19	4014,09	109,91	3946,55	71,89	3936,55	131,90	4043,25	122,17
MSH	4373,20	68,93	4317,00	86,48	4305,73	84,58	4369,70	78,83	4329,80	78,33	4225,52	79,80	4264,00	63,25	4262,06	68,97
TYX	4261,09	57,05	4166,30	69,42	4174,80	78,56	4203,56	88,10	4171,77	71,77	4064,08	162,75	4098,67	97,49	4150,58	64,79
WY	4183,92	65,94	4230,99	77,85	4156,19	71,89	4133,40	48,51	4234,50	64,59	4178,80	37,98	4180,56	65,24	4195,44	49,68
ZBJ	4203,40	99,60	4095,02	119,94	4085,20	110,01	4080,67	99,61	4194,18	137,04	4094,29	85,49	4040,36	101,51	4140,64	77,18
ZDN	4139,97	47,18	4058,72	61,35	4071,16	65,81	4149,75	80,73	4139,23	48,98	4088,77	80,01	4053,74	69,32	4163,14	111,69
ZLL	4162,11	132,89	4044,53	70,08	4091,60	77,61	4158,96	54,85	4044,45	64,70	4048,55	64,67	4021,64	65,05	4078,82	108,96
ZMY	4025,00	80,64	4025,00	104,65	4056,78	94,01	4078,44	80,88	4142,29	118,68	4076,80	92,62	4050,90	74,10	4128,60	108,65
ZXF	4105,71	92,55	4069,38	61,75	4070,20	70,74	4102,13	57,75	4040,17	78,54	4027,78	74,80	3954,63	72,74	3974,97	76,21
Moy Inter	**4175,75**		**4115,86**		**4114,98**		**4160,92**		**4159,06**		**4106,23**		**4107,75**		**4130,99**	
ET Inter	**123,87**		**109,22**		**95,67**		**122,30**		**112,40**		**94,69**		**114,39**		**100,85**	

Tableau 230 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4222,82	129,53	4199,60	67,69	4127,25	59,63	4205,59	96,44	4349,30	152,21	4240,45	117,22	4172,40	80,33	4247,64	94,91
GYF	4009,58	63,15	4095,62	68,19	4018,50	86,31	4016,75	49,40	4089,80	119,40	4054,89	97,94	4086,00	101,08	4090,80	95,90
HLT	4432,00	98,67	4285,88	65,37	4280,60	96,16	4409,20	49,30	4294,80	115,02	4262,74	87,65	4311,22	63,97	4232,77	49,68
JSQ	4333,91	91,12	4226,64	99,26	4057,18	127,51	4324,64	104,23	4426,90	80,23	4125,70	134,51	4085,40	105,78	4287,77	86,71
JRX	4024,77	110,20	3965,37	60,83	3911,45	44,79	4006,50	63,84	4154,00	49,93	4067,00	93,05	3968,12	117,38	4053,55	90,64
MSH	4379,02	76,01	4351,76	66,03	4341,41	65,20	4407,60	81,31	4299,60	43,53	4277,40	62,74	4210,87	54,23	4297,90	72,71
TYX	4265,08	72,99	4114,80	79,45	4162,50	73,98	4243,45	67,61	4212,92	74,69	4211,33	100,97	4154,17	55,81	4175,85	57,54
WY	4202,81	99,67	4288,31	75,92	4328,40	56,04	4151,60	77,65	4240,30	63,97	4197,89	59,52	4197,56	48,35	4224,30	71,21
ZBJ	4258,30	62,22	4153,91	72,19	4134,09	94,13	4173,41	26,88	4324,73	69,83	4174,09	93,81	4073,73	91,30	4214,09	43,61
ZDN	4170,96	72,34	4132,87	44,69	4080,68	78,37	4177,20	120,78	4189,60	100,45	4099,95	80,83	4020,94	73,01	4283,70	88,73
ZLL	4159,71	84,11	3993,96	58,73	3991,70	80,78	4120,77	60,49	4082,18	89,66	3991,61	77,08	3967,36	104,69	4050,45	111,60
ZMY	4152,44	80,88	4119,67	127,25	4164,89	84,61	4145,33	61,19	4151,05	91,04	4043,50	91,05	4013,90	60,55	4136,00	52,33
ZXF	4199,33	36,80	4109,68	55,25	4115,00	53,09	4136,79	36,62	4129,77	70,03	4127,20	123,60	3978,11	59,79	4071,48	72,54
Moy Inter	**4216,21**		**4156,77**		**4131,82**		**4193,76**		**4226,53**		**4144,14**		**4095,37**		**4182,02**	
ET Inter	**117,75**		**107,96**		**122,87**		**121,42**		**102,45**		**87,39**		**103,38**		**88,21**	

Tableau 231 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4237,71	95,84	4199,30	70,02	4109,58	47,73	4201,19	57,74	4372,35	138,99	4287,25	103,11	4178,86	92,82	4325,60	109,10
GYF	3976,02	36,43	4067,72	81,56	4020,00	135,23	3968,28	74,15	4145,60	149,96	4123,20	96,21	4103,79	131,21	4089,75	112,75
HLT	4444,33	73,75	4310,00	105,81	4309,90	96,83	4420,30	55,51	4306,10	116,87	4247,36	70,30	4281,47	112,81	4210,50	50,39
JSQ	4313,97	57,73	4192,22	109,48	3989,08	101,91	4234,27	103,16	4405,50	99,39	4049,43	122,93	3993,66	142,90	4214,20	64,95
JRX	4056,00	140,57	3978,66	72,36	3883,14	54,04	4059,00	73,86	4184,00	48,80	4089,02	94,03	3956,63	99,82	4087,09	102,00
MSH	4403,10	103,10	4317,17	95,65	4276,90	77,66	4462,21	76,57	4288,50	80,11	4208,40	67,46	4175,92	55,25	4241,02	75,09
TYX	4209,02	68,66	4133,20	96,17	4158,80	76,12	4217,60	77,29	4191,30	38,52	4185,66	100,01	4148,76	60,22	4106,99	46,06
WY	4237,29	96,68	4323,13	75,48	4365,20	78,43	4193,53	76,13	4247,02	54,06	4236,31	45,00	4226,00	69,68	4263,90	91,77
ZBJ	4293,90	79,32	4176,15	61,67	4135,45	113,88	4193,33	56,22	4417,18	73,38	4239,33	82,89	4083,51	72,52	4247,64	70,77
ZDN	4176,90	57,91	4135,37	45,47	4064,50	93,40	4185,59	143,26	4205,22	57,17	4086,55	74,21	4004,98	93,44	4223,20	74,15
ZLL	4141,29	96,84	3902,90	89,02	3943,60	99,89	4077,26	53,90	4132,64	76,64	3974,55	70,73	3947,64	127,59	4058,64	141,82
ZMY	4148,44	150,50	4154,43	101,47	4181,12	54,75	4162,07	85,54	4161,90	69,88	4069,46	125,23	3980,60	88,59	4140,94	62,64
ZXF	4204,28	67,26	4147,94	20,75	4114,50	61,43	4150,28	29,09	4174,75	63,16	4161,00	138,80	3983,81	55,75	4098,89	68,07
Moy Inter	**4218,64**		**4156,78**		**4119,37**		**4194,22**		**4248,62**		**4150,58**		**4081,97**		**4177,57**	
ET Inter	**123,63**		**119,46**		**136,96**		**127,46**		**95,92**		**89,61**		**107,81**		**81,04**	

Tableau 232 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4247,09	59,10	4181,28	60,36	4143,29	81,93	4222,14	63,39	4430,12	109,60	4316,42	108,93	4260,60	88,68	4369,81	58,11
GYF	3993,40	55,78	4089,10	47,56	4079,10	73,40	3980,10	144,89	4195,45	168,48	4144,40	95,73	4119,60	78,76	4109,90	80,24
HLT	4435,08	60,94	4298,29	117,27	4298,90	119,08	4379,70	65,53	4299,85	66,54	4233,70	71,11	4236,66	85,38	4224,43	66,38
JSQ	4293,07	95,36	4186,86	131,93	3974,42	131,97	4120,73	90,71	4324,70	133,33	4041,33	110,23	3975,60	139,90	4149,00	73,85
JRX	4066,17	101,12	3994,68	93,53	3909,80	58,92	4048,50	60,86	4179,22	85,62	4077,09	115,36	4006,64	129,73	4087,85	112,31
MSH	4457,02	147,24	4309,75	108,67	4310,18	61,24	4468,74	95,35	4306,10	105,80	4257,49	75,06	4132,70	99,58	4252,59	65,36
TYX	4181,87	62,13	4159,73	74,77	4167,35	74,81	4173,80	40,27	4132,00	79,71	4129,21	123,92	4060,17	109,18	4031,29	74,32
WY	4279,88	107,46	4324,56	81,24	4331,29	105,26	4221,60	68,29	4231,60	73,58	4269,40	55,66	4206,19	70,23	4271,34	102,08
ZBJ	4306,30	65,53	4210,82	74,30	4148,76	100,51	4150,87	73,44	4408,18	106,72	4237,73	90,71	4090,27	99,06	4254,27	81,38
ZDN	4194,44	61,94	4163,34	63,14	4085,89	94,19	4207,32	85,51	4225,54	66,74	4050,90	144,67	4012,60	96,60	4190,00	104,12
ZLL	4139,17	97,74	3906,60	93,60	3965,80	98,97	4073,39	78,21	4133,52	99,62	3988,11	61,77	3958,56	107,31	4075,45	128,46
ZMY	4141,86	141,21	4162,78	125,98	4222,44	80,85	4210,11	101,51	4181,60	88,28	4099,72	120,26	3991,61	70,36	4117,47	76,09
ZXF	4214,78	71,29	4161,07	42,49	4122,19	56,98	4185,04	56,87	4206,38	72,29	4208,72	113,61	4052,22	77,50	4138,32	68,33
Moy Inter	**4226,93**		**4165,30**		**4135,34**		**4187,85**		**4250,33**		**4158,02**		**4084,88**		**4174,75**	
ET Inter	**126,70**		**113,88**		**128,86**		**124,24**		**92,68**		**98,83**		**96,78**		**91,96**	

Tableau 233 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 80%	VM								VC							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4332,55	91,34	4300,84	74,88	4255,89	66,25	4330,15	81,15	4431,05	77,23	4390,32	56,21	4304,63	107,73	4404,30	50,67
GYF	4088,80	98,20	4228,10	80,74	4229,60	63,54	4126,23	76,93	4235,00	124,45	4208,37	87,42	4158,29	101,69	4189,80	61,02
HLT	4428,67	174,39	4313,50	96,55	4273,10	127,72	4342,80	104,37	4315,71	56,35	4261,04	42,31	4255,84	61,17	4173,70	121,86
JSQ	4153,73	138,07	4344,82	97,77	4054,93	152,31	4100,00	142,32	4442,40	192,26	4136,62	65,66	4048,80	143,05	4067,75	133,69
JRX	4067,00	59,55	4041,62	74,06	3923,57	66,42	3975,21	142,55	4191,84	85,30	4167,45	75,54	3951,64	142,45	4124,74	157,31
MSH	4580,29	100,16	4411,93	79,98	4327,16	74,61	4483,81	82,65	4388,24	76,38	4323,65	77,90	4177,34	91,98	4294,50	58,83
TYX	4085,40	92,20	4185,76	74,85	4216,69	67,91	4111,20	59,60	4022,30	102,27	4045,50	214,73	4097,17	129,76	3898,74	79,92
WY	4416,60	131,27	4427,50	79,07	4444,26	118,41	4357,20	63,27	4270,70	56,35	4299,75	57,55	4297,02	40,13	4279,85	91,84
ZBJ	4420,20	92,00	4297,82	84,16	4177,50	83,21	4255,06	103,53	4438,36	104,68	4294,55	95,70	4163,91	130,85	4274,45	77,65
ZDN	4224,36	65,52	4261,88	107,88	4082,11	73,93	4236,38	94,25	4238,89	128,85	4247,20	149,79	4079,35	100,56	4182,80	114,52
ZLL	4178,24	100,60	3976,95	72,08	4043,50	80,40	4147,10	74,10	4179,73	73,66	4088,91	64,28	3977,91	87,70	4132,73	148,60
ZMY	4132,00	198,08	4206,00	134,15	4262,68	62,76	4239,00	124,04	4265,80	120,25	4189,44	82,96	4063,08	71,72	4128,60	114,11
ZXF	4300,22	83,38	4243,06	53,39	4231,82	73,34	4259,37	43,24	4339,17	67,42	4234,72	105,83	4165,07	95,06	4217,11	74,15
Moy Inter	**4262,16**		**4249,21**		**4194,06**		**4227,96**		**4289,17**		**4222,12**		**4133,85**		**4182,24**	
ET Inter	**157,07**		**124,14**		**131,94**		**129,64**		**116,98**		**93,10**		**107,10**		**118,78**	

Tableau 234 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 100%	VM								VC							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4394,60	115,05	4479,99	77,62	4353,73	82,66	4457,51	49,25	4445,20	43,85	4467,30	70,42	4380,47	92,92	4410,56	126,34
GYF	4270,26	137,14	4410,73	62,61	4325,37	68,86	4216,70	117,70	4320,50	100,92	4338,72	94,61	4324,40	57,65	4328,50	84,67
HLT	4582,10	81,61	4431,40	90,89	4192,10	170,18	4313,70	169,28	4479,30	126,23	4335,60	180,16	4246,40	117,71	4169,40	197,26
JSQ	3852,70	178,29	4498,55	111,58	4070,70	280,42	4089,10	230,28	4484,22	250,88	4415,40	242,13	4195,70	142,14	4017,89	200,01
JRX	4219,92	200,95	4277,29	118,54	4002,29	130,24	4013,07	229,75	4321,18	60,30	4324,64	116,40	4111,20	108,09	4191,64	103,81
MSH	4680,40	93,90	4525,35	111,86	4439,18	69,08	4556,06	93,34	4476,40	108,43	4428,50	159,26	4273,99	93,41	4406,15	123,60
TYX	4081,00	145,82	4320,90	141,53	4379,54	144,52	4343,13	190,50	4036,67	98,62	4069,36	101,68	4343,20	158,56	3916,78	155,44
WY	4627,11	118,85	4692,60	86,55	4692,67	102,60	4651,67	122,73	4485,75	130,46	4565,89	123,63	4407,25	97,91	4467,59	107,46
ZBJ	4571,30	161,81	4481,91	122,11	4354,00	99,27	4376,10	152,86	4552,18	53,96	4458,45	115,50	4231,00	174,45	4368,80	160,63
ZDN	4287,51	139,78	4356,90	159,24	4223,00	126,47	4444,88	202,22	4340,43	127,16	4471,78	126,06	4266,00	104,32	4329,78	249,60
ZLL	4454,00	102,47	4210,80	79,37	4202,70	105,97	4336,40	108,28	4325,30	127,95	4299,20	127,68	4126,00	126,30	4372,27	119,97
ZMY	4187,13	153,54	4371,11	207,23	4422,41	63,53	4401,33	100,09	4425,40	218,12	4355,11	128,40	4162,10	217,46	4295,60	137,89
ZXF	4480,82	88,21	4425,00	61,89	4371,27	73,84	4427,60	34,00	4445,22	99,87	4380,11	102,05	4297,11	175,08	4316,76	163,15
Moy Inter	**4360,68**		**4421,73**		**4309,92**		**4355,94**		**4395,21**		**4377,70**		**4258,83**		**4276,29**	
ET Inter	**230,49**		**117,52**		**169,47**		**167,29**		**126,44**		**114,58**		**89,31**		**154,79**	

Contexte /pi/

Tableau 235 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 0%	VM								VC							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4211,78	123,39	4046,56	78,41	4050,02	71,60	4115,84	80,26	4210,40	53,40	4135,17	71,96	4138,14	82,17	4354,06	131,98
GYF	4016,70	104,64	4048,98	106,09	4012,60	65,95	4112,30	98,74	4046,97	73,78	4082,60	134,06	3982,40	61,37	4064,40	67,62
HLT	4302,60	69,90	4129,50	102,82	4177,40	139,69	4280,40	105,05	4254,10	58,25	4142,20	61,05	4231,20	88,79	4338,50	110,98
JSQ	4293,60	58,77	4345,90	103,57	4207,60	75,01	4349,60	94,60	4317,70	75,33	4273,84	175,69	4321,90	98,60	4338,40	142,60
JRX	4141,93	68,58	4037,40	77,83	4063,79	106,78	4229,79	104,46	4195,18	79,70	4205,73	85,57	4122,55	134,40	4189,09	107,59
MSH	4405,50	62,26	4361,50	51,86	4357,70	50,33	4354,00	110,78	4198,40	76,22	4192,10	74,07	4166,50	62,54	4173,70	78,43
TYX	4256,10	65,41	4263,20	144,31	4222,70	114,14	4230,30	45,07	4324,00	116,06	4281,18	107,83	4193,91	128,62	4157,18	80,61
WY	4374,10	148,51	4318,70	146,13	4237,80	67,19	4355,50	93,38	4351,90	121,03	4337,00	77,85	4329,70	97,21	4407,10	134,83
ZBJ	3983,60	136,28	3958,27	133,22	3961,30	123,89	4002,00	137,34	4355,60	145,15	4204,00	136,29	4218,91	132,48	4267,73	147,83
ZDN	4063,11	82,55	4243,40	106,97	4132,30	78,88	4124,90	94,01	4168,50	147,23	4031,60	132,60	4201,80	183,93	4009,40	160,62
ZLL	4476,91	130,51	4381,70	95,97	4377,30	48,59	4488,80	98,45	4291,00	70,19	4169,73	94,47	4146,09	77,77	4237,09	108,98
ZMY	4269,40	100,78	4199,00	114,67	4195,20	103,48	4139,80	130,10	4225,87	77,55	4232,18	42,44	4160,90	127,13	4380,80	141,32
ZXF	4165,00	143,66	4069,40	77,61	4095,30	78,88	4154,50	72,44	4126,00	76,88	4017,33	73,42	4060,33	70,90	4121,80	134,64
Moy Inter	**4227,72**		**4184,89**		**4160,85**		**4225,98**		**4235,82**		**4177,28**		**4174,95**		**4233,79**	
ET Inter	**144,22**		**138,85**		**120,13**		**129,64**		**88,46**		**91,66**		**90,78**		**121,61**	

Tableau 236 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 20%	VM								VC							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4358,89	105,31	4320,07	38,72	4267,33	116,43	4267,33	97,54	4368,91	86,79	4353,90	89,87	4339,30	81,78	4393,33	60,32
GYF	4241,80	72,93	4150,90	38,90	4163,90	52,09	4333,40	74,12	4303,50	62,63	4294,20	65,72	4266,90	44,45	4291,90	68,59
HLT	4427,46	91,54	4284,10	91,01	4306,20	85,44	4460,80	73,59	4497,90	77,23	4370,20	72,46	4365,80	94,45	4477,50	100,36
JSQ	4521,80	142,77	4712,50	100,36	4529,20	79,11	4605,20	74,92	4769,70	59,02	4655,00	55,16	4715,40	51,19	4742,20	66,00
JRX	4327,43	62,05	4253,20	58,05	4256,07	44,88	4385,00	71,10	4391,91	55,58	4333,91	60,49	4333,73	95,65	4354,55	47,16
MSH	4585,80	53,46	4475,50	56,03	4479,10	82,92	4534,40	29,99	4500,10	90,78	4508,70	69,36	4497,50	45,85	4530,60	87,12
TYX	4444,20	68,00	4473,60	74,12	4473,70	46,57	4458,90	77,85	4503,36	55,79	4499,09	64,72	4489,09	63,39	4502,36	78,61
WY	4613,70	133,36	4362,80	116,88	4311,30	90,18	4459,00	69,77	4565,13	63,22	4503,20	56,99	4490,58	94,94	4550,90	85,51
ZBJ	4275,80	68,00	4281,18	122,00	4253,60	91,96	4327,60	125,53	4559,36	82,46	4515,91	66,58	4496,55	76,83	4587,18	98,91
ZDN	4323,50	130,83	4343,70	68,43	4351,30	83,70	4388,40	90,60	4438,60	105,81	4401,60	112,77	4449,70	117,59	4442,30	129,88
ZLL	4651,09	83,03	4582,30	62,98	4650,70	64,68	4623,40	68,84	4621,36	65,05	4520,45	50,39	4480,09	52,56	4570,91	104,77
ZMY	4481,10	63,01	4414,40	58,68	4451,50	50,10	4388,20	62,88	4464,36	61,16	4449,82	58,89	4439,70	75,36	4477,40	77,61
ZXF	4363,40	101,12	4299,00	63,71	4306,50	80,68	4388,30	101,79	4359,11	89,49	4361,67	69,08	4298,22	62,42	4333,90	63,63
Moy Inter	**4432,00**		**4381,02**		**4369,26**		**4432,30**		**4487,95**		**4443,67**		**4435,58**		**4481,16**	
ET Inter	**126,69**		**144,07**		**131,52**		**101,93**		**119,53**		**97,27**		**112,92**		**117,01**	

Tableau 237 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4418,44	65,68	4380,40	78,72	4390,00	95,37	4414,56	52,47	4438,70	59,02	4422,97	43,46	4385,00	42,02	4409,26	77,55
GYF	4274,86	60,71	4196,30	58,94	4263,40	91,91	4357,14	68,20	4385,40	44,88	4362,60	53,13	4317,10	32,90	4360,85	58,45
HLT	4471,80	67,25	4321,00	72,45	4357,90	63,49	4497,50	81,44	4532,10	83,93	4383,80	76,70	4399,90	98,17	4477,50	86,78
JSQ	4525,50	144,54	4734,90	68,90	4589,00	111,97	4630,20	78,99	4773,40	48,71	4815,30	353,58	4722,80	51,82	4723,50	65,48
JRX	4392,01	50,05	4372,56	44,18	4338,65	51,45	4423,39	65,03	4443,45	47,20	4369,00	55,61	4389,73	37,33	4386,36	43,16
MSH	4626,15	41,69	4496,74	47,49	4489,37	75,60	4557,02	36,44	4562,50	66,95	4571,00	42,64	4535,38	49,49	4549,00	56,00
TYX	4473,70	80,18	4530,81	61,13	4514,30	58,15	4543,70	54,86	4507,45	71,88	4549,27	47,45	4566,00	84,69	4559,18	73,76
WY	4639,50	148,11	4359,30	159,38	4252,30	73,97	4385,10	69,53	4536,30	40,25	4514,30	60,71	4543,70	54,86	4595,84	79,13
ZBJ	4303,59	55,90	4358,55	74,50	4338,79	86,28	4397,90	72,02	4576,18	92,91	4519,27	70,41	4524,15	38,54	4563,73	69,85
ZDN	4474,10	97,91	4380,90	76,79	4436,60	59,24	4410,60	68,29	4523,70	72,86	4494,42	49,69	4512,60	75,63	4508,90	118,36
ZLL	4663,36	85,52	4614,20	45,68	4623,40	72,77	4600,60	81,97	4644,91	57,54	4523,82	68,95	4510,35	53,51	4597,82	68,95
ZMY	4466,30	89,70	4442,58	40,64	4445,93	37,02	4429,20	53,84	4484,91	55,24	4458,09	65,56	4448,50	88,15	4506,60	75,61
ZXF	4428,20	70,94	4362,20	66,77	4425,40	98,76	4466,30	66,30	4379,56	58,20	4386,89	55,74	4376,52	47,24	4366,74	50,34
Moy Inter	**4473,65**		**4426,96**		**4420,39**		**4470,25**		**4522,20**		**4490,06**		**4479,36**		**4508,10**	
ET Inter	**114,26**		**133,28**		**109,27**		**84,16**		**102,60**		**116,62**		**103,49**		**102,55**	

Tableau 238 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4433,00	61,64	4380,93	78,75	4398,22	86,40	4451,22	64,02	4447,96	51,87	4442,40	23,40	4403,40	45,70	4421,36	54,27
GYF	4307,46	50,03	4209,14	56,27	4237,60	75,60	4353,63	57,87	4391,09	46,60	4339,80	43,52	4326,30	32,21	4373,90	60,74
HLT	4513,60	82,21	4321,00	53,21	4357,90	63,49	4512,40	95,62	4486,60	61,90	4372,40	68,24	4356,50	111,63	4459,20	80,67
JSQ	4518,00	137,47	4652,60	72,96	4626,60	86,74	4611,50	104,04	4733,40	52,37	4669,80	85,80	4630,10	70,36	4612,60	91,91
JRX	4437,85	49,96	4360,66	46,15	4385,00	32,45	4456,45	42,23	4448,44	46,96	4393,82	39,52	4397,91	47,09	4412,45	43,80
MSH	4622,80	36,78	4468,10	47,25	4453,85	63,49	4541,70	43,87	4510,50	66,36	4559,90	39,53	4523,40	67,55	4538,00	77,18
TYX	4512,22	64,02	4516,57	48,14	4536,40	55,97	4576,80	51,28	4526,00	63,97	4562,73	56,49	4582,73	81,11	4592,73	44,35
WY	4629,50	162,23	4340,90	156,20	4219,10	87,27	4314,80	68,43	4510,50	52,45	4449,38	45,62	4521,60	62,62	4569,20	108,55
ZBJ	4359,66	81,83	4375,36	62,91	4372,00	62,89	4427,50	70,31	4546,09	66,33	4513,29	43,83	4533,45	47,49	4557,00	74,00
ZDN	4526,90	102,59	4384,70	65,66	4436,60	59,24	4444,10	39,20	4534,80	70,20	4516,30	61,54	4508,90	49,49	4520,00	81,81
ZLL	4597,00	63,25	4591,30	62,61	4582,20	77,69	4536,76	64,85	4587,73	59,24	4473,36	56,00	4470,00	84,37	4533,91	66,38
ZMY	4449,02	88,57	4388,40	49,02	4399,93	45,09	4425,07	51,97	4451,24	76,60	4437,45	64,06	4402,36	65,79	4440,20	93,93
ZXF	4444,80	66,96	4369,70	68,10	4445,70	53,96	4507,00	42,72	4371,78	29,99	4394,33	64,39	4376,89	46,23	4399,72	75,65
Moy Inter	**4488,60**		**4412,26**		**4419,32**		**4473,76**		**4503,55**		**4471,15**		**4464,12**		**4494,64**	
ET Inter	**92,70**		**113,22**		**113,17**		**81,65**		**88,78**		**88,08**		**90,02**		**76,95**	

Tableau 239 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4476,78	92,95	4383,78	51,58	4384,76	63,78	4455,56	37,51	4466,78	52,79	4468,20	98,82	4390,70	66,87	4420,30	52,70
GYF	4315,80	53,57	4244,33	64,32	4226,84	71,87	4307,61	68,16	4374,72	54,11	4330,80	44,44	4314,70	31,74	4349,00	70,30
HLT	4523,40	78,00	4309,90	77,75	4365,10	40,28	4508,70	90,00	4420,50	81,06	4338,30	74,33	4313,30	88,93	4400,00	90,20
JSQ	4551,70	118,42	4529,20	35,24	4503,10	53,26	4520,89	61,44	4625,40	69,33	4595,80	55,71	4496,50	91,02	4552,50	84,65
JRX	4462,70	52,31	4396,62	53,07	4386,18	53,43	4454,03	45,34	4451,73	55,55	4383,36	64,27	4414,45	28,40	4422,73	48,31
MSH	4622,20	65,17	4487,31	42,92	4427,60	54,60	4525,24	32,86	4420,50	67,77	4468,10	65,98	4442,40	51,74	4449,70	90,49
TYX	4551,20	65,44	4539,33	62,77	4565,70	43,87	4597,39	39,36	4604,73	45,98	4593,31	47,07	4584,61	83,02	4592,91	72,21
WY	4655,40	169,24	4348,20	153,51	4222,70	77,92	4226,40	85,13	4492,20	66,11	4414,70	83,05	4528,90	124,67	4499,40	85,88
ZBJ	4423,80	43,43	4402,27	77,29	4423,80	70,20	4449,70	72,86	4576,22	61,26	4515,91	60,10	4540,18	60,35	4540,09	99,62
ZDN	4562,90	67,91	4396,35	63,89	4462,60	54,60	4466,30	68,56	4542,20	72,34	4486,70	61,54	4520,00	49,33	4468,20	97,43
ZLL	4537,20	105,05	4529,90	71,39	4541,40	74,75	4461,60	67,33	4564,18	47,85	4444,00	60,57	4436,36	65,05	4503,64	69,13
ZMY	4414,40	70,52	4357,88	43,18	4325,00	56,80	4406,90	80,36	4406,27	73,54	4362,82	81,60	4342,30	59,98	4332,50	82,35
ZXF	4472,10	93,70	4362,20	77,32	4410,80	31,20	4492,20	39,77	4384,33	42,39	4336,33	52,67	4366,62	56,86	4379,50	32,06
Moy Inter	**4505,35**		**4406,71**		**4403,51**		**4451,73**		**4486,90**		**4441,41**		**4437,77**		**4454,65**	
ET Inter	**87,56**		**87,07**		**100,76**		**92,06**		**83,28**		**87,76**		**86,90**		**77,22**	

Tableau 240 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4560,11	60,81	4442,44	83,98	4387,51	58,52	4422,78	71,48	4511,02	66,72	4522,00	130,28	4372,50	164,59	4373,37	121,82
GYF	4401,30	45,81	4323,80	58,61	4222,60	124,68	4250,49	104,31	4374,22	127,83	4366,70	43,79	4372,44	96,66	4369,30	62,41
HLT	4545,40	60,01	4508,40	79,47	4383,70	109,92	4512,30	161,37	4441,00	128,63	4422,50	135,03	4247,10	80,90	4254,10	121,07
JSQ	4577,80	82,80	4592,70	74,85	4428,30	88,31	4454,30	118,13	4521,80	76,43	4606,90	125,84	4224,60	226,46	4402,10	134,63
JRX	4538,13	60,86	4457,43	111,61	4374,50	62,13	4424,64	51,24	4418,73	86,56	4505,36	68,15	4408,80	92,61	4410,36	94,98
MSH	4658,10	44,92	4589,41	38,20	4409,20	60,32	4405,60	71,18	4377,90	120,29	4471,80	149,27	4339,30	111,29	4346,70	52,44
TYX	4643,10	65,07	4571,80	61,49	4602,40	44,12	4615,40	30,06	4637,68	38,60	4619,55	99,38	4458,82	199,10	4669,91	55,11
WY	4680,20	166,95	4580,60	208,68	4270,60	84,04	4186,10	60,76	4573,20	55,91	4385,00	162,08	4672,90	160,04	4410,90	190,31
ZBJ	4499,20	105,44	4432,55	86,41	4475,60	104,36	4357,20	102,00	4615,49	66,21	4537,91	70,12	4635,72	114,14	4482,82	186,97
ZDN	4544,40	117,41	4501,57	111,94	4432,89	156,18	4429,10	71,08	4575,30	111,73	4527,40	67,10	4549,50	81,23	4490,40	168,02
ZLL	4565,91	119,68	4568,70	110,89	4543,70	128,40	4379,40	129,40	4518,00	113,30	4574,27	82,43	4384,50	123,79	4412,55	98,72
ZMY	4347,50	87,71	4577,30	121,41	4248,29	64,87	4217,40	90,29	4264,55	75,61	4277,91	155,40	4198,70	64,55	4233,10	86,02
ZXF	4512,30	81,78	4521,70	158,28	4406,90	102,09	4432,90	74,17	4419,78	42,47	4387,00	127,39	4316,00	95,32	4349,60	122,12
Moy Inter	**4544,11**		**4512,95**		**4398,94**		**4391,35**		**4480,67**		**4477,25**		**4398,53**		**4400,40**	
ET Inter	**90,00**		**77,47**		**104,38**		**113,60**		**104,54**		**98,88**		**142,25**		**105,41**	

Contexte /pu/

Tableau 241 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4173,22	59,35	4169,00	30,45	4144,67	72,29	4197,89	80,44	4390,90	82,87	4313,70	93,46	4247,73	81,42	4428,27	120,81
GYF	4460,90	49,49	4420,20	39,77	4434,90	62,69	4461,00	115,06	4387,20	86,82	4401,90	65,98	4464,40	71,18	4464,40	103,79
HLT	4026,50	97,28	4125,90	88,90	3941,90	102,84	4004,50	105,50	4287,70	79,57	4241,00	91,83	4127,27	105,71	4328,20	129,26
JSQ	4285,20	78,36	4328,30	144,55	4291,60	107,47	4405,50	91,46	4383,40	107,22	4324,60	105,63	4405,60	81,11	4365,10	118,45
JRX	4229,14	130,82	4213,86	125,73	4298,21	118,85	4379,93	155,56	4324,55	111,60	4425,00	143,58	4411,55	142,65	4502,00	103,83
MSH	4292,80	80,07	4123,20	123,39	4086,50	106,40	4407,00	97,05	4348,10	62,69	4263,30	120,47	4233,90	114,53	4281,70	108,24
TYX	4362,80	68,00	4296,30	49,73	4277,82	76,28	4336,90	65,38	4260,82	144,08	4321,45	104,31	4294,55	87,70	4351,64	112,44
WY	4254,60	179,00	4239,10	118,98	4203,10	102,69	4394,60	128,08	4254,00	70,86	4326,90	67,17	4327,00	103,18	4280,60	113,63
ZBJ	4175,00	67,44	4204,09	102,22	4251,18	167,74	4197,45	66,84	4183,91	79,64	4170,64	88,67	4177,18	92,14	4177,27	99,35
ZDN	4211,80	85,15	4115,90	76,13	4163,80	93,62	4167,60	99,11	4315,00	89,37	4160,20	142,70	4252,20	136,01	4307,50	58,69
ZLL	4311,30	133,36	4281,70	91,58	4281,90	80,98	4307,60	91,04	4240,82	96,69	4271,91	95,03	4297,73	77,75	4281,09	118,66
ZMY	4197,00	77,43	4064,44	47,64	4140,50	79,47	4229,22	112,92	4130,70	113,28	4259,70	194,68	4292,70	58,15	4245,00	56,95
ZXF	4175,60	70,12	4210,80	45,87	4208,30	69,05	4160,50	72,93	4233,90	146,59	4218,00	144,15	4243,44	115,56	4248,44	145,38
Moy Inter	**4242,76**		**4214,83**		**4209,57**		**4280,75**		**4287,77**		**4284,48**		**4290,40**		**4327,79**	
ET Inter	**101,94**		**95,15**		**115,99**		**127,31**		**77,38**		**76,01**		**91,04**		**89,36**	

Tableau 242 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4234,67	66,81	4189,56	52,00	4185,44	40,04	4226,56	78,16	4545,40	62,43	4486,60	69,84	4378,09	79,55	4468,36	79,71
GYF	4471,80	52,01	4438,70	44,30	4442,50	59,70	4471,90	67,07	4493,40	42,98	4427,70	59,65	4490,30	49,77	4516,10	45,09
HLT	4059,90	123,27	4148,10	94,59	3953,00	67,94	4000,70	81,00	4394,50	118,26	4224,27	88,89	4137,36	89,22	4284,10	116,99
JSQ	4401,30	56,96	4365,10	61,12	4229,10	69,78	4342,73	80,04	4365,00	87,60	4284,10	84,11	4376,00	69,86	4368,60	89,91
JRX	4254,93	84,33	4145,32	55,68	4192,86	76,72	4337,50	114,25	4314,55	106,76	4384,91	143,75	4361,45	59,23	4488,64	92,15
MSH	4263,40	69,44	4056,70	53,62	4038,20	55,71	4329,50	39,96	4318,40	45,48	4277,90	58,66	4189,70	90,42	4289,00	55,35
TYX	4425,70	61,54	4259,90	79,84	4301,09	52,32	4388,70	72,86	4291,09	82,96	4261,91	52,30	4237,55	106,79	4247,55	106,96
WY	4409,20	52,29	4354,00	56,88	4328,40	70,35	4442,50	62,19	4399,90	75,68	4427,30	49,81	4284,70	83,15	4351,10	61,75
ZBJ	4204,40	63,54	4261,00	97,85	4247,82	104,38	4224,36	66,54	4200,82	49,34	4170,73	54,42	4177,27	68,49	4170,73	43,21
ZDN	4204,60	47,36	4108,51	46,97	4119,60	73,59	4178,70	49,73	4292,80	67,78	4160,10	80,47	4186,10	58,20	4215,70	46,57
ZLL	4285,50	85,10	4233,80	58,57	4234,00	94,25	4314,80	68,37	4211,50	96,72	4189,25	95,08	4234,27	90,90	4348,09	65,96
ZMY	4142,20	76,17	3994,78	61,28	4107,50	68,21	4230,56	64,13	4133,40	108,01	4223,00	108,84	4245,00	56,88	4266,10	76,77
ZXF	4224,57	53,52	4199,30	53,23	4194,70	43,63	4213,38	69,00	4253,56	56,40	4187,78	79,63	4195,44	53,42	4251,00	52,26
Moy Inter	**4275,55**		**4211,90**		**4198,02**		**4284,76**		**4324,18**		**4285,04**		**4268,71**		**4328,08**	
ET Inter	**115,71**		**121,33**		**121,61**		**119,86**		**111,43**		**106,20**		**99,31**		**103,96**	

Tableau 243 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4214,22	68,89	4218,33	67,48	4193,56	41,55	4242,89	70,94	4563,60	43,37	4482,80	54,92	4390,90	100,98	4475,18	62,57
GYF	4482,80	54,92	4427,60	23,40	4427,70	59,72	4449,90	58,13	4482,40	45,82	4383,70	67,52	4460,80	83,28	4512,30	58,63
HLT	4085,40	115,37	4173,80	92,39	3972,09	51,37	4000,90	82,79	4405,60	123,71	4234,36	89,29	4160,73	120,26	4228,90	116,72
JSQ	4455,70	46,83	4331,90	93,16	4195,90	58,08	4321,00	74,52	4361,30	95,15	4287,80	85,11	4361,20	67,19	4357,60	87,59
JRX	4272,23	84,15	4142,86	40,31	4153,04	62,25	4309,16	69,71	4296,40	115,28	4344,73	127,92	4334,73	43,65	4438,45	112,15
MSH	4259,70	81,73	4067,80	52,90	4016,10	42,53	4248,60	64,97	4292,60	67,84	4277,90	58,66	4145,50	122,07	4244,80	80,99
TYX	4422,00	74,00	4267,20	84,62	4321,18	52,40	4392,40	73,59	4277,73	78,02	4237,64	65,85	4207,45	86,87	4220,64	100,72
WY	4405,50	73,35	4372,30	42,56	4339,40	67,55	4420,30	85,53	4452,40	45,43	4482,00	49,55	4314,00	85,58	4383,10	92,25
ZBJ	4197,10	61,20	4251,00	87,56	4241,09	81,39	4237,73	67,95	4177,36	68,63	4184,00	62,42	4170,64	61,34	4180,82	55,65
ZDN	4204,60	47,36	4090,00	34,88	4112,20	68,00	4174,89	52,37	4296,40	52,66	4193,40	64,52	4178,70	52,70	4212,10	17,87
ZLL	4303,90	96,44	4219,00	81,85	4223,00	95,47	4311,10	62,69	4207,90	112,29	4178,09	102,42	4214,09	112,15	4348,09	65,96
ZMY	4144,50	83,94	3974,33	84,95	4022,80	41,65	4204,63	44,08	4119,70	90,08	4223,00	108,84	4230,30	56,92	4241,20	107,68
ZXF	4222,60	45,65	4206,10	74,78	4194,70	43,63	4247,10	41,28	4235,89	48,46	4172,56	66,53	4180,33	47,49	4210,33	39,07
Moy Inter	**4282,33**		**4210,94**		**4185,60**		**4273,89**		**4320,71**		**4283,23**		**4257,64**		**4311,81**	
ET Inter	**119,39**		**120,78**		**127,90**		**112,34**		**122,80**		**104,73**		**98,36**		**108,66**	

Tableau 244 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4222,44	63,17	4177,44	66,29	4226,33	52,33	4234,67	52,46	4549,00	63,63	4497,50	52,06	4371,55	85,64	4435,00	100,10
GYF	4505,00	68,18	4435,00	24,67	4405,50	45,28	4442,50	54,36	4504,30	55,97	4390,90	98,01	4453,60	70,11	4501,20	75,26
HLT	4092,60	122,60	4210,50	100,32	4011,80	78,10	4012,00	81,80	4424,00	87,03	4247,64	97,81	4200,82	106,87	4188,30	119,04
JSQ	4439,90	47,97	4273,10	72,09	4177,40	45,70	4232,50	103,12	4376,00	93,91	4291,60	95,74	4339,20	69,76	4295,20	86,50
JRX	4263,90	115,89	4140,14	74,72	4132,29	54,02	4253,43	82,69	4312,66	99,42	4314,55	102,84	4297,91	61,85	4388,27	87,24
MSH	4241,30	63,54	4049,40	61,35	3986,70	56,92	4197,20	50,53	4252,20	85,34	4222,80	60,48	4104,90	98,79	4196,90	80,35
TYX	4381,40	76,71	4296,40	69,90	4314,55	53,21	4351,70	63,97	4291,09	72,44	4261,09	79,46	4204,09	87,86	4234,09	87,87
WY	4398,20	77,69	4376,00	43,07	4343,10	63,04	4368,70	96,35	4463,80	38,78	4504,90	41,86	4304,80	85,51	4374,00	89,97
ZBJ	4200,80	73,67	4204,70	32,40	4200,99	77,55	4221,00	66,72	4160,55	66,95	4150,45	79,67	4174,00	54,92	4096,73	80,76
ZDN	4197,20	61,40	4101,10	57,98	4093,70	47,61	4175,10	42,90	4285,50	62,61	4186,10	58,20	4178,70	52,70	4201,00	30,21
ZLL	4315,00	92,67	4189,70	81,57	4222,90	88,90	4292,70	52,74	4220,64	102,03	4150,55	87,61	4193,30	111,02	4307,91	92,37
ZMY	4117,20	37,58	3945,67	98,70	3967,60	52,04	4099,67	69,97	4119,70	90,08	4230,40	153,25	4222,90	55,32	4237,60	107,06
ZXF	4231,70	43,37	4206,10	50,86	4199,30	51,87	4222,00	46,20	4215,67	59,41	4157,33	67,71	4180,33	47,49	4190,22	48,10
Moy Inter	**4277,43**		**4200,40**		**4175,55**		**4238,70**		**4321,16**		**4277,37**		**4248,16**		**4280,49**	
ET Inter	**118,89**		**124,76**		**130,27**		**107,94**		**128,30**		**116,34**		**93,92**		**111,50**	

Tableau 245 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4230,56	45,49	4177,44	82,29	4186,50	51,02	4238,67	92,10	4560,10	55,32	4537,90	81,12	4379,80	76,07	4378,18	119,00
GYF	4556,60	62,52	4560,10	62,97	4457,00	62,99	4468,30	63,58	4565,70	39,11	4442,30	135,16	4534,30	71,58	4538,00	75,24
HLT	4173,60	82,26	4269,40	105,78	4030,40	113,76	4033,90	97,26	4401,80	78,61	4297,82	63,92	4207,64	76,85	4195,60	88,88
JSQ	4419,60	73,82	4309,90	88,86	4177,40	67,13	4202,90	99,82	4368,80	80,99	4328,30	101,75	4361,40	95,15	4243,50	96,32
JRX	4295,93	86,61	4200,86	52,11	4116,43	60,59	4193,00	61,73	4361,45	130,55	4267,73	72,38	4264,45	75,98	4314,55	87,23
MSH	4292,47	76,57	4049,40	61,35	3983,00	50,27	4189,80	55,12	4270,70	70,30	4230,20	88,14	4112,20	60,92	4174,90	73,80
TYX	4337,10	81,63	4300,10	101,52	4261,09	62,05	4325,90	58,20	4311,18	67,90	4297,91	76,00	4240,91	84,65	4304,55	54,05
WY	4435,00	71,57	4412,80	67,58	4306,10	69,90	4342,90	87,18	4466,10	63,34	4525,40	47,14	4348,10	81,79	4337,50	95,30
ZBJ	4123,20	106,50	4189,80	77,82	4113,55	64,67	4130,27	84,94	4134,55	101,85	4096,82	98,80	4177,27	74,19	4046,36	85,57
ZDN	4208,20	64,57	4130,70	53,62	4101,10	17,87	4182,50	39,96	4278,00	65,91	4172,10	56,48	4193,60	34,00	4193,50	54,44
ZLL	4289,20	77,99	4204,60	58,75	4196,78	59,63	4263,40	49,11	4264,18	65,98	4188,50	61,53	4184,00	79,71	4291,18	92,24
ZMY	4103,40	44,88	3929,22	94,18	3956,60	57,42	4034,33	62,27	4102,44	104,42	4263,40	162,07	4200,80	88,66	4237,60	165,00
ZXF	4250,00	43,44	4158,10	69,11	4192,60	55,56	4240,30	59,22	4203,00	80,99	4134,67	62,83	4154,89	60,85	4127,00	55,85
Moy Inter	**4285,76**		**4222,49**		**4159,89**		**4218,94**		**4329,85**		**4291,00**		**4258,41**		**4260,19**	
ET Inter	**123,71**		**151,53**		**130,15**		**114,72**		**139,14**		**133,61**		**112,37**		**118,68**	

Tableau 246 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	4430,89	99,97	4394,11	173,03	4067,03	95,25	4263,33	275,33	4630,10	86,92	4604,30	63,20	4321,18	142,02	4354,73	147,91
GYF	4571,20	75,69	4688,90	119,48	4449,60	76,15	4460,90	79,61	4611,20	67,74	4622,70	70,34	4534,30	90,09	4435,10	163,70
HLT	4328,40	63,54	4416,50	177,91	4022,90	192,94	3975,00	177,78	4372,30	121,60	4492,00	107,15	4177,55	100,21	4121,70	122,78
JSQ	4355,70	99,61	4442,40	82,89	4258,40	93,21	4181,33	148,85	4409,10	114,98	4504,50	122,74	4295,10	91,54	4188,40	116,34
JRX	4351,14	73,10	4271,79	72,86	4019,50	183,96	4129,71	97,65	4401,45	98,04	4438,27	125,84	4227,45	146,72	4254,27	113,50
MSH	4340,80	152,49	4256,10	165,05	4012,70	132,96	4189,80	98,27	4300,30	112,71	4403,50	146,86	4149,00	106,08	4093,60	213,94
TYX	4446,56	94,12	4473,80	107,38	4377,80	124,92	4470,10	102,86	4368,18	147,74	4485,64	160,63	4244,00	198,52	4314,55	155,95
WY	4438,80	53,38	4545,40	86,79	4320,90	80,35	4302,50	152,34	4466,20	56,79	4589,20	66,23	4364,30	118,02	4260,00	159,40
ZBJ	4145,30	113,01	4381,73	152,48	4194,09	80,46	4126,82	163,26	4171,20	102,55	4291,27	139,30	4183,91	164,37	3993,00	131,17
ZDN	4307,11	59,50	4348,20	137,01	4197,00	143,67	4193,30	161,90	4304,00	114,96	4270,90	130,63	4234,00	152,88	4208,00	242,03
ZLL	4307,50	122,09	4318,70	117,64	4226,60	109,98	4289,20	76,02	4281,70	103,98	4270,70	128,24	4167,60	107,66	4180,45	122,66
ZMY	4064,60	71,12	3990,78	147,26	3949,30	102,31	4042,56	210,37	4156,50	139,87	4329,80	188,90	4118,96	102,08	4138,10	190,46
ZXF	4432,00	121,56	4327,00	137,30	4149,20	199,99	4307,70	173,32	4268,84	81,89	4276,44	103,27	4230,89	105,73	4182,67	117,87
Moy Inter	**4347,69**		**4373,49**		**4172,69**		**4225,56**		**4364,70**		**4429,17**		**4249,86**		**4209,58**	
ET Inter	**126,16**		**157,53**		**148,10**		**139,45**		**138,56**		**127,00**		**105,95**		**111,87**	

Les valeurs absolues de F4 en Mel

Contexte /pa/

Tableau 247 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2186,97	14,76	2163,39	20,04	2171,55	16,66	2177,10	13,06	2204,61	24,90	2190,20	30,26	2204,10	26,44	2182,28	23,50
GYF	2154,51	18,51	2162,84	18,25	2159,37	7,82	2162,67	12,05	2138,32	21,81	2139,06	22,42	2154,33	37,33	2128,90	28,61
HLT	2214,39	13,72	2194,91	17,78	2192,81	13,91	2229,36	21,94	2192,11	24,41	2195,36	17,97	2205,54	10,82	2185,94	21,73
JSQ	2232,42	12,29	2204,67	13,46	2197,66	20,51	2221,55	13,06	2224,63	19,23	2206,17	20,40	2206,10	25,37	2218,02	19,35
JRX	2134,22	22,34	2120,45	15,50	2121,40	20,04	2128,13	21,28	2149,16	26,51	2133,05	17,43	2130,33	32,23	2156,06	28,47
MSH	2232,08	15,32	2219,47	19,44	2216,94	19,23	2231,28	17,61	2222,37	17,51	2198,75	18,36	2207,57	14,48	2207,12	15,82
TYX	2206,93	12,96	2185,15	16,11	2187,09	18,22	2193,68	20,30	2186,41	16,55	2160,71	39,37	2169,27	22,91	2181,51	15,05
WY	2189,23	15,24	2200,01	17,66	2182,80	16,67	2177,56	11,36	2200,85	14,81	2188,11	8,80	2188,46	15,15	2191,93	11,39
ZBJ	2193,60	22,70	2168,31	27,71	2166,04	25,90	2165,02	23,56	2191,29	31,78	2168,29	20,05	2155,47	24,23	2179,16	17,98
ZDN	2179,09	10,99	2159,97	14,58	2162,90	15,63	2181,27	18,79	2178,91	11,36	2167,01	18,77	2158,77	16,41	2184,25	25,90
ZLL	2183,90	30,85	2156,58	16,65	2167,69	18,17	2183,49	12,69	2156,58	15,42	2157,55	15,41	2151,14	15,54	2164,54	25,66
ZMY	2151,90	19,28	2151,80	24,78	2159,40	22,01	2164,58	19,04	2179,37	27,63	2164,14	21,91	2158,08	17,57	2176,23	25,31
ZXF	2170,94	21,89	2162,49	14,57	2162,66	16,61	2170,22	13,50	2155,52	18,75	2152,58	17,82	2135,01	17,72	2139,92	18,28
Moy Inter	**2186,94**		**2173,08**		**2172,95**		**2183,53**		**2183,09**		**2170,84**		**2171,09**		**2176,60**	
ET Inter	**28,68**		**25,57**		**22,44**		**28,28**		**26,10**		**22,22**		**26,81**		**23,66**	

Tableau 248 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2197,92	29,48	2192,84	15,41	2176,09	13,93	2194,12	22,19	2226,40	33,72	2202,01	26,70	2186,52	18,70	2203,75	21,55
GYF	2148,27	15,05	2168,66	15,94	2150,32	20,74	2150,02	11,79	2167,08	27,75	2158,94	23,15	2166,27	23,94	2167,43	22,49
HLT	2244,97	21,82	2212,52	14,82	2211,23	21,89	2240,10	10,86	2214,36	25,77	2207,21	19,70	2218,24	14,38	2200,49	11,36
JSQ	2223,25	20,56	2198,93	22,78	2159,32	30,44	2221,12	23,35	2243,92	17,69	2175,41	31,79	2166,11	25,09	2212,88	19,73
JRX	2151,70	26,16	2137,64	14,69	2124,58	10,99	2147,53	15,36	2182,35	11,61	2161,82	21,92	2138,07	28,68	2158,64	21,63
MSH	2233,36	16,72	2227,32	14,69	2225,01	14,56	2239,66	18,08	2215,67	9,79	2210,61	14,17	2195,47	12,44	2215,22	16,33
TYX	2207,79	16,56	2173,12	18,76	2184,25	17,22	2202,88	15,36	2195,88	17,22	2195,42	23,14	2182,37	12,97	2187,39	13,31
WY	2193,47	22,84	2213,04	17,02	2222,12	12,58	2181,71	18,03	2202,18	14,52	2192,47	13,71	2192,42	11,16	2198,50	16,35
ZBJ	2206,28	14,11	2182,26	16,82	2177,57	22,15	2186,88	6,21	2221,26	15,61	2186,87	21,65	2163,42	21,47	2196,23	10,00
ZDN	2186,22	16,76	2177,44	10,42	2165,11	18,50	2187,46	27,89	2190,42	23,04	2169,64	18,88	2150,95	17,40	2211,96	20,14
ZLL	2183,57	19,59	2144,54	14,01	2143,92	19,34	2174,58	14,17	2165,42	21,20	2143,91	18,74	2137,95	25,31	2157,82	26,28
ZMY	2181,90	18,80	2174,06	29,45	2184,78	19,38	2180,30	14,24	2181,53	21,37	2156,26	21,83	2149,31	14,50	2178,15	12,18
ZXF	2192,85	8,49	2171,99	13,02	2173,24	12,44	2178,37	8,50	2176,66	16,24	2175,83	28,86	2140,72	14,45	2162,96	17,00
Moy Inter	**2196,27**		**2182,64**		**2176,73**		**2191,13**		**2198,70**		**2179,72**		**2168,29**		**2188,57**	
ET Inter	**27,02**		**25,05**		**28,62**		**27,83**		**23,37**		**20,36**		**24,23**		**20,44**	

Tableau 249 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2201,48	21,85	2192,77	16,14	2171,99	11,13	2193,23	13,27	2231,61	30,83	2212,70	23,33	2187,97	21,63	2221,31	24,51
GYF	2140,27	8,80	2162,04	19,24	2150,43	32,77	2138,30	18,07	2179,96	34,82	2175,02	22,50	2170,30	31,09	2167,10	26,60
HLT	2247,76	16,17	2217,82	24,04	2217,84	21,87	2242,53	12,23	2216,90	26,20	2203,77	15,95	2211,36	25,34	2195,39	11,57
JSQ	2218,88	13,00	2190,98	25,09	2143,20	24,49	2200,66	23,49	2239,14	22,06	2157,51	29,57	2144,07	34,38	2196,20	14,92
JRX	2158,96	33,27	2140,81	17,41	2117,62	13,32	2160,00	17,48	2189,29	11,24	2167,01	21,95	2135,38	24,32	2166,52	24,27
MSH	2238,59	22,85	2219,48	21,57	2210,45	17,51	2251,67	16,88	2213,07	18,06	2194,86	15,50	2187,41	12,72	2202,31	17,14
TYX	2195,00	15,85	2177,36	22,60	2183,39	17,81	2196,95	17,62	2191,00	8,87	2189,51	23,18	2181,10	13,99	2171,38	10,81
WY	2201,38	22,03	2220,88	16,99	2230,28	17,41	2191,42	17,62	2203,73	12,30	2201,31	10,24	2198,89	15,97	2207,46	20,76
ZBJ	2214,30	17,85	2187,45	14,34	2177,80	26,73	2191,43	12,98	2241,80	16,06	2201,89	18,99	2165,80	16,98	2203,83	16,11
ZDN	2187,63	13,39	2178,02	10,58	2161,23	22,08	2189,27	33,34	2194,16	13,09	2166,51	17,37	2147,06	22,22	2198,24	17,01
ZLL	2179,24	22,70	2122,35	21,89	2132,23	23,99	2164,38	12,65	2177,30	18,04	2139,83	17,21	2133,05	31,01	2159,59	33,21
ZMY	2180,63	34,92	2182,29	23,23	2188,62	12,62	2184,12	19,76	2184,13	16,37	2162,25	29,36	2141,22	21,45	2179,28	14,57
ZXF	2193,92	15,55	2180,98	4,83	2173,11	14,36	2181,52	6,76	2187,12	14,48	2183,61	32,26	2142,10	13,44	2169,43	15,83
Moy Inter	**2196,77**		**2182,56**		**2173,71**		**2191,19**		**2203,79**		**2181,21**		**2165,05**		**2187,54**	
ET Inter	**28,38**		**27,89**		**32,02**		**29,16**		**21,71**		**20,91**		**25,36**		**18,75**	

Tableau 250 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2203,74	13,47	2188,64	14,06	2179,77	18,98	2198,03	14,54	2244,52	23,88	2219,25	24,47	2206,72	20,06	2231,36	12,84
GYF	2144,41	13,39	2167,18	11,19	2164,75	17,37	2140,78	35,84	2191,39	38,34	2179,97	22,29	2174,25	18,28	2171,97	18,70
HLT	2245,77	13,41	2215,13	26,67	2215,26	26,81	2233,54	14,57	2215,67	15,03	2200,65	16,12	2201,28	19,54	2198,54	15,17
JSQ	2214,04	21,78	2189,63	30,22	2139,50	32,02	2174,47	21,12	2220,99	30,07	2155,65	26,33	2139,74	33,80	2181,12	17,16
JRX	2161,59	23,72	2144,58	22,46	2124,14	14,50	2157,55	14,39	2188,08	19,69	2164,10	27,31	2147,26	31,15	2166,65	26,70
MSH	2250,23	32,26	2217,75	24,57	2218,01	13,77	2253,03	21,04	2216,94	23,87	2206,06	17,02	2177,23	23,13	2204,97	14,87
TYX	2188,77	14,37	2183,61	17,32	2185,38	17,35	2186,95	9,28	2177,14	18,63	2176,29	29,13	2160,12	26,25	2153,42	17,68
WY	2211,02	24,27	2221,19	18,28	2222,61	23,61	2197,89	15,59	2200,16	16,71	2208,82	12,62	2194,35	16,17	2209,11	23,00
ZBJ	2217,13	14,78	2195,40	16,99	2180,96	23,59	2181,56	17,05	2239,70	23,50	2201,50	20,84	2167,29	23,34	2205,30	18,56
ZDN	2191,67	14,27	2184,48	14,60	2166,28	22,27	2194,56	19,43	2198,80	15,28	2157,73	34,66	2148,87	23,09	2190,50	24,06
ZLL	2178,74	22,77	2123,23	22,98	2137,61	23,77	2163,39	18,46	2177,42	23,25	2143,12	14,81	2135,81	25,92	2163,65	30,12
ZMY	2179,15	32,71	2184,10	29,08	2198,04	18,57	2195,14	23,38	2188,62	20,54	2169,41	28,01	2143,94	16,92	2173,76	17,89
ZXF	2196,32	16,33	2184,00	9,90	2174,92	13,32	2189,51	13,09	2194,39	16,59	2194,76	26,12	2158,39	18,32	2178,66	15,72
Moy Inter	**2198,66**		**2184,53**		**2177,48**		**2189,72**		**2204,14**		**2182,87**		**2165,79**		**2186,85**	
ET Inter	**28,93**		**26,60**		**30,10**		**28,48**		**20,98**		**23,00**		**22,75**		**21,22**	

Tableau 251 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2222,95	20,31	2215,88	16,85	2205,72	15,07	2222,44	18,12	2244,84	17,06	2235,91	12,45	2216,60	24,20	2239,01	11,17
GYF	2166,95	23,07	2199,34	18,38	2199,73	14,40	2175,80	18,02	2200,73	28,18	2194,79	20,17	2183,17	23,60	2190,60	14,14
HLT	2243,81	39,47	2218,65	21,91	2209,39	28,76	2225,19	23,24	2219,27	12,67	2206,94	9,64	2205,72	13,92	2186,65	28,26
JSQ	2181,92	32,11	2225,66	21,66	2158,64	35,70	2169,35	33,28	2246,73	42,51	2178,26	15,26	2157,24	34,36	2161,78	32,31
JRX	2161,94	14,09	2155,87	17,56	2127,48	16,29	2139,63	33,97	2191,00	19,54	2185,40	17,47	2133,93	34,43	2175,03	37,02
MSH	2277,09	21,38	2240,62	17,90	2221,79	16,65	2256,35	18,07	2235,40	16,98	2220,99	17,49	2187,63	21,01	2214,49	13,32
TYX	2166,17	21,71	2189,63	17,34	2196,76	15,62	2172,34	13,95	2151,15	24,43	2155,83	52,33	2168,75	30,36	2121,36	19,63
WY	2241,44	28,88	2244,06	17,34	2247,58	26,07	2228,54	14,17	2209,11	12,86	2215,67	12,98	2215,09	9,08	2211,07	20,87
ZBJ	2242,41	20,30	2215,16	18,91	2187,70	19,15	2205,40	23,61	2246,35	23,01	2214,38	21,71	2184,32	30,49	2209,90	17,71
ZDN	2198,53	15,03	2206,93	24,36	2165,46	17,46	2201,18	21,68	2201,60	29,34	2203,38	33,39	2164,71	23,66	2188,78	26,75
ZLL	2187,80	23,26	2140,40	17,36	2156,30	19,00	2180,68	17,29	2188,24	16,98	2167,09	15,10	2140,58	21,10	2176,97	34,50
ZMY	2176,43	46,62	2194,03	31,21	2207,27	14,24	2201,64	28,66	2207,76	27,49	2190,45	19,26	2160,98	17,05	2176,20	26,90
ZXF	2215,70	18,77	2202,83	12,19	2200,21	16,64	2206,56	9,84	2224,50	15,10	2200,76	24,27	2184,78	22,01	2196,84	16,96
Moy Inter	**2206,39**		**2203,77**		**2191,08**		**2198,85**		**2212,82**		**2197,68**		**2177,19**		**2188,36**	
ET Inter	**35,45**		**28,55**		**30,52**		**29,74**		**26,58**		**21,50**		**25,05**		**27,68**	

Tableau 252 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2236,67	25,46	2255,54	17,00	2227,71	18,35	2250,71	10,79	2248,02	9,57	2252,80	15,37	2233,62	20,77	2240,13	28,27
GYF	2208,68	31,56	2240,41	13,79	2221,40	15,55	2196,57	27,11	2220,20	22,85	2224,31	21,22	2221,22	12,96	2222,06	19,03
HLT	2277,53	17,42	2244,87	20,06	2190,61	38,74	2218,30	38,37	2255,20	27,65	2223,14	40,65	2203,36	26,78	2185,13	45,83
JSQ	2109,42	43,29	2259,44	24,49	2161,08	68,06	2166,06	54,21	2255,38	55,13	2240,36	54,11	2191,61	32,86	2149,44	48,14
JRX	2196,73	46,28	2210,37	27,05	2146,21	31,49	2147,97	54,41	2220,49	13,60	2221,07	25,72	2172,16	25,34	2190,87	24,01
MSH	2298,28	19,99	2265,25	24,04	2246,65	15,09	2271,92	20,05	2254,65	23,73	2243,91	35,02	2209,74	21,24	2239,17	27,77
TYX	2164,86	34,55	2220,09	32,06	2233,18	31,87	2224,77	42,52	2154,60	23,15	2162,34	24,25	2224,98	36,03	2125,36	37,99
WY	2286,97	25,09	2300,86	18,20	2300,82	21,40	2292,13	26,29	2256,59	28,41	2273,91	26,51	2239,53	21,75	2252,74	23,35
ZBJ	2274,85	35,71	2255,78	26,86	2227,71	22,11	2232,35	34,31	2271,20	11,57	2250,70	25,22	2199,49	40,03	2230,68	36,21
ZDN	2212,58	31,52	2228,03	36,00	2197,97	28,94	2247,22	44,48	2224,56	28,72	2253,57	27,43	2207,88	23,68	2221,22	57,01
ZLL	2249,79	22,69	2195,38	18,42	2193,41	24,38	2223,74	24,33	2221,15	28,95	2215,29	28,80	2175,53	29,37	2231,68	26,83
ZMY	2189,58	35,11	2230,85	47,31	2242,98	14,06	2238,21	22,38	2242,76	49,46	2227,83	28,77	2183,25	51,08	2214,42	31,17
ZXF	2255,68	19,34	2243,55	13,68	2231,64	16,61	2244,18	7,49	2247,87	21,96	2233,51	22,55	2214,50	40,81	2219,01	37,92
Moy Inter	**2227,82**		**2242,34**		**2217,03**		**2227,24**		**2236,36**		**2232,52**		**2205,91**		**2209,38**	
ET Inter	**52,25**		**25,82**		**38,29**		**37,88**		**28,49**		**25,75**		**20,41**		**35,81**	

Contexte /pi/

Tableau 253 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		**T2**		**T3**		**T4**		**T1**		**T2**		**T3**		**T4**	
sujet	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**
FSY	2195,42	28,13	2157,03	18,93	2157,88	16,96	2173,37	18,84	2195,36	12,29	2177,91	16,80	2178,56	19,29	2227,57	29,31
GYF	2149,81	25,09	2157,49	25,36	2148,98	15,73	2172,46	23,30	2157,15	17,42	2165,30	31,59	2141,75	14,80	2161,30	16,21
HLT	2216,28	15,74	2176,47	23,86	2187,40	32,26	2211,15	23,77	2205,33	13,23	2179,58	14,24	2200,02	20,32	2224,20	24,90
JSQ	2214,28	13,24	2225,89	22,80	2194,66	17,20	2226,75	21,01	2219,67	16,94	2209,28	38,77	2220,53	22,23	2224,00	32,43
JRX	2179,49	15,90	2154,86	18,48	2160,99	25,21	2199,63	23,74	2191,78	18,35	2194,19	19,83	2174,68	31,24	2190,27	24,81
MSH	2239,25	13,71	2229,52	11,53	2228,68	11,16	2227,66	24,67	2192,54	17,45	2191,10	17,00	2185,21	14,43	2186,83	18,19
TYX	2205,77	14,82	2207,05	32,56	2197,97	26,15	2199,93	10,29	2220,92	25,90	2211,31	24,44	2191,27	29,66	2183,00	18,75
WY	2231,95	32,65	2219,58	32,57	2201,60	15,24	2228,06	20,95	2227,14	27,37	2223,98	17,55	2222,28	21,79	2239,33	29,85
ZBJ	2141,69	33,11	2135,59	32,29	2136,39	29,68	2146,11	32,80	2227,85	32,15	2193,55	31,72	2197,00	30,14	2208,05	33,45
ZDN	2160,95	19,50	2202,73	24,27	2177,21	18,54	2175,43	22,01	2185,29	34,60	2153,22	31,44	2192,73	42,06	2147,72	38,61
ZLL	2254,66	28,22	2233,88	21,20	2233,04	10,76	2257,39	21,39	2213,67	15,92	2185,85	21,76	2180,43	18,05	2201,28	24,49
ZMY	2208,67	22,92	2192,52	26,19	2191,70	23,92	2178,73	30,13	2198,84	17,69	2200,37	9,70	2183,65	29,47	2233,47	31,41
ZXF	2184,51	33,21	2162,45	18,44	2168,55	18,51	2182,40	16,82	2175,75	17,84	2150,09	17,50	2160,33	16,78	2174,50	31,47
Moy Inter	**2198,67**		**2188,85**		**2183,47**		**2198,39**		**2200,87**		**2187,36**		**2186,80**		**2200,12**	
ET Inter	**33,08**		**32,07**		**27,84**		**29,60**		**20,25**		**21,22**		**20,99**		**27,86**	

Tableau 254 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		**T2**		**T3**		**T4**		**T1**		**T2**		**T3**		**T4**	
sujet	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**
FSY	2228,78	23,46	2220,28	8,71	2208,13	26,71	2208,22	22,15	2231,07	19,47	2227,72	20,23	2224,49	18,23	2236,57	13,32
GYF	2202,49	16,61	2181,65	9,05	2184,64	12,03	2223,19	16,57	2216,51	14,19	2214,40	14,80	2208,27	10,08	2213,88	15,42
HLT	2244,01	20,03	2212,04	20,46	2217,05	19,15	2251,37	16,08	2259,43	16,69	2231,41	16,12	2230,35	21,17	2254,92	21,84
JSQ	2264,33	30,97	2304,96	21,11	2266,19	16,99	2282,47	15,91	2316,93	12,20	2293,05	11,61	2305,70	10,65	2311,23	13,65
JRX	2221,88	13,87	2205,13	13,26	2205,81	10,18	2234,69	15,77	2236,26	12,29	2223,34	13,52	2223,19	21,37	2227,98	10,49
MSH	2278,39	11,37	2254,62	12,16	2255,33	18,08	2267,41	6,45	2259,86	19,89	2261,79	14,92	2259,42	9,95	2266,47	18,82
TYX	2247,75	15,05	2254,16	16,18	2254,24	10,11	2250,94	17,00	2260,67	12,07	2259,72	14,06	2257,56	13,75	2260,39	17,03
WY	2284,06	28,27	2229,60	25,80	2218,18	20,47	2250,99	15,27	2273,95	13,56	2260,63	12,32	2257,79	20,57	2270,84	18,35
ZBJ	2210,23	15,55	2211,24	27,63	2205,12	20,84	2221,69	27,90	2272,67	17,78	2263,36	14,37	2259,14	16,62	2278,55	21,37
ZDN	2220,74	29,15	2225,51	15,24	2227,16	18,81	2235,39	20,13	2246,40	23,25	2238,22	24,84	2248,78	26,08	2247,10	28,32
ZLL	2292,15	17,64	2277,62	13,49	2292,12	13,59	2286,35	14,69	2285,92	13,76	2264,38	10,85	2255,62	11,42	2275,06	22,39
ZMY	2255,82	13,67	2241,23	12,93	2249,39	10,97	2235,43	13,93	2252,18	13,38	2249,00	12,76	2246,75	16,52	2254,98	16,75
ZXF	2229,80	22,51	2215,49	14,30	2217,13	18,18	2235,32	22,55	2228,89	20,00	2229,52	15,31	2215,32	14,10	2223,33	14,20
Moy Inter	**2244,65**		**2233,35**		**2230,81**		**2244,88**		**2256,98**		**2247,43**		**2245,57**		**2255,49**	
ET Inter	**27,73**		**31,64**		**29,07**		**22,33**		**25,80**		**21,26**		**24,62**		**25,35**	

Tableau 255 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		**T2**		**T3**		**T4**		**T1**		**T2**		**T3**		**T4**	
sujet	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**
FSY	2242,10	14,40	2233,65	17,52	2235,73	21,23	2241,27	11,56	2246,57	12,94	2243,14	9,60	2234,76	9,32	2240,04	17,05
GYF	2210,04	13,74	2192,11	13,45	2207,34	20,87	2228,51	15,16	2234,84	9,93	2229,76	11,80	2219,62	7,40	2229,36	13,02
HLT	2253,79	14,66	2220,42	16,22	2228,69	14,10	2259,33	17,58	2266,81	18,01	2234,41	17,00	2237,91	21,69	2254,97	19,05
JSQ	2265,12	31,36	2309,71	14,35	2278,90	23,72	2287,76	16,70	2317,71	10,03	2324,44	67,40	2307,23	10,76	2307,35	13,57
JRX	2236,30	11,06	2231,99	9,83	2224,42	11,52	2243,19	14,36	2247,63	10,38	2231,18	12,39	2235,82	8,28	2235,06	9,55
MSH	2286,98	8,84	2259,25	10,29	2257,58	16,50	2272,26	7,81	2273,38	14,24	2275,25	9,16	2267,60	10,70	2270,51	12,01
TYX	2254,16	17,67	2266,59	13,18	2263,03	12,50	2269,38	11,77	2261,52	15,50	2270,59	10,19	2274,08	18,14	2272,65	15,92
WY	2289,44	31,59	2228,59	34,89	2204,88	16,82	2234,72	15,51	2267,81	8,65	2263,03	13,11	2269,38	11,77	2280,47	16,80
ZBJ	2216,54	12,62	2228,81	16,62	2224,36	19,40	2237,55	16,01	2276,23	19,78	2264,08	15,22	2265,19	8,29	2273,64	14,96
ZDN	2254,19	21,26	2233,77	17,01	2246,11	13,01	2240,36	15,07	2265,03	15,66	2258,74	10,80	2262,62	16,26	2261,66	25,69
ZLL	2294,73	17,99	2284,44	9,72	2286,34	15,36	2281,47	17,47	2290,92	12,16	2265,06	14,87	2262,19	11,58	2280,92	14,72
ZMY	2252,52	19,50	2247,45	8,94	2248,19	8,12	2244,49	11,86	2256,67	12,09	2250,80	14,24	2248,63	19,26	2261,32	16,41
ZXF	2244,23	15,60	2229,64	14,84	2243,52	22,00	2252,59	14,45	2233,52	12,87	2235,15	12,31	2232,87	10,45	2230,69	11,19
Moy Inter	**2253,86**		**2243,57**		**2242,24**		**2253,30**		**2264,51**		**2257,36**		**2255,22**		**2261,43**	
ET Inter	**24,83**		**29,07**		**23,99**		**18,26**		**21,97**		**24,57**		**22,40**		**22,15**	

Tableau 256 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		**T2**		**T3**		**T4**		**T1**		**T2**		**T3**		**T4**	
sujet	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**	**Moy Intra**	**ET Intra**
FSY	2245,31	13,54	2233,77	17,53	2237,58	19,18	2249,30	13,96	2248,61	11,40	2247,44	5,13	2238,83	10,10	2242,77	11,95
GYF	2217,43	11,28	2195,06	12,84	2201,53	17,24	2227,76	12,80	2236,10	10,27	2224,70	9,72	2221,69	7,21	2232,26	13,43
HLT	2262,82	17,81	2220,46	11,89	2228,69	14,10	2262,51	20,74	2257,02	13,45	2231,91	15,17	2228,21	24,85	2251,00	17,72
JSQ	2263,54	29,87	2292,50	15,36	2286,98	18,23	2283,71	22,10	2309,43	10,83	2296,08	18,04	2287,76	14,90	2283,99	19,57
JRX	2246,40	10,93	2229,34	10,30	2234,77	7,21	2250,49	9,24	2248,73	10,35	2236,72	8,75	2237,61	10,43	2240,83	9,68
MSH	2286,28	7,81	2253,02	10,28	2249,88	13,89	2268,97	9,43	2262,19	14,40	2272,88	8,49	2264,97	14,56	2268,09	16,64
TYX	2262,57	13,77	2263,54	10,40	2267,80	12,01	2276,47	10,96	2265,54	13,75	2273,45	12,05	2277,67	17,35	2279,88	9,43
WY	2287,25	34,64	2224,51	34,20	2197,25	20,14	2219,03	15,31	2262,22	11,31	2248,93	9,96	2264,60	13,52	2274,68	23,43
ZBJ	2229,03	18,29	2232,58	13,96	2231,83	13,96	2244,08	15,60	2269,86	14,21	2262,84	9,50	2267,18	10,21	2272,18	15,87
ZDN	2265,62	22,18	2234,64	14,52	2246,11	13,01	2247,79	8,59	2267,43	15,08	2263,46	13,29	2261,88	10,72	2264,20	17,61
ZLL	2280,76	13,44	2279,54	13,44	2277,57	16,55	2267,86	13,91	2278,79	12,63	2254,15	12,17	2253,34	18,25	2267,24	14,32
ZMY	2248,75	19,25	2235,50	10,85	2238,06	9,97	2243,59	11,45	2249,27	16,75	2246,28	14,08	2238,55	14,60	2246,79	20,68
ZXF	2247,89	14,73	2231,31	15,16	2248,11	11,86	2261,48	9,21	2231,84	6,68	2236,78	14,22	2232,96	10,24	2237,94	16,56
Moy Inter	**2257,20**		**2240,45**		**2242,01**		**2254,08**		**2260,54**		**2253,51**		**2251,94**		**2258,61**	
ET Inter	**20,13**		**24,83**		**24,93**		**17,81**		**19,08**		**19,10**		**19,62**		**16,69**	

Tableau 257 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2254,79	20,11	2234,47	11,40	2234,66	14,23	2250,30	8,19	2252,72	11,52	2252,90	21,40	2235,97	14,86	2242,54	11,61
GYF	2219,30	12,07	2203,09	14,65	2199,08	16,43	2217,42	15,34	2232,46	12,04	2222,68	9,93	2219,09	7,15	2226,69	15,61
HLT	2264,95	16,88	2217,90	17,61	2230,34	8,95	2261,73	19,57	2242,51	17,96	2224,29	16,60	2218,63	20,05	2237,96	20,07
JSQ	2270,89	25,45	2266,29	7,57	2260,62	11,54	2264,45	13,21	2286,77	14,58	2280,52	11,78	2259,08	19,81	2271,19	18,10
JRX	2251,83	11,41	2237,31	11,76	2235,00	11,90	2249,95	9,90	2249,43	12,15	2234,35	14,32	2241,29	6,26	2243,08	10,67
MSH	2286,10	13,88	2257,21	9,34	2244,14	11,98	2265,44	7,08	2242,55	14,94	2252,98	14,38	2247,39	11,37	2248,89	19,85
TYX	2270,96	13,98	2268,42	13,42	2274,11	9,38	2280,88	8,38	2282,43	9,79	2280,00	10,03	2278,06	17,80	2279,86	15,38
WY	2292,67	36,03	2226,15	33,59	2198,11	17,90	2198,93	19,57	2258,22	14,40	2241,22	18,43	2265,96	26,81	2259,73	18,66
ZBJ	2243,33	9,59	2238,50	17,15	2243,27	15,49	2248,94	16,15	2276,33	13,07	2263,37	12,93	2268,61	12,97	2268,47	21,49
ZDN	2273,47	14,55	2237,23	14,10	2251,81	11,95	2252,58	14,95	2269,01	15,51	2257,04	13,37	2264,28	10,67	2252,91	21,30
ZLL	2267,83	22,70	2266,37	15,40	2268,83	16,06	2251,56	14,69	2273,78	10,23	2247,73	13,26	2246,04	14,23	2260,70	14,94
ZMY	2241,20	15,54	2228,73	9,62	2221,35	12,70	2239,51	17,78	2239,39	16,27	2229,74	18,18	2225,22	13,43	2222,96	18,41
ZXF	2253,77	20,33	2229,61	17,14	2240,48	6,87	2258,28	8,61	2234,61	9,38	2223,90	11,83	2230,65	12,71	2233,56	7,11
Moy Inter	**2260,85**		**2239,33**		**2238,60**		**2249,23**		**2256,94**		**2246,98**		**2246,17**		**2249,89**	
ET Inter	**18,95**		**19,23**		**22,34**		**20,36**		**18,06**		**19,19**		**19,03**		**16,86**	

Tableau 258 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2272,89	12,95	2247,32	18,28	2235,29	12,93	2243,04	15,71	2262,30	14,35	2264,44	28,05	2231,49	36,44	2231,92	27,10
GYF	2238,36	10,14	2221,08	13,12	2197,89	28,52	2204,36	23,87	2232,08	28,53	2230,69	9,73	2231,83	21,50	2231,23	13,91
HLT	2269,73	12,90	2261,70	17,28	2234,27	24,12	2262,17	35,01	2246,82	28,12	2242,73	29,56	2203,67	18,44	2205,10	27,76
JSQ	2276,61	17,65	2279,81	15,97	2244,20	19,38	2249,78	26,09	2264,61	16,50	2282,65	26,75	2197,59	52,32	2238,22	29,89
JRX	2268,16	13,08	2250,49	24,20	2232,39	13,88	2243,50	11,30	2242,10	19,05	2261,07	14,76	2239,89	20,57	2240,22	21,14
MSH	2293,72	9,45	2279,19	8,13	2240,08	13,33	2239,25	15,73	2232,94	26,58	2253,45	32,57	2224,37	25,10	2226,22	11,74
TYX	2290,52	13,77	2275,39	13,12	2281,94	9,37	2284,72	6,38	2289,42	8,15	2285,43	21,44	2250,26	44,15	2296,18	11,52
WY	2297,90	35,43	2276,53	44,94	2209,01	19,12	2189,75	14,05	2275,70	11,92	2234,28	35,73	2296,41	33,59	2239,83	41,65
ZBJ	2259,62	22,76	2245,14	19,02	2254,49	22,65	2228,41	22,85	2284,68	14,04	2268,09	15,12	2288,80	24,56	2255,60	40,82
ZDN	2269,33	25,25	2260,10	24,27	2244,88	35,10	2244,43	15,68	2275,97	24,03	2265,84	14,48	2270,56	17,37	2257,37	37,09
ZLL	2273,93	25,48	2274,57	23,78	2269,13	27,35	2233,22	29,14	2263,65	24,59	2275,86	17,70	2234,39	27,38	2240,69	21,64
ZMY	2226,30	19,69	2276,36	25,87	2204,00	14,68	2196,85	20,85	2207,66	17,18	2210,32	34,47	2192,64	14,85	2200,46	19,74
ZXF	2262,54	17,72	2264,23	33,99	2239,44	22,49	2245,26	16,23	2242,44	9,33	2234,92	28,22	2219,22	21,01	2226,63	27,01
Moy Inter	**2269,20**		**2262,45**		**2237,46**		**2235,75**		**2255,41**		**2254,60**		**2237,01**		**2237,67**	
ET Inter	**19,41**		**16,82**		**23,07**		**25,21**		**22,86**		**21,68**		**31,25**		**23,08**	

Contexte /pu/

Tableau 259 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 0%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2186,78	13,77	2185,86	7,07	2180,12	16,93	2192,41	18,52	2235,97	18,40	2218,70	21,06	2203,81	18,56	2244,06	26,44
GYF	2251,45	10,84	2242,54	8,76	2245,73	13,74	2251,25	25,80	2235,13	19,34	2238,45	14,61	2252,16	15,54	2252,05	22,55
HLT	2152,19	23,26	2175,69	20,59	2131,79	25,14	2146,89	25,21	2212,89	18,01	2202,24	21,03	2175,93	24,70	2221,80	28,85
JSQ	2212,33	17,70	2221,73	32,79	2213,67	24,41	2239,17	20,24	2234,21	23,81	2221,11	23,62	2239,22	17,97	2230,10	26,50
JRX	2199,35	29,70	2195,87	28,75	2215,10	26,87	2233,18	34,38	2221,06	25,13	2243,22	32,07	2240,26	31,77	2260,23	22,74
MSH	2214,04	18,04	2174,90	28,75	2166,37	25,15	2239,48	21,27	2226,51	14,03	2207,20	27,28	2200,53	26,08	2211,43	24,55
TYX	2229,77	15,11	2214,91	11,22	2210,67	17,14	2224,00	14,56	2206,49	33,13	2220,40	23,52	2214,41	19,78	2227,12	25,12
WY	2204,84	41,54	2201,69	27,24	2193,52	23,64	2236,60	28,16	2205,28	16,13	2221,75	15,09	2221,65	23,01	2211,15	25,79
ZBJ	2187,17	15,54	2193,75	23,41	2204,15	38,17	2192,35	15,37	2189,19	18,45	2186,08	20,64	2187,59	21,19	2187,58	22,94
ZDN	2195,59	19,60	2173,39	17,87	2184,49	21,66	2185,34	22,80	2219,01	20,01	2183,40	33,20	2204,59	30,96	2217,42	13,23
ZLL	2217,99	29,62	2211,49	20,86	2211,58	18,29	2217,34	20,37	2202,18	22,13	2209,26	21,73	2215,16	17,66	2211,23	27,06
ZMY	2192,21	17,84	2161,36	11,38	2179,12	18,54	2199,47	25,79	2176,70	26,48	2205,90	44,24	2214,08	13,19	2203,26	13,01
ZXF	2187,30	16,21	2195,47	10,58	2194,84	15,93	2183,79	16,88	2200,36	33,61	2196,74	32,83	2202,70	26,47	2203,69	32,89
Moy Inter	**2202,38**		**2196,05**		**2194,70**		**2210,87**		**2212,69**		**2211,88**		**2213,24**		**2221,62**	
ET Inter	**23,24**		**21,72**		**26,79**		**28,98**		**17,57**		**17,22**		**20,54**		**19,96**	

Tableau 260 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 20%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2200,88	15,24	2190,57	11,97	2189,64	9,28	2198,99	17,90	2269,72	13,41	2257,00	15,11	2233,14	17,75	2253,00	17,32
GYF	2253,82	11,32	2246,60	9,72	2247,40	13,14	2253,81	14,71	2258,53	9,34	2244,15	13,22	2257,85	10,79	2263,45	9,70
HLT	2160,00	29,25	2180,84	21,76	2134,63	16,52	2146,08	19,57	2236,62	26,89	2198,43	20,50	2178,36	20,85	2211,93	26,54
JSQ	2238,34	12,63	2230,30	13,58	2199,60	15,98	2225,26	17,89	2230,20	19,50	2212,06	18,94	2232,70	15,64	2230,99	20,19
JRX	2205,44	19,07	2180,31	12,87	2191,26	17,66	2223,95	25,41	2218,84	23,98	2234,36	32,24	2229,50	13,16	2257,37	20,28
MSH	2207,42	15,73	2159,51	12,72	2155,12	13,17	2222,40	8,96	2219,90	10,17	2210,73	13,33	2190,48	20,92	2213,25	12,52
TYX	2243,71	13,53	2206,59	18,03	2215,99	11,74	2235,51	16,15	2213,65	18,73	2207,12	11,87	2201,39	24,34	2203,67	24,55
WY	2240,09	11,54	2227,84	12,71	2222,08	15,71	2247,39	13,67	2237,98	16,73	2244,08	11,01	2212,20	18,87	2227,18	13,79
ZBJ	2193,96	14,57	2206,77	22,14	2203,75	23,45	2198,52	15,39	2193,17	11,33	2186,21	12,62	2187,69	15,84	2186,24	9,98
ZDN	2194,04	10,83	2171,74	11,01	2174,27	17,26	2188,07	11,49	2214,08	15,23	2183,68	18,65	2189,76	13,44	2196,59	10,67
ZLL	2212,38	19,22	2200,70	13,42	2200,64	21,39	2219,03	15,34	2195,47	22,34	2190,36	22,23	2200,71	20,69	2226,50	14,80
ZMY	2179,53	17,67	2144,73	14,63	2171,45	15,90	2199,95	14,71	2177,35	25,24	2198,06	24,75	2203,26	12,98	2208,01	17,42
ZXF	2198,61	12,28	2192,81	12,25	2191,77	10,04	2196,00	15,86	2205,22	12,80	2190,08	18,16	2191,92	12,33	2204,64	11,84
Moy Inter	**2209,86**		**2195,33**		**2192,12**		**2211,92**		**2220,83**		**2212,03**		**2208,38**		**2221,76**	
ET Inter	**26,24**		**27,82**		**28,03**		**27,32**		**24,94**		**23,87**		**22,38**		**23,19**	

Tableau 261 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 40%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2196,20	15,80	2197,14	15,51	2191,51	9,61	2202,75	16,18	2273,67	9,31	2256,21	11,95	2235,90	22,56	2254,53	13,58
GYF	2256,21	11,95	2244,19	5,14	2244,15	13,16	2249,02	12,79	2256,14	9,99	2234,42	14,92	2251,34	18,22	2262,60	12,69
HLT	2166,06	27,30	2186,81	21,26	2139,29	12,35	2146,12	19,90	2239,04	28,06	2200,74	20,60	2183,65	27,58	2199,37	26,77
JSQ	2250,32	10,20	2222,79	20,91	2192,01	13,33	2220,41	16,65	2229,35	21,25	2212,90	19,17	2229,42	15,06	2228,55	19,66
JRX	2209,37	19,01	2179,77	9,35	2182,09	14,54	2217,76	15,61	2214,71	25,90	2225,50	28,79	2223,56	9,78	2246,33	24,79
MSH	2206,54	18,59	2162,14	12,46	2149,88	10,16	2204,06	14,84	2214,03	15,45	2210,73	13,33	2180,10	28,53	2203,15	18,60
TYX	2242,86	16,30	2208,23	19,10	2220,51	11,74	2236,33	16,32	2210,64	17,61	2201,56	15,11	2194,58	19,89	2197,55	23,28
WY	2239,22	16,27	2231,94	9,48	2224,55	15,05	2242,45	19,03	2249,60	9,94	2256,04	10,78	2218,80	19,33	2234,21	20,33
ZBJ	2192,28	14,03	2204,54	19,86	2202,30	18,47	2201,57	15,70	2187,71	15,90	2189,26	14,42	2186,17	14,21	2188,54	12,77
ZDN	2194,04	10,83	2167,41	8,18	2172,55	15,97	2187,18	12,10	2214,93	11,83	2191,42	14,88	2188,06	12,18	2195,80	4,09
ZLL	2216,49	21,64	2197,25	18,89	2198,12	21,66	2218,22	14,09	2194,58	25,79	2187,75	23,92	2196,00	25,68	2226,50	14,80
ZMY	2180,04	19,41	2139,73	20,47	2151,48	9,96	2194,05	10,19	2174,23	21,20	2198,06	24,75	2199,91	13,00	2202,23	24,53
ZXF	2198,17	10,47	2194,31	17,09	2191,77	10,04	2203,78	9,42	2201,21	11,07	2186,61	15,41	2188,45	10,96	2195,37	9,00
Moy Inter	**2211,37**		**2195,10**		**2189,25**		**2209,52**		**2219,99**		**2211,63**		**2205,84**		**2218,06**	
ET Inter	**26,96**		**27,77**		**29,49**		**25,65**		**27,49**		**23,51**		**22,24**		**24,31**	

Tableau 262 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 60%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2198,10	14,45	2187,74	15,31	2199,01	11,92	2200,92	12,00	2270,50	13,59	2259,41	11,33	2231,66	19,07	2245,63	21,92
GYF	2261,00	14,68	2245,81	5,41	2239,29	10,01	2247,41	11,97	2260,87	12,16	2235,91	21,73	2249,80	15,41	2260,15	16,37
HLT	2167,72	28,95	2195,23	22,82	2148,75	18,65	2148,79	19,55	2243,26	19,37	2203,73	22,31	2192,98	24,29	2190,03	27,43
JSQ	2246,85	10,49	2209,61	16,23	2187,77	10,56	2200,26	23,80	2232,62	20,99	2213,71	21,84	2224,50	15,66	2214,56	19,39
JRX	2207,35	26,23	2179,05	17,38	2177,28	12,65	2205,11	18,55	2218,45	22,32	2218,85	23,31	2215,25	13,98	2235,37	19,37
MSH	2202,40	14,53	2157,76	14,53	2142,80	13,75	2192,33	11,64	2204,82	19,46	2198,18	13,86	2170,73	23,25	2192,18	18,53
TYX	2233,88	17,07	2214,89	15,76	2219,01	11,97	2227,31	14,18	2213,68	16,35	2206,86	18,08	2193,81	20,11	2200,68	20,32
WY	2237,60	17,22	2232,76	9,60	2225,39	14,02	2230,99	21,56	2252,10	8,47	2261,03	9,07	2216,73	19,33	2232,20	19,90
ZBJ	2193,10	16,86	2194,09	7,45	2193,13	17,76	2197,75	15,43	2183,82	15,50	2181,44	18,61	2186,97	12,68	2168,88	18,99
ZDN	2192,30	14,24	2169,98	13,67	2168,26	11,26	2187,25	9,94	2212,45	14,11	2189,76	13,44	2188,06	12,18	2193,24	6,97
ZLL	2219,00	20,78	2190,52	18,73	2198,12	20,19	2214,09	11,90	2197,54	23,42	2181,43	20,54	2191,23	25,50	2217,40	20,96
ZMY	2173,79	8,80	2132,74	23,84	2138,21	12,55	2169,61	16,41	2174,23	21,20	2199,50	35,67	2198,22	12,66	2201,41	24,39
ZXF	2200,26	9,93	2194,38	11,64	2192,81	11,92	2198,03	10,59	2196,55	13,62	2183,08	15,75	2188,45	10,96	2190,73	11,14
Moy Inter	**2210,26**		**2192,66**		**2186,91**		**2201,53**		**2220,07**		**2210,22**		**2203,72**		**2210,96**	
ET Inter	**26,85**		**28,77**		**30,15**		**24,69**		**28,74**		**26,13**		**21,28**		**25,12**	

Tableau 263 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 80%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2199,99	10,44	2187,69	19,07	2189,87	11,78	2201,72	20,82	2272,89	11,85	2268,06	17,51	2233,53	16,95	2233,00	26,53
GYF	2272,13	13,39	2272,88	13,53	2250,57	13,69	2253,03	13,95	2274,12	8,37	2247,06	30,25	2267,31	15,39	2268,10	16,16
HLT	2186,80	19,02	2208,65	23,94	2153,03	27,31	2153,95	23,25	2238,39	17,53	2215,22	14,44	2194,66	17,69	2191,85	20,45
JSQ	2242,33	16,40	2217,87	19,96	2187,72	15,51	2193,49	23,00	2231,07	18,01	2221,95	22,84	2229,37	21,15	2202,80	21,81
JRX	2214,72	19,42	2193,17	12,02	2173,56	14,22	2191,33	14,24	2229,22	29,11	2208,39	16,45	2207,64	17,35	2218,92	19,50
MSH	2213,98	17,31	2157,76	14,53	2141,92	12,13	2190,62	12,70	2209,07	15,94	2199,79	20,14	2172,57	14,35	2187,13	17,08
TYX	2224,00	18,25	2215,61	22,66	2206,91	14,09	2221,55	13,04	2218,22	15,32	2215,21	16,99	2202,25	19,35	2216,76	12,16
WY	2245,72	15,70	2240,85	14,88	2217,07	15,80	2225,27	19,54	2252,55	13,89	2265,45	10,20	2226,46	18,21	2224,04	21,17
ZBJ	2174,98	24,67	2190,55	17,72	2172,87	15,14	2176,72	19,84	2177,65	23,46	2168,82	23,43	2187,67	17,13	2156,96	20,16
ZDN	2194,83	14,96	2176,91	12,51	2170,04	4,19	2188,96	9,27	2210,74	14,94	2186,53	13,04	2191,53	7,84	2191,47	12,57
ZLL	2213,24	17,59	2194,01	13,38	2192,21	13,77	2207,47	11,08	2207,60	14,99	2190,30	14,24	2189,21	18,43	2213,63	20,91
ZMY	2170,55	10,52	2128,76	22,85	2135,53	13,87	2154,18	14,83	2170,13	24,66	2206,96	37,71	2193,05	20,48	2201,08	37,69
ZXF	2204,43	9,91	2183,25	16,08	2191,26	12,82	2202,19	13,42	2193,58	18,53	2177,82	14,62	2182,53	14,14	2176,05	13,02
Moy Inter	**2212,13**		**2197,54**		**2183,28**		**2196,96**		**2221,94**		**2213,20**		**2205,98**		**2206,29**	
ET Inter	**27,80**		**34,57**		**30,02**		**26,24**		**31,16**		**29,96**		**25,25**		**26,83**	

Tableau 264 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ 100%	*VM*								*VC*							
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4	
sujet	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra	Moy Intra	ET Intra
FSY	2244,73	21,86	2236,23	38,56	2161,82	22,58	2205,94	63,18	2287,71	18,55	2282,31	13,42	2220,15	32,28	2227,63	32,95
GYF	2275,22	16,26	2299,96	25,24	2248,91	16,67	2251,37	17,35	2283,76	14,49	2286,19	14,96	2267,26	19,58	2245,32	36,53
HLT	2222,10	14,17	2241,15	39,02	2150,68	46,69	2139,32	42,72	2231,68	27,17	2258,05	23,27	2187,64	23,21	2174,55	28,61
JSQ	2228,09	22,22	2247,31	18,20	2206,20	21,33	2188,25	34,96	2239,87	25,29	2260,69	26,70	2214,53	20,42	2190,07	26,94
JRX	2227,16	16,33	2209,31	16,40	2149,92	44,72	2176,53	23,11	2238,25	21,70	2246,23	27,64	2198,88	33,24	2205,17	26,06
MSH	2224,49	34,47	2205,29	37,98	2148,71	31,56	2190,47	23,03	2215,61	25,25	2238,47	32,44	2181,00	24,63	2167,27	50,49
TYX	2248,19	20,58	2254,09	23,59	2232,89	27,87	2253,30	22,66	2230,63	32,89	2256,38	35,20	2202,28	45,21	2218,58	34,91
WY	2246,60	11,74	2269,66	18,69	2220,37	18,08	2215,89	34,23	2252,59	12,34	2279,09	14,09	2229,92	26,50	2206,21	36,92
ZBJ	2180,10	26,10	2233,61	33,92	2191,53	18,61	2175,51	37,04	2186,16	23,57	2213,43	31,54	2188,74	38,12	2143,99	31,17
ZDN	2217,33	13,35	2226,23	30,75	2191,90	33,37	2190,92	37,73	2216,43	25,89	2208,87	29,30	2200,32	35,66	2193,60	56,67
ZLL	2217,19	27,25	2219,72	26,52	2198,88	25,01	2213,24	17,12	2211,45	23,47	2208,83	29,31	2185,30	25,13	2188,20	28,29
ZMY	2161,34	16,85	2143,36	35,09	2133,60	24,68	2155,24	49,84	2182,56	32,48	2221,77	42,90	2174,01	23,85	2177,91	44,70
ZXF	2244,88	26,73	2221,48	31,14	2180,40	47,32	2216,91	39,59	2208,61	18,76	2210,26	23,48	2199,88	24,17	2188,75	26,61
Moy Inter	**2225,95**		**2231,34**		**2185,83**		**2197,92**		**2229,64**		**2243,89**		**2203,84**		**2194,40**	
ET Inter	**28,43**		**35,34**		**34,28**		**32,01**		**30,71**		**27,99**		**23,83**		**25,67**	

Les écarts entre F1 et F2 en Mel

Contexte /pa/

Tableau 265 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	441,98	409,97	396,77	425,72	465,34	437,26	415,91	497,82
GYF	463,82	435,02	425,25	520,84	591,91	574,86	579,36	564,51
HLT	433,24	559,22	483,85	484,00	363,55	398,04	402,00	359,89
JSQ	443,55	336,17	374,78	420,65	498,94	515,79	496,97	429,35
JRX	443,76	495,57	387,53	397,72	542,36	511,94	484,48	503,40
MSH	350,25	330,37	306,69	338,78	354,44	384,39	337,92	393,75
TYX	522,10	432,17	453,79	463,47	490,97	502,49	520,68	522,82
WY	400,30	362,88	369,59	366,98	340,04	336,64	312,78	352,71
ZBJ	510,36	478,28	524,59	564,49	478,41	460,15	483,51	494,31
ZDN	472,41	415,64	403,23	408,03	307,87	316,43	383,74	336,42
ZLL	384,87	429,87	365,95	352,89	411,73	374,71	386,39	392,22
ZMY	317,60	308,16	284,15	269,61	412,82	243,27	316,86	317,85
ZXF	429,94	376,85	402,40	413,74	335,60	293,92	293,03	359,49
Moy Inter	**431,86**	**413,09**	**398,35**	**417,45**	**430,31**	**411,53**	**416,43**	**424,97**
ET Inter	**55,66**	**68,59**	**62,68**	**75,54**	**84,84**	**95,27**	**86,50**	**78,66**

Tableau 266 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 20%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	316,86	283,82	293,15	245,84	384,98	360,36	282,37	393,38
GYF	322,65	286,88	313,01	304,48	436,08	407,39	416,67	456,67
HLT	354,76	380,91	328,67	428,54	324,94	316,60	293,87	303,62
JSQ	280,38	281,58	287,98	347,73	322,29	284,39	301,17	311,44
JRX	351,37	362,74	320,69	304,95	378,66	370,29	350,48	355,95
MSH	327,02	319,13	324,88	340,48	333,37	313,54	318,04	327,38
TYX	383,86	350,28	374,38	370,55	356,56	350,05	357,58	357,76
WY	309,14	312,51	273,58	272,96	302,15	276,96	266,03	276,46
ZBJ	392,87	369,50	376,77	461,68	369,20	316,01	361,79	390,07
ZDN	388,90	354,97	341,24	352,72	286,45	309,24	294,35	335,53
ZLL	335,15	360,50	326,20	337,71	338,83	320,44	297,96	338,29
ZMY	306,62	242,09	230,66	272,80	254,53	164,02	169,12	183,32
ZXF	321,74	246,14	267,62	248,45	277,85	273,64	244,66	272,24
Moy Inter	**337,79**	**319,31**	**312,22**	**329,92**	**335,84**	**312,53**	**304,16**	**330,93**
ET Inter	**33,26**	**45,76**	**39,86**	**62,78**	**47,80**	**56,68**	**58,92**	**64,43**

Tableau 267 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 40%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	337,55	301,26	247,72	259,13	358,79	368,03	309,50	318,57
GYF	257,93	229,65	259,79	229,90	401,31	379,44	343,48	415,52
HLT	232,21	308,60	257,41	278,74	305,50	263,24	240,10	303,58
JSQ	273,42	250,97	266,03	271,16	278,48	257,82	264,01	285,36
JRX	276,84	340,75	290,62	235,50	358,94	327,57	315,35	333,67
MSH	342,35	327,16	314,79	312,33	322,97	303,63	280,28	306,79
TYX	299,85	304,17	336,12	377,89	347,16	325,21	335,86	335,59
WY	261,23	284,51	314,05	273,34	234,05	244,34	258,46	244,76
ZBJ	375,51	327,47	354,28	420,33	345,39	297,71	321,77	346,26
ZDN	337,53	329,63	290,52	334,84	284,15	284,46	267,81	298,93
ZLL	270,56	258,03	283,23	325,05	326,09	260,80	273,46	311,23
ZMY	234,04	248,21	235,81	236,32	222,61	120,02	132,96	195,62
ZXF	338,39	247,49	238,01	256,46	279,58	265,12	228,98	262,99
Moy Inter	**295,18**	**289,07**	**283,72**	**293,15**	**312,69**	**284,41**	**274,77**	**304,53**
ET Inter	**44,56**	**36,55**	**36,12**	**55,90**	**49,68**	**62,52**	**53,63**	**50,90**

Tableau 268 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 60%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	315,27	334,82	267,12	336,83	368,46	360,61	474,26	347,62
GYF	295,25	311,13	283,14	291,57	432,11	406,39	387,65	400,98
HLT	222,32	282,13	232,02	228,76	293,88	273,15	289,07	291,58
JSQ	281,15	252,70	275,53	299,13	298,14	262,45	260,66	276,02
JRX	244,04	344,13	290,53	299,47	342,32	308,54	263,02	316,84
MSH	356,97	328,92	316,29	368,68	339,33	294,58	318,57	315,53
TYX	292,95	314,81	313,02	349,28	356,71	324,12	314,06	337,68
WY	342,38	317,42	295,33	348,08	263,23	233,92	237,85	242,24
ZBJ	412,98	344,84	343,96	404,29	356,95	288,40	317,95	359,43
ZDN	367,67	325,36	325,36	344,38	327,04	277,36	265,88	315,47
ZLL	305,70	302,39	298,64	317,95	333,39	291,21	264,24	301,59
ZMY	295,24	252,18	244,90	263,58	237,48	159,49	79,12	183,23
ZXF	313,40	327,80	282,94	342,19	305,89	289,24	316,79	253,08
Moy Inter	**311,18**	**310,66**	**289,91**	**322,63**	**327,30**	**289,96**	**291,47**	**303,18**
ET Inter	**48,69**	**29,67**	**30,01**	**44,36**	**47,58**	**56,46**	**86,10**	**53,97**

Tableau 269 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 80%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	428,62	547,57	376,90	475,36	465,57	447,34	541,67	469,79
GYF	402,99	445,86	367,97	407,05	491,60	474,47	450,03	496,48
HLT	393,56	360,74	313,93	332,21	315,97	300,30	276,12	308,09
JSQ	468,71	329,98	366,00	379,36	349,56	352,73	320,85	335,74
JRX	364,50	420,22	331,35	432,95	361,03	382,05	309,68	339,12
MSH	445,87	442,99	334,26	429,63	384,61	334,94	276,40	360,89
TYX	417,17	377,75	362,63	355,43	371,61	368,68	342,78	353,65
WY	459,39	411,66	425,70	461,20	319,56	298,70	305,06	355,50
ZBJ	484,11	441,37	391,93	486,11	433,88	409,23	410,14	415,64
ZDN	557,75	467,84	390,00	453,28	394,92	354,44	331,50	370,90
ZLL	467,94	500,72	446,68	484,29	393,89	410,92	354,27	387,37
ZMY	411,28	324,73	295,96	362,17	310,83	253,85	185,30	238,30
ZXF	432,02	518,48	370,79	479,47	381,63	394,38	419,31	363,97
Moy Inter	**441,07**	**429,99**	**367,24**	**426,04**	**382,67**	**367,85**	**347,93**	**368,88**
ET Inter	**46,89**	**66,61**	**40,46**	**51,69**	**53,29**	**59,48**	**86,83**	**63,38**

Tableau 270 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 100%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	680,60	850,18	697,82	729,31	458,32	544,28	568,65	524,21
GYF	554,88	693,55	675,11	642,68	334,36	475,56	504,18	386,58
HLT	635,75	699,12	584,56	604,70	315,46	402,62	463,77	455,13
JSQ	700,83	625,40	391,27	485,58	336,47	428,93	404,72	401,70
JRX	726,29	822,61	399,90	663,11	445,48	513,26	483,64	456,33
MSH	651,57	746,16	485,92	661,96	407,37	488,83	417,62	470,71
TYX	612,26	662,81	468,74	507,52	377,02	447,38	442,04	410,35
WY	683,54	725,82	473,03	595,19	361,20	440,70	437,19	453,02
ZBJ	723,54	711,33	490,14	641,55	382,58	480,86	494,82	432,98
ZDN	625,96	686,32	545,99	614,75	393,10	495,55	472,42	450,30
ZLL	747,26	729,41	510,60	661,71	384,55	525,76	543,84	463,67
ZMY	623,60	680,06	493,16	584,18	439,24	497,68	470,90	497,98
ZXF	693,86	856,32	700,15	715,57	383,21	524,16	560,83	505,02
Moy Inter	**666,15**	**729,93**	**532,03**	**623,68**	**386,03**	**481,97**	**481,89**	**454,46**
ET Inter	**52,49**	**68,92**	**99,92**	**68,01**	**41,99**	**40,28**	**49,98**	**38,72**

Contexte /pi/

Tableau 271 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	1520,79	1489,95	1488,49	1461,01	1446,71	1390,25	1425,65	1399,17
GYF	1400,37	1415,44	1369,08	1380,76	1290,63	1341,70	1259,57	1278,86
HLT	1509,45	1530,63	1393,21	1518,58	1405,86	1492,10	1452,76	1426,23
JSQ	1571,01	1578,61	1570,79	1299,66	1292,25	1287,67	1349,05	1318,69
JRX	1481,04	1441,12	1474,34	1499,70	1279,10	1276,75	1262,01	1338,93
MSH	1610,65	1632,10	1593,68	1602,41	1367,79	1385,07	1379,05	1366,69
TYX	1532,49	1519,76	1512,26	1535,44	1368,64	1385,92	1339,66	1317,71
WY	1618,56	1514,22	1547,34	1555,79	1424,98	1408,44	1427,62	1428,12
ZBJ	1411,53	1460,54	1404,15	1430,21	1478,82	1442,18	1408,70	1401,19
ZDN	1523,51	1616,62	1493,51	1539,70	1404,40	1451,61	1454,91	1399,20
ZLL	1594,34	1584,01	1586,30	1555,12	1346,75	1322,66	1354,29	1286,59
ZMY	1571,30	1559,51	1490,62	1559,97	1483,74	1406,29	1424,64	1392,44
ZXF	1487,46	1493,26	1480,08	1447,63	1321,77	1357,78	1339,74	1325,93
Moy Inter	**1525,58**	**1525,83**	**1492,60**	**1491,23**	**1377,80**	**1380,65**	**1375,20**	**1359,98**
ET Inter	**66,35**	**63,86**	**69,04**	**81,29**	**67,28**	**60,55**	**62,68**	**49,59**

Tableau 272 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 20%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	1561,68	1549,69	1493,80	1539,08	1458,14	1471,65	1468,40	1507,42
GYF	1414,33	1404,24	1319,48	1409,22	1422,88	1432,39	1464,73	1327,79
HLT	1487,97	1443,94	1479,28	1512,43	1475,99	1493,35	1450,84	1402,79
JSQ	1639,51	1592,15	1536,86	1649,46	1454,42	1328,48	1434,35	1470,55
JRX	1547,52	1535,49	1532,15	1587,94	1477,67	1417,65	1406,68	1491,31
MSH	1580,88	1564,69	1536,56	1618,21	1530,24	1436,55	1510,10	1531,44
TYX	1514,50	1519,19	1503,73	1505,72	1433,76	1432,96	1441,11	1466,97
WY	1604,17	1524,27	1480,93	1582,13	1517,12	1470,76	1463,58	1489,75
ZBJ	1576,48	1548,83	1514,93	1587,08	1493,58	1521,98	1512,26	1510,34
ZDN	1547,52	1532,67	1535,33	1548,63	1474,34	1434,67	1483,81	1502,07
ZLL	1563,42	1531,16	1518,76	1543,95	1471,46	1467,05	1497,85	1428,98
ZMY	1524,59	1526,64	1502,35	1535,23	1474,95	1474,08	1476,89	1501,27
ZXF	1553,71	1536,50	1493,20	1536,14	1472,86	1562,16	1513,52	1492,58
Moy Inter	1547,41	1523,80	1495,95	1550,40	1473,65	1457,21	1471,09	1471,02
ET Inter	53,36	47,05	54,65	56,94	28,14	53,76	31,43	53,05

Tableau 273 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 40%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	1582,21	1527,10	1457,47	1547,45	1442,59	1511,02	1466,58	1482,37
GYF	1407,13	1386,28	1349,90	1399,28	1419,34	1441,43	1438,20	1388,74
HLT	1492,40	1450,67	1470,39	1526,56	1447,11	1434,44	1441,87	1471,72
JSQ	1651,23	1587,12	1569,27	1675,47	1506,88	1463,79	1393,46	1510,67
JRX	1562,14	1557,31	1535,62	1604,73	1454,05	1462,60	1490,09	1475,56
MSH	1558,28	1579,62	1550,59	1583,09	1493,64	1450,98	1471,34	1519,85
TYX	1546,58	1517,97	1515,17	1542,36	1466,28	1509,50	1495,19	1437,78
WY	1610,13	1547,42	1546,72	1608,38	1562,30	1506,55	1506,91	1498,98
ZBJ	1611,54	1576,00	1558,56	1611,47	1502,83	1545,96	1528,49	1499,41
ZDN	1541,72	1530,60	1556,77	1510,86	1475,90	1467,32	1489,71	1476,65
ZLL	1579,42	1546,35	1553,12	1565,60	1475,32	1494,48	1491,20	1432,66
ZMY	1536,57	1527,63	1554,91	1532,87	1508,51	1508,86	1467,00	1501,06
ZXF	1557,52	1512,25	1472,54	1543,48	1479,59	1513,60	1473,85	1477,66
Moy Inter	1556,68	1526,64	1514,70	1557,81	1479,56	1485,42	1473,38	1474,85
ET Inter	57,67	52,94	59,93	63,04	35,16	32,59	33,06	34,89

Tableau 274 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 60%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	1592,22	1529,37	1490,28	1543,52	1418,66	1463,02	1439,09	1454,71
GYF	1382,33	1372,08	1340,42	1381,42	1472,55	1500,08	1466,38	1430,77
HLT	1505,15	1476,71	1451,59	1532,60	1431,05	1454,34	1479,71	1465,95
JSQ	1671,53	1590,63	1588,82	1600,39	1477,53	1434,13	1386,25	1441,68
JRX	1562,51	1547,85	1563,88	1584,06	1433,79	1445,99	1466,20	1465,91
MSH	1541,34	1561,36	1589,48	1534,10	1515,74	1476,82	1504,64	1538,65
TYX	1571,95	1516,95	1510,02	1508,12	1469,92	1456,48	1474,04	1472,99
WY	1618,59	1533,74	1573,83	1554,82	1539,90	1493,21	1485,13	1558,04
ZBJ	1604,98	1602,58	1585,19	1583,31	1502,06	1537,22	1536,70	1549,07
ZDN	1545,29	1537,11	1572,79	1505,85	1456,93	1460,12	1426,19	1500,45
ZLL	1566,02	1543,57	1577,55	1534,90	1478,06	1499,82	1450,75	1478,09
ZMY	1539,71	1524,47	1562,81	1521,45	1492,22	1510,46	1486,25	1531,62
ZXF	1575,16	1550,90	1511,02	1524,13	1499,12	1527,75	1498,22	1487,46
Moy Inter	1559,75	1529,79	1532,13	1531,44	1475,96	1481,50	1469,20	1490,41
ET Inter	64,98	54,71	69,42	51,73	33,57	31,12	36,51	40,20

Tableau 275 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 80%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	1516,12	1517,61	1498,00	1501,76	1403,21	1468,93	1456,13	1433,33
GYF	1262,09	1281,85	1323,95	1301,38	1428,32	1377,09	1320,34	1359,89
HLT	1452,75	1477,71	1455,56	1536,19	1435,41	1455,81	1460,44	1476,62
JSQ	1649,26	1555,96	1540,81	1587,66	1479,10	1452,42	1390,93	1468,75
JRX	1498,99	1491,96	1535,45	1484,20	1398,80	1373,12	1393,63	1401,56
MSH	1521,64	1522,71	1561,92	1505,71	1515,74	1528,25	1457,04	1483,09
TYX	1450,13	1416,65	1478,89	1436,53	1428,54	1446,86	1431,68	1449,43
WY	1593,03	1506,83	1585,79	1554,16	1582,94	1490,61	1478,61	1538,64
ZBJ	1586,27	1591,22	1564,49	1542,75	1482,55	1466,72	1606,59	1512,71
ZDN	1508,54	1478,68	1553,03	1488,03	1499,97	1477,56	1468,74	1482,92
ZLL	1532,79	1516,00	1589,92	1504,41	1421,65	1461,19	1430,30	1461,66
ZMY	1521,85	1527,30	1550,79	1523,16	1484,26	1496,10	1537,99	1492,87
ZXF	1508,74	1491,54	1475,00	1485,24	1421,81	1465,55	1493,09	1484,98
Moy Inter	**1507,86**	**1490,46**	**1516,43**	**1496,24**	**1460,18**	**1458,48**	**1455,81**	**1465,11**
ET Inter	**88,28**	**72,20**	**69,22**	**66,94**	**50,98**	**41,14**	**67,51**	**44,72**

Tableau 276 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 100%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	1471,81	1447,25	1424,97	1470,71	1384,69	1457,57	1357,78	1428,91
GYF	1273,03	1281,31	1279,12	1314,48	1239,46	1287,64	1337,31	1289,80
HLT	1408,83	1402,51	1414,80	1484,55	1418,00	1416,83	1429,51	1400,68
JSQ	1568,70	1557,53	1578,74	1614,57	1419,47	1441,94	1402,37	1440,45
JRX	1445,82	1500,20	1467,79	1436,41	1258,90	1309,26	1359,67	1340,62
MSH	1494,96	1472,56	1521,77	1491,71	1425,71	1413,63	1416,60	1441,64
TYX	1442,90	1427,90	1362,78	1407,79	1335,68	1265,10	1373,34	1339,37
WY	1554,73	1545,97	1474,30	1502,54	1414,73	1414,52	1453,12	1415,39
ZBJ	1545,66	1514,83	1438,75	1498,57	1409,40	1521,74	1586,18	1381,68
ZDN	1372,01	1392,13	1485,81	1406,89	1451,55	1398,31	1378,64	1390,39
ZLL	1510,53	1471,42	1573,11	1468,74	1376,77	1402,98	1420,91	1413,63
ZMY	1515,81	1513,97	1520,86	1493,82	1395,14	1408,33	1423,37	1367,32
ZXF	1481,46	1437,25	1423,66	1476,31	1405,37	1422,83	1428,14	1379,55
Moy Inter	**1468,17**	**1458,83**	**1458,96**	**1466,70**	**1379,60**	**1396,98**	**1412,84**	**1386,88**
ET Inter	**78,72**	**71,39**	**79,68**	**66,27**	**61,75**	**68,00**	**59,98**	**42,65**

Contexte /pu/

Tableau 277 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	856,48	858,09	856,17	821,86	649,02	722,94	695,65	711,69
GYF	528,28	611,28	518,53	502,91	754,81	732,15	733,92	742,70
HLT	835,07	860,74	797,18	818,69	738,54	747,25	726,22	723,13
JSQ	697,96	665,99	682,78	674,50	611,60	648,87	627,05	641,83
JRX	791,28	780,98	777,65	769,66	670,07	663,22	709,70	675,55
MSH	742,90	785,90	782,80	675,73	688,43	723,14	645,95	689,89
TYX	511,75	545,92	569,46	554,91	772,51	715,30	716,77	674,54
WY	757,54	748,37	676,94	745,07	762,77	681,18	762,79	670,12
ZBJ	818,75	815,31	791,64	805,58	688,40	654,67	690,75	703,06
ZDN	659,78	681,65	705,07	690,82	682,82	610,34	642,68	635,56
ZLL	782,75	854,17	859,69	802,36	664,01	665,13	699,28	712,82
ZMY	769,45	831,04	779,45	764,82	728,57	755,97	749,79	766,93
ZXF	880,22	865,07	848,30	836,01	711,32	792,00	693,71	760,97
Moy Inter	740,94	761,88	741,97	727,92	701,76	700,93	699,56	700,68
ET Inter	110,67	100,73	102,60	100,47	46,21	49,44	39,52	39,84

Tableau 278 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 20%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	583,18	670,18	631,43	620,74	657,07	690,94	656,14	663,97
GYF	397,14	470,76	404,51	314,81	690,65	674,79	671,01	720,03
HLT	365,63	502,44	603,41	322,50	690,12	712,85	711,72	699,50
JSQ	407,66	397,14	502,46	366,71	616,00	610,41	631,26	665,31
JRX	474,56	623,99	588,27	513,64	550,80	565,70	608,16	628,05
MSH	648,89	696,87	672,72	434,47	622,69	553,27	645,81	652,82
TYX	378,28	385,28	423,68	406,70	678,55	665,65	686,90	659,08
WY	522,63	747,70	550,73	670,98	740,06	615,23	758,55	732,68
ZBJ	673,00	732,78	619,18	671,01	628,14	699,77	677,04	698,29
ZDN	528,34	621,42	639,97	527,55	601,25	600,74	604,30	554,97
ZLL	394,54	532,38	485,81	365,88	573,47	589,86	604,71	595,75
ZMY	409,19	595,57	563,52	401,57	718,30	776,53	760,11	731,94
ZXF	553,59	622,40	591,22	593,23	748,62	702,73	709,93	729,29
Moy Inter	487,43	584,53	559,76	477,68	655,06	650,65	671,20	671,67
ET Inter	101,20	114,44	79,92	124,18	59,97	63,87	51,36	52,91

Tableau 279 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 40%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	600,54	714,35	605,63	567,79	694,07	682,84	723,04	677,90
GYF	373,06	507,48	363,80	358,36	684,26	664,05	646,91	678,54
HLT	388,76	569,18	585,55	390,63	663,94	752,34	744,13	707,84
JSQ	260,59	373,03	452,28	418,89	566,36	646,77	600,04	600,40
JRX	463,08	646,11	512,02	438,88	568,31	584,67	596,48	607,66
MSH	626,89	612,29	648,98	508,29	605,59	556,92	590,46	587,31
TYX	373,77	373,18	478,97	432,34	709,05	678,90	691,08	644,62
WY	691,62	735,11	570,08	648,38	724,22	681,16	745,74	735,23
ZBJ	686,42	771,65	607,36	605,64	615,97	650,99	670,36	641,43
ZDN	526,91	601,02	645,72	552,12	554,29	636,03	648,09	595,43
ZLL	444,06	519,56	461,70	400,24	560,66	552,89	592,67	597,82
ZMY	412,97	601,68	504,35	389,68	667,75	689,89	704,07	708,56
ZXF	594,40	652,98	597,76	554,47	707,19	702,08	724,53	726,41
Moy Inter	**495,62**	**590,59**	**541,09**	**481,98**	**640,13**	**652,27**	**667,51**	**654,55**
ET Inter	**130,35**	**118,86**	**82,67**	**91,29**	**61,12**	**55,72**	**56,95**	**52,03**

Tableau 280 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 60%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	683,94	675,71	666,13	578,46	709,31	682,92	677,26	654,71
GYF	419,41	554,95	501,56	449,14	651,87	638,80	665,19	662,13
HLT	520,80	587,09	729,02	438,87	748,82	754,70	754,58	712,55
JSQ	428,65	394,06	476,62	301,94	595,05	571,89	646,51	639,84
JRX	532,33	657,15	586,98	531,22	600,41	558,23	651,76	560,00
MSH	674,43	731,91	681,61	607,69	635,89	571,53	473,71	580,32
TYX	553,00	465,03	523,43	512,59	700,01	682,39	667,15	667,13
WY	665,46	746,26	588,75	674,20	754,43	710,77	733,33	713,40
ZBJ	795,96	780,19	752,39	616,94	687,26	644,44	707,01	681,97
ZDN	608,55	645,89	651,35	614,41	605,86	567,35	624,15	662,20
ZLL	500,38	608,44	618,66	516,60	591,06	639,87	610,22	615,86
ZMY	433,85	623,14	600,81	439,43	689,79	700,50	740,69	732,23
ZXF	674,96	674,93	651,21	544,74	651,57	695,02	663,26	749,80
Moy Inter	**576,29**	**626,52**	**617,58**	**525,09**	**663,18**	**647,57**	**662,68**	**664,01**
ET Inter	**113,08**	**104,61**	**80,18**	**95,80**	**54,43**	**61,43**	**69,09**	**54,04**

Tableau 281 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 80%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	761,56	696,45	727,09	665,53	696,01	667,11	631,49	705,88
GYF	603,77	698,21	665,46	669,93	676,21	658,56	678,92	681,19
HLT	686,91	776,01	795,60	704,42	666,66	736,73	745,19	707,40
JSQ	533,30	614,66	613,14	573,81	590,50	608,23	574,57	630,87
JRX	680,00	731,46	662,63	674,44	645,73	629,37	661,50	614,95
MSH	737,89	690,29	706,00	712,30	635,73	617,98	562,34	624,34
TYX	651,25	637,73	659,95	641,28	677,39	660,51	680,29	671,49
WY	763,60	736,01	699,87	722,70	728,22	675,49	706,05	710,37
ZBJ	849,22	858,37	808,85	758,43	750,07	739,66	788,01	781,82
ZDN	740,96	725,53	719,73	747,10	712,66	631,46	706,71	673,59
ZLL	665,26	733,71	663,59	676,19	689,81	693,54	656,28	730,19
ZMY	553,88	641,41	662,88	563,70	677,58	651,62	730,24	726,20
ZXF	750,30	683,94	762,78	659,83	661,22	680,34	696,83	681,30
Moy Inter	**690,61**	**709,52**	**703,66**	**674,59**	**677,52**	**665,43**	**678,34**	**687,66**
ET Inter	**86,45**	**61,22**	**55,72**	**56,02**	**39,49**	**39,17**	**60,95**	**45,12**

Tableau 282 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 100%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	838,13	795,60	771,31	778,46	702,62	652,99	668,60	667,27
GYF	871,07	846,56	842,30	851,77	840,88	808,92	813,93	837,36
HLT	844,51	888,68	840,31	804,49	807,16	816,10	795,59	796,17
JSQ	705,83	749,95	562,49	684,05	621,03	598,12	620,68	635,23
JRX	877,16	897,32	707,74	858,48	754,65	775,87	667,64	726,04
MSH	926,79	878,02	752,90	887,98	750,47	814,07	678,10	730,99
TYX	726,53	736,21	754,09	716,26	804,54	794,44	763,04	803,87
WY	923,14	828,47	772,37	794,36	864,10	830,48	779,14	777,67
ZBJ	976,51	949,79	847,14	867,72	893,50	847,06	868,12	859,82
ZDN	810,15	854,71	834,89	838,82	736,44	775,41	730,98	648,31
ZLL	913,82	912,93	755,96	851,74	754,54	712,96	853,26	869,10
ZMY	710,36	725,17	727,34	669,04	738,24	773,74	683,60	781,69
ZXF	827,86	799,11	755,09	774,29	853,99	810,48	752,42	781,34
Moy Inter	842,45	835,58	763,38	798,27	778,63	770,05	744,24	762,68
ET Inter	83,00	68,12	73,11	68,70	72,06	70,15	74,14	73,83

Les écarts entre F2 et F3 en Mel

Contexte /pa/

Tableau 283 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	565,86	541,80	547,17	594,43	468,97	458,30	459,37	467,86
GYF	533,20	525,25	521,59	542,26	420,77	446,51	437,87	407,26
HLT	562,80	496,24	492,09	537,76	452,35	462,76	443,81	454,35
JSQ	537,45	484,10	522,42	522,65	479,19	468,04	473,91	473,00
JRX	613,81	565,66	616,80	569,14	550,21	582,33	584,05	577,01
MSH	557,82	547,55	541,66	584,27	554,79	520,33	523,82	530,97
TYX	429,39	433,89	432,61	457,65	470,40	437,82	434,82	442,59
WY	638,47	582,37	579,22	634,88	578,91	558,66	571,22	576,95
ZBJ	516,74	491,53	487,79	462,15	480,91	479,83	468,07	453,66
ZDN	541,32	529,90	542,58	561,43	553,51	528,47	536,27	500,02
ZLL	570,78	465,18	527,59	592,84	536,49	565,37	567,60	537,23
ZMY	605,69	602,86	615,91	639,52	547,36	662,88	603,56	592,81
ZXF	568,57	563,37	547,72	602,16	461,09	516,73	507,99	497,01
Moy Inter	557,07	525,36	536,55	561,63	504,23	514,46	508,64	500,82
ET Inter	49,44	47,06	48,45	54,68	48,56	62,69	57,53	55,95

Tableau 284 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 20%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	577,31	479,61	494,73	545,14	424,50	435,81	484,52	453,13
GYF	532,31	499,53	516,15	496,05	437,40	427,96	393,01	404,65
HLT	466,59	406,48	390,98	412,16	393,94	368,68	399,12	373,76
JSQ	510,14	403,79	434,45	474,88	402,56	402,08	402,08	437,66
JRX	544,94	490,83	502,35	526,54	504,85	509,81	509,95	501,01
MSH	522,42	511,48	492,01	536,05	497,11	475,51	452,12	497,33
TYX	424,89	397,98	389,53	399,83	395,10	334,06	378,75	395,07
WY	595,51	464,03	460,82	542,77	502,48	467,25	512,24	531,12
ZBJ	429,14	334,08	349,90	379,36	438,03	385,00	363,33	376,80
ZDN	517,57	469,39	459,74	522,79	509,62	490,67	494,67	470,75
ZLL	535,17	406,36	460,07	559,27	507,42	549,32	560,75	506,07
ZMY	576,50	555,88	589,10	589,54	524,22	526,47	543,04	551,61
ZXF	578,68	490,25	503,32	548,21	445,90	450,20	451,90	457,04
Moy Inter	523,94	454,59	464,86	502,51	460,24	447,91	457,34	458,15
ET Inter	53,12	58,17	60,71	63,92	46,70	61,46	63,01	56,10

Tableau 285 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 40%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	564,26	493,02	452,86	525,19	476,11	480,74	498,82	484,90
GYF	524,86	466,53	523,31	503,26	414,89	440,22	417,20	399,69
HLT	586,05	417,64	393,00	455,06	415,16	426,03	441,94	392,88
JSQ	523,49	418,06	457,45	492,96	408,95	402,75	387,23	452,79
JRX	534,22	451,71	439,26	574,21	508,49	473,72	508,85	518,09
MSH	507,86	462,15	470,10	533,66	497,14	456,29	446,34	501,18
TYX	457,09	423,10	412,69	410,73	374,14	308,24	309,06	353,42
WY	591,10	442,75	421,68	514,51	559,80	495,41	509,49	529,30
ZBJ	411,75	348,81	325,29	333,24	432,66	383,10	351,56	383,56
ZDN	506,28	443,59	431,13	490,48	521,57	505,05	504,25	508,22
ZLL	571,35	460,01	462,48	509,11	522,84	575,32	580,18	517,81
ZMY	588,53	543,18	565,28	592,02	508,01	557,18	551,72	554,84
ZXF	563,02	494,51	461,68	528,64	457,25	463,63	452,02	468,05
Moy Inter	533,07	451,16	447,40	497,16	469,00	459,05	458,36	466,52
ET Inter	51,58	44,84	56,02	64,87	53,87	68,18	75,12	62,06

Tableau 286 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 60%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	560,52	455,62	456,79	530,45	473,66	481,64	456,00	483,21
GYF	502,45	442,61	560,86	478,45	393,95	402,93	420,36	419,70
HLT	496,01	430,53	435,48	455,69	443,77	402,75	425,58	412,23
JSQ	503,12	426,68	436,98	460,37	381,45	402,76	416,99	425,95
JRX	553,45	428,12	439,77	514,22	490,11	478,40	542,58	530,45
MSH	520,54	449,73	477,05	507,28	506,36	473,57	433,15	532,91
TYX	470,65	428,50	429,66	442,49	365,40	294,37	287,44	323,13
WY	570,98	438,75	414,20	486,18	545,55	482,38	505,29	522,58
ZBJ	376,62	339,96	328,15	336,88	441,88	387,39	366,20	374,60
ZDN	503,05	456,77	430,74	494,08	506,82	519,50	533,12	526,44
ZLL	540,18	412,62	447,09	472,90	495,09	563,09	589,33	556,26
ZMY	568,26	529,68	559,92	573,75	509,55	522,81	580,29	555,75
ZXF	570,41	460,82	456,61	529,46	454,52	446,22	436,75	469,01
Moy Inter	518,17	438,49	451,79	483,25	462,16	450,60	461,01	471,71
ET Inter	51,92	39,59	57,22	54,57	52,98	68,59	83,14	71,78

Tableau 287 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 80%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	544,16	431,28	429,68	491,32	463,12	465,58	422,79	479,59
GYF	468,88	444,94	510,32	467,02	381,47	390,54	408,22	404,79
HLT	464,82	463,34	412,12	484,04	442,96	417,72	454,91	420,88
JSQ	490,24	406,25	410,25	455,03	385,96	383,60	395,80	423,62
JRX	522,84	429,16	441,28	439,16	483,15	448,82	496,20	523,15
MSH	521,08	415,77	497,01	484,15	510,74	483,82	454,13	540,90
TYX	469,39	398,83	420,67	446,54	384,27	306,09	327,09	338,76
WY	553,14	443,45	369,39	479,70	498,27	464,83	466,28	473,70
ZBJ	370,49	347,51	342,96	352,00	435,31	398,53	380,39	401,85
ZDN	508,30	488,96	452,65	493,10	483,53	481,83	501,01	511,60
ZLL	485,94	341,25	396,42	392,63	469,88	491,97	549,03	503,19
ZMY	528,50	515,28	538,19	539,63	488,76	470,62	548,77	534,38
ZXF	551,20	439,22	421,56	494,35	424,35	424,81	421,75	445,70
Moy Inter	498,38	428,09	434,04	462,97	450,14	432,98	448,18	461,70
ET Inter	47,57	47,01	52,86	46,35	43,28	51,16	62,47	59,04

Tableau 288 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 100%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	508,40	441,89	457,00	466,84	485,34	489,61	452,50	483,51
GYF	469,16	469,15	501,62	492,46	468,59	433,08	456,64	470,15
HLT	521,50	517,40	432,90	468,39	454,57	459,53	443,83	487,60
JSQ	532,18	454,03	428,70	489,44	436,10	441,92	427,41	435,98
JRX	532,20	511,84	430,07	492,34	420,24	468,95	480,03	510,47
MSH	554,30	492,66	459,58	520,33	483,25	509,42	495,64	495,98
TYX	428,38	371,24	418,01	440,77	406,48	405,88	415,07	416,07
WY	582,02	530,36	455,49	520,60	488,90	490,44	497,40	485,49
ZBJ	455,50	432,74	401,47	418,14	459,31	451,23	437,71	466,93
ZDN	559,97	534,90	505,98	503,57	451,19	459,02	480,81	446,04
ZLL	483,24	409,18	397,75	396,00	510,39	468,43	510,26	508,25
ZMY	540,23	507,84	502,83	499,02	445,15	429,52	497,97	512,23
ZXF	503,02	437,00	453,12	479,94	406,86	415,87	424,94	457,40
Moy Inter	513,08	470,02	449,58	475,99	455,10	455,61	463,09	475,08
ET Inter	42,63	48,65	35,10	36,28	30,99	29,20	30,99	28,77

Contexte /pi/

Tableau 289 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	86,17	77,28	17,74	99,08	96,01	124,92	93,52	121,86
GYF	39,97	274,35	67,12	59,77	138,71	94,49	128,87	131,74
HLT	169,86	91,66	222,36	129,52	180,44	85,31	139,47	170,11
JSQ	89,50	134,92	111,37	357,55	260,90	295,71	223,90	252,40
JRX	202,75	227,03	199,58	182,85	258,78	276,10	250,96	210,45
MSH	110,79	105,03	117,76	93,29	200,72	199,57	189,70	202,77
TYX	141,54	190,45	174,44	154,67	158,57	175,44	215,39	228,71
WY	116,24	160,86	123,32	160,21	205,69	192,90	173,70	177,96
ZBJ	233,01	198,04	249,25	192,68	165,57	183,71	190,90	166,65
ZDN	107,69	55,56	172,12	105,65	151,95	151,49	151,36	168,59
ZLL	195,97	153,03	210,18	239,20	283,47	254,44	241,10	259,19
ZMY	88,60	75,37	136,55	84,51	183,43	219,65	205,54	198,97
ZXF	92,82	70,53	72,46	97,22	86,50	77,30	95,89	76,48
Moy Inter	**128,84**	**139,55**	**144,17**	**150,48**	**182,36**	**179,31**	**176,95**	**181,99**
ET Inter	**53,91**	**65,51**	**65,40**	**77,19**	**57,81**	**68,49**	**49,89**	**49,98**

Tableau 290 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 20%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	111,44	172,74	186,42	113,05	176,90	168,19	148,35	157,61
GYF	233,43	260,83	274,72	206,45	133,06	151,72	75,64	217,35
HLT	205,52	209,03	184,53	184,39	214,36	162,58	207,06	240,86
JSQ	219,74	262,65	271,47	245,89	312,42	364,54	315,69	295,47
JRX	213,28	194,29	173,74	198,54	197,16	218,45	218,50	168,34
MSH	150,14	157,13	157,89	126,49	187,02	222,04	206,87	225,14
TYX	196,51	236,92	236,09	192,54	164,47	188,70	164,77	168,43
WY	206,84	194,57	202,54	212,86	234,91	230,78	232,93	241,95
ZBJ	132,90	173,78	175,14	141,04	170,76	185,94	215,09	204,56
ZDN	136,94	169,43	178,52	151,85	212,25	208,99	212,54	214,21
ZLL	279,65	236,97	262,03	321,05	263,08	243,42	222,70	266,09
ZMY	148,61	136,95	163,81	129,28	218,17	218,86	203,51	202,21
ZXF	100,60	135,95	141,14	119,67	89,05	75,39	56,96	78,07
Moy Inter	**179,66**	**195,48**	**200,62**	**180,24**	**197,97**	**203,05**	**190,82**	**206,18**
ET Inter	**51,19**	**41,62**	**43,49**	**57,11**	**54,13**	**63,03**	**64,78**	**52,80**

Tableau 291 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 40%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	98,11	185,84	260,70	118,06	203,47	189,48	166,83	185,25
GYF	255,38	263,69	339,20	241,70	165,04	129,09	125,87	206,26
HLT	217,74	234,29	224,91	168,02	211,78	201,22	242,45	182,24
JSQ	220,20	271,33	285,94	222,73	274,26	310,65	339,67	305,22
JRX	237,42	215,03	207,90	198,29	194,08	214,56	192,62	207,20
MSH	145,92	160,42	173,58	123,32	225,83	253,09	233,71	208,92
TYX	188,81	251,31	234,83	173,65	171,16	136,63	149,96	165,98
WY	208,90	185,89	180,65	193,11	249,72	230,01	249,89	254,34
ZBJ	143,10	161,37	165,20	119,82	198,78	188,77	207,37	186,56
ZDN	142,89	187,04	172,12	159,19	200,25	213,04	252,20	218,78
ZLL	270,51	233,32	236,28	259,78	269,51	239,09	240,04	259,27
ZMY	146,47	150,50	164,25	138,03	198,61	213,25	207,11	203,78
ZXF	121,18	178,24	234,74	107,55	102,09	93,69	117,11	101,82
Moy Inter	184,36	206,02	221,56	171,02	204,97	200,97	209,60	206,59
ET Inter	52,67	39,58	50,51	47,84	43,85	54,50	58,30	47,25

Tableau 292 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 60%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	71,34	157,81	223,28	116,22	212,87	197,94	209,22	191,71
GYF	196,51	205,12	239,29	203,70	105,70	87,32	117,82	148,56
HLT	165,71	210,25	235,33	143,66	192,43	185,66	160,73	172,52
JSQ	202,30	271,96	290,64	225,16	297,69	293,47	326,14	329,67
JRX	235,16	210,39	213,20	214,15	205,13	215,75	193,08	217,98
MSH	127,32	144,24	132,33	108,23	200,40	214,08	234,00	187,95
TYX	135,09	192,13	187,51	143,65	148,73	147,75	151,33	144,44
WY	202,74	178,00	176,29	197,98	224,60	213,18	251,38	243,59
ZBJ	149,40	141,53	162,42	140,28	200,23	156,19	185,51	168,73
ZDN	116,62	136,51	154,45	138,35	182,49	214,92	201,62	202,15
ZLL	256,16	220,91	221,16	227,05	242,75	223,73	235,03	243,20
ZMY	127,35	145,94	159,58	131,39	188,20	204,15	199,94	170,81
ZXF	88,85	104,92	193,52	112,10	103,56	56,75	110,60	86,56
Moy Inter	159,58	178,44	199,15	161,69	192,68	185,45	198,18	192,91
ET Inter	53,74	43,55	41,71	43,05	50,23	59,15	55,40	56,61

Tableau 293 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 80%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	101,07	63,91	133,55	50,21	227,03	191,12	204,66	192,25
GYF	163,83	138,53	143,47	162,84	118,29	142,50	192,83	190,78
HLT	179,79	198,40	204,00	124,94	140,93	110,85	150,76	151,08
JSQ	143,52	194,71	279,15	201,16	260,72	253,52	298,53	257,95
JRX	259,93	188,16	199,06	213,41	238,41	220,71	220,06	190,66
MSH	100,24	118,37	99,61	92,65	175,88	199,70	210,72	203,29
TYX	149,93	153,73	131,65	141,17	145,97	115,39	125,68	117,11
WY	187,66	165,54	146,14	172,36	179,82	184,07	206,96	216,56
ZBJ	129,67	108,48	160,41	146,64	190,51	167,50	133,30	153,07
ZDN	119,91	104,55	122,20	111,74	175,55	165,25	182,34	169,74
ZLL	229,19	188,43	211,53	218,51	262,28	219,07	240,72	224,79
ZMY	91,69	87,93	118,62	84,86	195,14	201,86	164,72	168,93
ZXF	107,05	59,74	117,15	61,68	107,94	76,85	78,90	78,13
Moy Inter	151,04	136,19	158,97	137,09	186,04	172,95	185,40	178,03
ET Inter	49,86	47,54	48,75	53,57	48,43	48,30	53,96	45,07

Tableau 294 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 100%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	96,99	101,39	101,66	118,31	217,30	160,26	246,42	192,31
GYF	181,37	192,40	125,93	136,16	185,44	179,15	164,82	218,30
HLT	239,71	233,67	195,15	162,43	129,22	108,21	115,90	166,91
JSQ	79,44	100,50	132,49	108,35	216,86	149,47	189,34	179,57
JRX	272,35	162,70	200,44	252,09	271,49	240,86	232,33	185,32
MSH	100,87	123,49	79,88	87,82	152,54	150,74	224,30	142,45
TYX	162,54	205,68	174,44	171,01	191,26	230,92	173,15	203,86
WY	194,84	132,48	172,20	124,74	227,41	205,17	184,21	217,93
ZBJ	147,14	184,10	219,07	170,46	282,09	169,34	91,69	246,85
ZDN	275,88	164,21	135,29	171,20	181,74	203,88	163,13	206,01
ZLL	199,77	204,19	208,54	208,12	299,71	225,63	250,04	231,90
ZMY	99,21	81,66	109,92	105,29	196,03	204,82	182,93	174,70
ZXF	71,06	123,53	108,06	89,53	83,76	68,98	82,33	91,31
Moy Inter	163,17	154,61	151,01	146,58	202,68	176,73	176,97	189,03
ET Inter	68,65	45,81	44,36	46,58	58,47	47,90	52,64	39,13

Contexte /pu/

Tableau 295 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	657,98	588,94	588,05	641,07	736,55	658,30	747,19	669,59
GYF	761,37	657,28	748,60	784,09	524,16	494,04	597,85	535,20
HLT	548,35	532,99	607,07	553,48	597,24	593,94	599,40	586,73
JSQ	600,27	586,09	612,95	563,81	627,86	557,77	584,25	552,55
JRX	590,01	564,76	565,76	588,72	602,70	615,02	533,15	578,14
MSH	627,97	626,11	599,83	693,67	654,86	592,34	657,21	632,98
TYX	788,67	764,49	746,66	753,81	518,80	522,13	524,29	575,25
WY	596,57	571,32	623,05	658,22	532,16	637,13	552,84	613,31
ZBJ	610,73	562,88	589,59	573,37	585,82	663,45	580,49	555,16
ZDN	731,04	693,90	655,82	710,57	708,82	685,95	728,01	741,71
ZLL	628,68	560,33	536,40	588,29	681,13	661,24	687,46	665,58
ZMY	535,60	485,82	510,06	589,75	577,13	521,99	497,64	510,23
ZXF	576,56	562,44	594,36	633,03	572,42	501,85	552,76	554,59
Moy Inter	634,91	596,72	613,71	640,91	609,20	592,70	603,27	597,77
ET Inter	76,22	70,15	67,14	72,06	66,91	64,67	75,75	62,19

Tableau 296 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 20%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	833,81	739,15	767,33	738,94	705,96	685,22	760,49	722,08
GYF	854,39	822,70	873,01	906,33	506,31	538,57	538,10	500,10
HLT	885,82	801,87	713,52	917,70	601,47	564,53	605,49	549,56
JSQ	752,51	771,20	657,36	783,66	624,68	555,03	616,55	530,06
JRX	804,53	702,16	704,12	794,17	701,19	668,45	619,92	625,42
MSH	621,77	611,07	613,04	827,50	680,60	696,87	660,19	668,12
TYX	882,63	861,88	850,29	859,74	523,55	500,32	488,83	536,31
WY	793,18	523,89	684,61	680,66	498,90	527,21	501,18	545,15
ZBJ	653,29	573,75	696,33	682,21	635,57	588,30	554,48	537,43
ZDN	800,39	719,73	699,24	762,17	714,44	667,77	672,41	738,08
ZLL	919,61	803,55	829,45	925,77	724,82	701,92	685,43	721,32
ZMY	784,95	682,00	686,20	805,20	578,20	539,71	526,72	548,26
ZXF	799,44	716,31	748,70	799,29	525,58	561,67	515,39	533,19
Moy Inter	798,95	717,64	732,55	806,41	617,02	599,66	595,78	596,54
ET Inter	82,47	96,38	74,64	77,64	81,15	70,08	79,88	82,91

Tableau 297 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 40%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	833,64	710,86	825,92	769,57	698,64	714,98	691,42	702,55
GYF	868,96	796,74	903,89	887,20	494,64	536,20	554,90	545,53
HLT	838,86	737,10	743,21	863,93	608,27	508,62	552,69	586,32
JSQ	906,74	805,29	696,57	735,45	620,52	513,08	601,28	539,36
JRX	845,11	676,77	788,39	867,01	666,93	640,04	636,74	645,44
MSH	640,42	696,34	651,38	745,56	703,64	743,54	689,19	692,34
TYX	891,82	854,69	810,48	853,20	509,32	489,28	475,15	514,22
WY	639,04	535,00	674,88	694,28	527,36	535,30	500,23	537,50
ZBJ	649,70	531,57	697,05	731,01	630,02	637,27	591,48	612,44
ZDN	798,92	734,37	672,95	741,67	719,93	646,86	670,95	705,23
ZLL	856,88	812,60	847,24	891,13	744,56	728,36	701,49	713,39
ZMY	764,51	676,18	730,71	817,82	576,69	597,54	542,26	539,23
ZXF	746,30	678,23	722,12	767,06	507,22	584,85	520,08	512,30
Moy Inter	790,84	711,21	751,14	797,30	615,98	605,84	594,45	603,53
ET Inter	91,78	94,17	74,51	65,64	84,15	83,99	74,53	75,71

Tableau 298 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 60%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	766,78	738,89	784,66	754,64	679,69	702,93	740,28	741,92
GYF	813,21	750,85	789,74	824,20	519,66	573,22	581,65	550,86
HLT	734,49	748,25	611,54	822,95	574,56	527,82	582,97	567,17
JSQ	776,84	779,67	717,64	824,27	612,09	566,74	558,53	561,15
JRX	786,57	682,30	728,66	739,15	651,52	704,48	571,87	679,79
MSH	596,94	570,22	632,46	662,44	704,89	719,13	781,86	703,87
TYX	715,89	791,48	746,80	782,32	507,35	506,27	500,52	529,85
WY	676,55	545,20	687,90	660,68	506,03	582,35	527,41	566,90
ZBJ	579,99	542,04	580,25	699,67	572,10	632,34	607,63	616,47
ZDN	725,42	685,21	675,52	696,81	738,73	727,80	698,01	668,26
ZLL	810,85	724,89	720,04	817,00	686,94	684,61	687,39	701,06
ZMY	737,71	652,26	642,54	794,37	568,21	568,32	537,03	524,01
ZXF	699,79	663,31	672,26	770,42	570,23	603,22	568,22	487,85
Moy Inter	724,69	682,66	691,54	757,61	607,08	623,02	611,03	607,63
ET Inter	70,23	82,17	61,74	58,61	75,19	73,64	84,01	78,96

Tableau 299 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 80%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	728,30	697,43	729,59	720,98	665,93	694,86	814,96	727,00
GYF	637,11	605,52	634,34	639,46	542,45	615,65	609,52	564,06
HLT	590,47	601,57	603,50	587,49	617,96	558,91	614,18	566,34
JSQ	717,60	616,83	609,17	619,99	623,74	616,23	633,74	585,37
JRX	655,76	612,40	662,13	627,07	609,68	639,96	618,13	624,18
MSH	549,66	624,14	645,65	579,18	708,33	705,56	772,79	685,17
TYX	599,99	652,00	639,65	638,68	549,65	522,71	528,18	505,26
WY	603,67	568,50	613,86	605,80	584,80	610,04	570,64	599,43
ZBJ	537,08	492,38	555,18	573,43	550,20	558,78	558,42	554,48
ZDN	604,30	628,48	608,65	596,72	659,51	653,20	631,03	598,33
ZLL	656,00	635,51	688,22	695,10	605,80	629,98	657,88	590,75
ZMY	644,02	648,68	593,30	682,12	559,85	582,84	568,78	531,67
ZXF	652,70	655,23	603,31	656,80	569,66	619,58	545,84	558,70
Moy Inter	**628,97**	**618,36**	**629,73**	**632,53**	**603,66**	**616,02**	**624,93**	**591,59**
ET Inter	**54,30**	**47,18**	**43,15**	**44,22**	**49,27**	**50,21**	**81,20**	**57,65**

Tableau 300 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 100%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	689,58	653,06	685,69	691,54	671,29	769,08	791,84	808,64
GYF	485,46	507,00	501,28	472,06	555,46	587,64	562,37	519,10
HLT	576,90	574,30	639,75	568,67	596,51	556,68	592,25	578,77
JSQ	653,64	565,38	670,96	553,36	643,82	645,38	649,08	583,03
JRX	542,47	486,24	646,86	527,66	543,44	576,43	641,46	594,92
MSH	427,31	473,87	614,73	461,15	636,19	615,33	757,04	636,98
TYX	622,31	592,32	570,96	567,57	491,79	475,41	486,60	425,22
WY	532,97	545,10	586,62	559,28	531,56	524,51	582,77	567,79
ZBJ	475,35	453,78	559,45	512,40	499,91	515,36	517,09	471,83
ZDN	567,35	542,48	529,20	543,04	591,68	528,73	625,47	594,86
ZLL	496,87	482,61	618,18	551,47	631,92	631,70	530,14	514,83
ZMY	577,35	574,68	583,20	612,26	579,66	616,23	646,89	529,29
ZXF	635,20	652,31	662,49	632,08	476,23	561,29	604,32	557,03
Moy Inter	**560,21**	**546,40**	**605,33**	**557,89**	**573,04**	**584,91**	**614,41**	**567,87**
ET Inter	**73,95**	**61,86**	**54,02**	**59,82**	**60,31**	**71,65**	**84,19**	**88,11**

Les écarts entre F3 et F4 en Mel

Contexte /pa/

Tableau 301 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	322,23	323,14	337,56	317,44	327,87	332,44	347,01	308,53
GYF	294,76	327,05	314,41	283,53	281,40	273,83	300,19	276,43
HLT	310,46	335,41	343,51	354,10	368,93	362,35	376,13	366,90
JSQ	325,39	353,93	309,07	323,63	325,81	331,22	328,94	320,13
JRX	236,30	245,19	233,01	249,01	190,36	177,88	172,44	201,34
MSH	343,63	329,41	338,12	322,13	312,43	311,73	331,32	301,51
TYX	402,25	380,77	382,64	382,33	284,57	284,31	290,60	303,70
WY	229,88	308,51	296,26	237,18	247,83	269,81	257,76	255,62
ZBJ	303,12	295,61	295,35	303,62	302,99	294,54	287,13	304,23
ZDN	278,49	283,30	272,17	271,52	259,40	274,70	259,14	303,73
ZLL	253,65	330,31	300,12	253,71	225,73	213,63	202,28	232,34
ZMY	229,27	244,40	241,32	241,99	270,17	265,59	258,93	251,90
ZXF	305,64	309,91	329,41	305,68	318,65	313,35	303,27	298,56
Moy Inter	295,01	312,84	307,15	295,83	285,86	285,03	285,78	286,53
ET Inter	47,99	37,37	40,02	42,98	45,98	47,54	54,36	40,95

Tableau 302 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 20%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	320,05	387,12	359,35	338,41	351,00	347,05	308,19	314,46
GYF	257,96	338,62	284,43	307,93	252,96	274,96	317,62	270,91
HLT	406,61	420,99	447,28	435,13	389,90	413,48	405,86	411,77
JSQ	319,06	398,46	320,20	341,69	376,98	342,10	326,04	320,49
JRX	256,74	287,72	270,42	265,04	225,35	217,50	207,32	234,95
MSH	345,43	341,20	354,76	335,83	301,10	324,25	331,10	295,70
TYX	392,20	354,25	368,80	385,91	307,10	360,66	316,75	307,30
WY	215,34	370,07	397,13	249,06	243,00	282,82	253,81	243,41
ZBJ	387,29	437,05	412,50	388,98	333,21	368,54	351,98	341,83
ZDN	278,83	323,30	317,63	280,62	273,39	279,54	267,26	305,18
ZLL	254,08	331,18	288,08	241,36	196,13	173,05	147,81	186,83
ZMY	238,34	250,37	251,92	243,36	262,30	281,87	253,60	261,64
ZXF	316,66	360,33	354,76	321,71	332,94	343,89	313,80	309,32
Moy Inter	306,82	353,90	340,56	318,08	295,80	308,44	292,40	292,60
ET Inter	60,23	49,42	56,12	58,95	57,22	62,89	63,70	53,28

Tableau 303 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 40%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	329,49	354,59	368,60	344,67	334,45	325,00	312,01	331,51
GYF	265,84	361,62	287,80	298,58	282,77	278,43	323,11	275,67
HLT	304,96	417,51	445,59	420,85	369,96	389,19	377,76	384,51
JSQ	303,54	382,51	305,70	315,89	379,95	333,36	331,41	296,78
JRX	292,79	304,51	291,16	262,13	236,31	247,55	196,31	215,40
MSH	347,65	359,87	357,95	343,99	294,05	316,75	327,59	288,26
TYX	372,13	345,36	353,88	344,66	308,48	382,58	362,46	316,59
WY	211,01	377,25	404,50	271,31	224,35	280,51	255,40	257,10
ZBJ	406,16	430,69	428,35	443,46	361,63	394,76	372,89	350,49
ZDN	285,52	346,43	356,25	303,11	268,56	271,37	264,97	263,80
ZLL	236,40	306,61	270,98	270,51	198,53	159,23	147,95	202,02
ZMY	233,06	262,40	255,74	242,76	268,71	283,83	260,31	254,67
ZXF	324,53	346,94	369,63	330,61	339,69	341,97	330,91	317,22
Moy Inter	**301,01**	**353,56**	**345,86**	**322,50**	**297,50**	**308,04**	**297,16**	**288,77**
ET Inter	**54,15**	**43,52**	**57,71**	**56,93**	**55,62**	**62,75**	**66,33**	**49,86**

Tableau 304 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 60%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	333,74	376,31	366,76	359,63	347,07	334,65	328,32	334,43
GYF	277,00	367,55	256,84	312,71	293,62	303,25	308,27	277,38
HLT	387,89	410,09	411,07	429,86	351,11	383,79	372,50	380,10
JSQ	297,39	365,41	294,29	303,32	373,95	333,51	317,95	305,05
JRX	296,56	322,66	299,43	275,57	241,03	254,49	209,06	212,04
MSH	344,08	359,73	375,47	348,39	288,85	324,68	346,02	267,63
TYX	362,96	344,93	339,68	325,11	297,87	353,22	361,09	326,84
WY	225,34	368,29	398,18	294,40	230,92	303,05	275,75	264,56
ZBJ	436,59	443,78	441,99	430,82	349,30	387,87	368,49	369,17
ZDN	277,23	344,04	345,61	311,85	263,76	243,95	255,59	247,41
ZLL	248,06	315,42	259,13	286,91	231,12	171,02	152,14	176,40
ZMY	239,04	283,95	270,76	261,94	276,43	293,82	269,87	266,96
ZXF	328,33	369,48	364,17	350,36	342,71	357,57	346,69	333,51
Moy Inter	**311,86**	**359,36**	**340,26**	**330,07**	**299,06**	**311,14**	**300,90**	**289,34**
ET Inter	**59,13**	**38,91**	**57,79**	**51,03**	**47,69**	**58,25**	**63,71**	**57,16**

Tableau 305 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 80%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	347,57	388,10	387,63	385,68	345,90	332,57	345,06	331,04
GYF	324,76	381,20	332,79	348,34	312,03	327,74	330,91	302,02
HLT	391,37	390,95	400,18	371,35	364,42	390,81	367,59	364,77
JSQ	253,52	396,75	293,26	284,60	379,24	329,94	328,65	284,74
JRX	297,85	327,73	290,13	291,30	255,42	286,99	225,79	236,51
MSH	350,71	388,06	350,92	351,70	298,26	328,59	357,23	275,98
TYX	310,45	359,90	346,29	296,64	275,96	332,39	358,90	299,53
WY	237,72	344,51	405,85	296,78	257,95	315,38	325,20	288,18
ZBJ	448,70	432,32	412,41	433,04	354,23	364,42	362,72	350,52
ZDN	240,43	289,63	291,98	281,87	269,53	289,11	275,12	251,74
ZLL	248,11	314,06	246,12	309,37	239,68	206,72	166,77	225,81
ZMY	247,27	292,15	288,04	274,87	311,23	325,16	292,36	288,98
ZXF	341,53	371,90	387,10	366,71	376,07	360,82	363,92	346,69
Moy Inter	**310,77**	**359,79**	**340,98**	**330,17**	**310,76**	**322,36**	**315,40**	**295,89**
ET Inter	**62,82**	**41,74**	**52,90**	**47,34**	**47,18**	**43,01**	**58,59**	**41,70**

Tableau 306 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

a 100%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	403,88	404,90	365,77	415,03	316,60	324,63	354,90	315,72
GYF	389,27	424,45	376,56	373,99	326,97	358,79	345,66	341,89
HLT	410,94	366,15	353,40	386,35	415,50	370,01	342,50	327,20
JSQ	139,06	367,65	275,50	244,12	353,05	332,23	303,68	250,74
JRX	295,38	321,91	326,14	286,79	339,78	332,41	281,30	261,90
MSH	333,77	355,74	395,75	351,88	309,13	314,43	348,56	320,23
TYX	333,99	408,33	381,01	347,85	260,85	268,09	347,61	248,68
WY	277,93	338,04	372,94	317,46	290,48	318,06	284,44	297,80
ZBJ	388,27	398,73	392,89	385,48	356,29	342,79	314,55	321,02
ZDN	239,19	284,49	258,96	307,62	331,28	352,99	294,62	325,68
ZLL	298,67	293,26	267,02	329,42	230,71	265,65	217,02	269,46
ZMY	257,08	335,66	345,60	345,20	366,62	377,42	315,94	315,46
ZXF	422,53	398,83	373,39	403,66	410,09	397,85	366,46	347,25
Moy Inter	322,31	361,40	344,99	345,76	331,33	335,03	316,71	303,31
ET Inter	79,25	43,22	46,34	46,86	50,53	37,26	39,52	32,85

Contexte /pi/

Tableau 307 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	280,69	281,37	318,76	283,61	217,94	257,54	222,06	278,21
GYF	383,07	140,10	357,08	391,94	292,21	303,11	299,81	309,20
HLT	243,78	240,69	264,84	265,84	226,74	211,17	233,28	251,46
JSQ	250,57	202,86	204,50	266,14	246,92	198,40	221,77	234,11
JRX	196,48	184,11	198,08	210,64	229,55	225,16	229,70	238,17
MSH	234,62	215,89	224,54	238,76	235,23	230,95	218,26	214,04
TYX	213,94	170,54	176,87	188,62	220,90	205,04	191,59	193,94
WY	205,45	203,50	199,04	171,87	199,80	220,14	221,07	234,57
ZBJ	189,35	178,56	177,50	201,73	192,55	182,93	192,49	227,47
ZDN	225,15	233,96	185,99	228,78	227,08	178,49	222,61	178,81
ZLL	176,08	197,54	155,36	163,57	205,08	220,20	207,41	229,05
ZMY	214,06	203,14	202,42	195,24	175,77	173,87	171,47	220,63
ZXF	295,12	295,36	291,81	307,36	331,15	293,64	310,03	323,69
Moy Inter	239,10	211,35	227,44	239,55	230,84	223,13	226,27	241,03
ET Inter	53,08	41,42	59,15	61,05	39,74	38,98	37,55	39,84

Tableau 308 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 20%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	243,55	174,85	155,91	229,54	185,04	212,54	189,94	184,91
GYF	184,44	138,37	194,13	218,92	240,37	212,89	237,70	219,74
HLT	230,71	213,67	208,43	249,45	202,79	209,48	191,45	210,47
JSQ	108,99	115,45	80,37	97,72	166,09	135,03	151,35	158,20
JRX	160,23	149,96	159,78	157,43	185,26	165,70	180,46	193,06
MSH	231,87	194,10	198,28	228,91	171,70	176,20	177,23	182,32
TYX	188,74	156,55	164,63	183,38	200,80	177,97	185,40	190,80
WY	185,45	144,95	127,70	143,49	141,17	137,10	123,14	132,64
ZBJ	173,06	165,72	151,55	180,57	210,02	193,99	170,59	192,92
ZDN	199,68	180,52	177,41	202,70	185,81	193,69	210,26	186,49
ZLL	141,71	164,20	156,13	124,05	172,66	184,18	169,26	167,08
ZMY	213,52	204,45	195,43	190,12	180,29	163,52	166,52	187,21
ZXF	263,19	214,04	211,98	253,71	283,76	261,26	270,98	280,68
Moy Inter	**194,24**	**170,53**	**167,83**	**189,23**	**194,29**	**186,43**	**186,48**	**191,27**
ET Inter	**41,30**	**29,07**	**35,03**	**46,31**	**34,55**	**32,62**	**35,82**	**33,35**

Tableau 309 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 40%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	257,00	197,27	163,67	243,10	179,51	189,47	182,46	187,03
GYF	166,63	160,04	141,85	189,94	215,27	202,04	216,26	212,67
HLT	220,64	202,06	195,30	258,16	206,29	187,26	176,79	199,42
JSQ	101,30	109,26	72,99	94,46	140,58	162,67	143,25	134,77
JRX	140,87	150,72	139,04	157,89	182,69	157,39	159,01	161,40
MSH	247,37	196,91	186,81	238,56	175,66	177,19	173,55	183,12
TYX	188,27	152,20	164,73	201,66	179,26	203,56	197,12	204,80
WY	183,31	144,99	114,01	131,23	123,22	139,31	126,33	121,34
ZBJ	165,50	185,44	169,90	192,86	200,53	196,34	190,78	195,76
ZDN	222,87	180,34	196,51	200,71	205,37	190,01	181,38	193,73
ZLL	137,70	162,28	139,44	125,30	170,31	178,79	179,58	173,80
ZMY	207,79	198,72	190,53	199,89	189,21	158,09	164,39	187,37
ZXF	260,93	209,15	187,64	270,96	256,72	244,53	237,91	261,92
Moy Inter	**192,32**	**173,03**	**158,65**	**192,67**	**186,51**	**183,59**	**179,14**	**185,93**
ET Inter	**47,47**	**28,07**	**35,06**	**51,47**	**32,01**	**25,58**	**27,80**	**33,67**

Tableau 310 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 60%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	273,76	219,70	198,35	259,01	178,69	214,17	179,52	190,47
GYF	230,19	238,76	245,72	237,73	240,56	226,30	228,09	235,37
HLT	262,76	204,30	206,88	265,26	226,16	210,91	205,78	202,41
JSQ	103,81	92,71	74,52	95,06	133,61	125,48	156,48	121,64
JRX	153,36	154,57	138,90	149,13	181,89	169,88	172,79	157,31
MSH	269,01	211,02	213,66	258,34	168,95	176,98	178,34	190,33
TYX	220,13	203,56	209,57	250,10	202,08	215,22	208,03	219,16
WY	184,32	150,17	113,73	119,74	137,57	148,26	144,42	130,18
ZBJ	181,55	189,83	180,63	190,69	195,07	218,88	211,63	215,57
ZDN	257,52	217,73	208,46	227,69	233,01	207,30	195,21	213,43
ZLL	141,30	161,97	141,15	140,21	175,25	177,50	186,92	174,59
ZMY	218,69	193,99	190,27	206,25	201,55	165,67	166,36	199,66
ZXF	276,77	243,09	226,17	294,15	263,60	271,04	260,28	281,43
Moy Inter	**213,32**	**190,88**	**180,62**	**207,18**	**195,23**	**194,43**	**191,84**	**194,73**
ET Inter	**54,18**	**39,98**	**47,35**	**60,63**	**37,07**	**36,84**	**30,03**	**41,12**

Tableau 311 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 80%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	318,95	304,73	280,23	333,99	197,85	226,95	191,56	205,63
GYF	354,28	390,51	355,35	356,60	280,74	292,58	267,92	282,11
HLT	300,90	237,40	248,18	288,00	262,28	252,93	230,21	242,96
JSQ	189,71	161,92	97,65	120,93	156,50	151,46	156,82	141,33
JRX	193,20	219,33	158,85	205,92	208,77	214,53	205,32	219,77
MSH	308,91	253,03	259,82	301,57	187,93	177,60	190,49	202,23
TYX	289,10	308,74	288,77	323,08	267,74	275,02	261,71	264,62
WY	222,58	176,78	148,58	133,91	196,96	193,55	195,38	167,97
ZBJ	215,68	224,25	215,17	222,45	237,37	236,70	247,34	245,49
ZDN	306,72	290,60	266,97	293,01	268,24	254,06	257,87	251,81
ZLL	169,84	194,04	139,98	160,24	193,67	198,29	194,11	198,16
ZMY	237,96	217,90	203,24	232,69	199,55	160,77	186,27	208,16
ZXF	321,28	329,74	318,56	344,36	326,70	321,83	305,32	327,35
Moy Inter	263,78	254,54	229,33	255,14	229,56	227,41	222,33	227,51
ET Inter	58,45	63,84	73,57	78,18	46,33	49,40	40,98	47,12

Tableau 312 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

i 100%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	392,42	392,13	379,65	347,24	240,43	276,51	225,15	230,15
GYF	385,96	413,37	404,45	382,02	306,06	298,51	285,57	295,14
HLT	343,40	330,30	318,13	327,29	332,73	359,56	288,26	282,71
JSQ	314,67	294,48	206,67	204,47	249,60	332,39	229,21	240,06
JRX	254,56	278,26	207,78	236,14	272,71	299,76	233,69	280,28
MSH	354,48	334,73	318,53	311,12	269,68	315,27	225,32	277,79
TYX	338,87	320,90	335,13	352,33	318,69	318,86	280,59	322,45
WY	260,52	249,28	204,40	186,77	285,18	238,10	272,75	206,13
ZBJ	269,72	254,30	269,77	243,08	284,31	269,23	302,63	270,50
ZDN	300,44	362,27	311,19	328,44	317,69	324,32	320,93	316,31
ZLL	263,90	268,46	176,58	218,86	222,18	279,45	225,43	228,80
ZMY	260,98	325,33	228,92	223,64	245,39	241,84	234,56	254,94
ZXF	405,71	402,55	398,51	379,32	393,94	396,69	357,42	387,01
Moy Inter	318,90	325,11	289,21	287,75	287,58	303,88	267,81	276,33
ET Inter	52,92	53,28	75,97	67,59	44,59	43,03	41,29	46,01

Contexte /pu/

Tableau 313 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 0%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	335,77	384,17	366,34	380,92	427,20	417,22	378,09	431,38
GYF	561,40	553,78	550,99	560,75	527,04	547,16	479,06	532,16
HLT	425,46	445,05	378,55	414,92	453,61	446,15	386,21	466,49
JSQ	478,90	473,62	447,50	549,48	426,42	448,60	465,77	467,35
JRX	468,69	487,70	504,84	543,44	455,48	481,89	516,86	522,53
MSH	507,98	425,89	447,64	516,39	472,32	492,38	441,03	463,66
TYX	514,06	493,41	493,82	496,98	467,98	495,15	485,81	497,53
WY	494,03	489,50	486,23	488,02	480,02	464,32	469,25	465,82
ZBJ	448,08	482,28	470,75	490,03	464,42	457,67	451,90	468,27
ZDN	448,10	436,44	459,60	452,76	465,77	483,96	455,75	477,00
ZLL	457,46	446,79	468,79	498,19	466,32	499,22	459,52	442,29
ZMY	498,27	475,61	501,92	430,90	451,22	481,04	503,15	456,20
ZXF	397,62	419,56	389,48	370,46	459,84	476,88	485,23	433,24
Moy Inter	464,29	462,60	458,96	476,40	462,90	476,28	459,82	471,07
ET Inter	54,86	41,03	51,70	59,82	23,92	30,29	38,71	29,48

Tableau 314 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 20%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	394,56	392,46	376,78	437,08	450,59	431,70	398,31	441,05
GYF	545,10	537,93	533,78	562,47	590,67	541,89	560,03	580,32
HLT	471,75	483,83	433,80	459,07	508,69	473,42	439,85	493,86
JSQ	547,84	534,29	498,68	529,71	470,09	514,79	474,61	496,35
JRX	522,21	500,01	511,22	546,85	506,66	533,94	540,32	562,54
MSH	532,26	475,38	468,56	549,12	494,40	520,71	477,99	499,65
TYX	539,10	520,43	512,74	517,46	546,63	529,97	531,75	512,65
WY	546,28	566,04	556,94	519,95	538,92	552,65	517,47	534,75
ZBJ	518,27	533,24	501,79	515,03	497,66	490,65	496,90	496,78
ZDN	461,71	462,89	469,25	485,75	499,39	493,18	490,42	501,78
ZLL	471,12	483,98	488,87	508,19	494,63	497,24	509,85	499,16
ZMY	503,79	478,71	503,12	457,96	484,65	503,39	501,32	514,42
ZXF	458,78	465,50	436,76	406,78	506,35	483,56	493,18	477,28
Moy Inter	500,98	494,98	484,02	499,65	506,87	505,16	494,77	508,51
ET Inter	44,53	42,86	45,57	45,30	34,08	31,22	40,69	34,03

Tableau 315 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 40%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	388,35	394,38	362,07	428,61	475,35	429,62	398,56	423,91
GYF	546,59	536,07	528,56	545,07	611,74	548,04	574,23	587,86
HLT	495,24	499,22	445,44	459,56	526,03	502,91	453,83	476,43
JSQ	559,47	529,22	509,05	529,13	476,63	537,74	507,52	498,92
JRX	520,39	509,89	505,96	552,37	525,02	535,06	533,97	547,88
MSH	530,42	495,41	465,72	538,92	498,20	519,83	479,67	504,50
TYX	549,37	538,96	509,23	523,99	542,46	531,02	536,55	531,07
WY	559,87	581,54	568,39	539,89	575,35	578,26	536,17	549,73
ZBJ	530,77	542,78	517,63	527,28	498,12	502,09	488,06	509,86
ZDN	459,11	455,02	485,27	470,19	506,71	499,24	482,74	498,29
ZLL	497,25	491,29	495,48	502,25	494,99	495,16	509,11	515,56
ZMY	511,47	474,53	490,52	463,44	477,99	514,51	505,92	520,64
ZXF	484,27	484,20	467,19	452,64	518,67	482,31	500,34	491,88
Moy Inter	**510,20**	**502,50**	**488,50**	**502,57**	**517,48**	**513,52**	**500,51**	**512,04**
ET Inter	**45,75**	**45,02**	**47,12**	**40,35**	**38,59**	**34,62**	**41,84**	**37,99**

Tableau 316 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 60%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	390,27	401,25	362,44	450,16	469,50	457,43	401,42	406,50
GYF	554,38	537,02	522,29	538,27	602,34	545,80	544,19	588,16
HLT	479,53	492,89	439,00	467,67	504,10	496,81	448,80	469,77
JSQ	544,41	521,71	482,33	520,30	482,83	514,61	515,35	507,93
JRX	518,45	492,32	497,36	538,53	505,70	517,59	525,16	537,31
MSH	524,53	496,94	465,03	525,69	488,54	492,40	480,70	496,08
TYX	542,39	535,49	498,60	516,30	550,72	541,21	526,73	516,89
WY	562,69	572,70	557,64	537,61	570,39	575,41	538,48	549,89
ZBJ	513,55	522,58	492,94	505,24	495,55	501,76	496,22	476,77
ZDN	458,73	460,38	469,49	467,93	484,86	476,61	466,90	483,78
ZLL	487,57	486,89	480,23	476,60	500,34	476,95	490,53	508,12
ZMY	502,64	455,66	474,85	458,15	480,33	510,24	494,61	524,06
ZXF	467,71	481,04	483,24	465,07	503,04	472,17	518,97	502,86
Moy Inter	**503,60**	**496,68**	**478,88**	**497,50**	**510,63**	**506,08**	**496,01**	**505,24**
ET Inter	**45,56**	**41,78**	**43,41**	**32,49**	**37,81**	**32,06**	**38,34**	**41,85**

Tableau 317 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 80%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	357,91	402,26	371,74	419,65	475,06	469,59	402,58	391,12
GYF	552,35	557,35	528,17	533,53	590,12	501,35	527,37	567,95
HLT	476,11	468,87	402,24	457,83	486,55	496,39	423,39	478,71
JSQ	515,39	500,77	458,68	504,98	481,16	508,88	485,85	486,69
JRX	500,83	485,38	478,36	495,83	510,45	480,06	487,01	512,16
MSH	520,43	471,63	443,47	517,33	457,81	467,14	457,78	467,33
TYX	540,16	517,87	477,86	512,99	519,54	539,28	515,05	538,56
WY	540,35	555,24	518,12	529,68	530,91	557,62	510,52	520,24
ZBJ	465,78	495,35	458,66	468,40	470,10	474,65	483,73	457,66
ZDN	448,37	435,41	460,57	454,34	466,00	464,30	451,51	472,93
ZLL	475,47	456,30	462,51	452,57	488,99	472,60	471,96	500,87
ZMY	468,35	428,11	470,65	460,70	463,59	502,40	470,14	532,10
ZXF	461,03	452,68	463,36	484,86	496,42	457,77	496,56	481,83
Moy Inter	**486,35**	**479,02**	**461,11**	**484,05**	**495,13**	**491,70**	**475,65**	**492,94**
ET Inter	**49,56**	**44,71**	**39,42**	**33,46**	**34,76**	**28,98**	**34,19**	**42,47**

Tableau 318 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

u 100%	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	408,80	442,34	361,19	383,50	495,93	446,33	379,59	367,06
GYF	507,89	553,30	510,84	527,05	481,52	468,93	474,76	466,76
HLT	451,09	481,57	359,03	413,67	440,74	504,00	411,89	427,32
JSQ	442,79	481,28	440,98	472,71	445,64	486,92	429,71	467,87
JRX	489,09	469,32	422,82	439,59	478,06	462,56	441,15	440,22
MSH	518,28	486,91	440,67	484,24	422,51	460,29	428,42	441,75
TYX	540,55	543,75	500,11	550,47	496,93	535,44	495,55	561,95
WY	504,09	548,19	491,37	515,05	502,80	550,43	485,50	479,04
ZBJ	430,14	505,40	456,85	444,58	460,55	482,15	465,02	428,64
ZDN	446,83	465,94	451,71	454,66	453,65	476,61	424,09	484,77
ZLL	468,69	459,29	454,74	447,04	449,68	474,93	430,90	459,91
ZMY	450,33	427,07	422,66	451,39	431,56	481,36	419,08	493,19
ZXF	468,43	428,26	388,62	456,65	501,26	462,49	467,14	490,81
Moy Inter	**471,31**	**484,05**	**438,58**	**464,66**	**466,22**	**484,04**	**442,52**	**462,25**
ET Inter	**36,80**	**41,33**	**46,32**	**43,95**	**26,91**	**28,75**	**31,74**	**43,74**

Les largeurs des bandes formantiques

Contexte /pa/

Tableau 319 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F1 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /a/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ F1	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	269	206	184	217	263	276	292	358
GYF	174	180	237	203	101	132	206	154
HLT	453	412	411	252	136	441	249	368
JSQ	269	167	121	196	112	110	162	99
JRX	294	183	115	104	302	189	225	192
MSH	93	149	130	96	132	115	218	103
TYX	173	274	132	204	158	251	103	254
WY	211	153	183	237	122	154	209	150
ZBJ	161	153	165	216	163	137	125	179
ZDN	125	151	116	187	165	228	139	123
ZLL	116	205	140	115	164	265	204	225
ZMY	121	161	199	113	121	224	153	226
ZXF	230	228	158	177	174	225	242	252
Moy Inter	206,85	201,69	176,23	178,23	162,54	211,31	194,38	206,38
ET Inter	98,35	73,00	79,44	53,25	58,49	89,98	54,55	86,72

Tableau 320 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F2 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /a/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ F2	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	264	329	158	156	118	169	120	115
GYF	189	136	110	197	124	132	225	269
HLT	295	248	276	241	348	225	309	255
JSQ	230	114	115	272	157	127	126	160
JRX	355	283	200	305	151	137	218	82
MSH	215	101	116	192	112	182	261	131
TYX	236	186	170	140	190	153	317	234
WY	152	194	158	167	188	188	159	181
ZBJ	133	199	102	155	145	141	192	145
ZDN	219	174	147	266	141	187	127	181
ZLL	189	149	110	101	226	227	161	192
ZMY	330	143	146	139	105	251	288	187
ZXF	242	156	197	190	195	187	117	132
Moy Inter	234,54	185,54	154,23	193,92	169,23	177,38	201,54	174,15
ET Inter	64,63	66,52	48,98	60,63	64,91	39,46	73,78	55,05

Tableau 321 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F3 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /a/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ F3	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	89	132	184	151	200	333	306	296
GYF	438	374	234	588	129	183	257	315
HLT	248	278	249	334	131	158	188	153
JSQ	143	127	345	156	138	176	203	193
JRX	132	173	175	243	216	169	157	111
MSH	136	176	271	182	258	223	387	145
TYX	197	290	108	340	132	198	242	195
WY	120	116	136	141	201	101	177	176
ZBJ	379	291	232	213	296	137	232	513
ZDN	164	204	169	166	503	282	297	360
ZLL	257	203	251	241	288	304	323	390
ZMY	237	175	179	199	377	429	367	226
ZXF	161	221	147	139	175	137	190	153
Moy Inter	**207,77**	**212,31**	**206,15**	**237,92**	**234,15**	**217,69**	**255,85**	**248,15**
ET Inter	**103,42**	**76,47**	**64,81**	**124,54**	**110,85**	**93,75**	**74,59**	**118,55**

Tableau 322 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F4 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /a/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/ F4	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	233	290	222	239	234	406	326	421
GYF	292	521	119	678	324	492	699	355
HLT	234	350	535	525	167	346	285	211
JSQ	149	271	360	432	270	450	431	205
JRX	252	430	530	250	472	663	425	294
MSH	394	542	286	429	340	326	253	203
TYX	322	210	320	601	533	262	578	388
WY	307	311	283	220	315	169	294	465
ZBJ	573	330	495	503	166	146	557	391
ZDN	397	449	376	385	351	436	494	453
ZLL	215	214	275	236	255	295	328	450
ZMY	564	645	590	399	333	537	366	424
ZXF	401	415	452	459	345	325	379	393
Moy Inter	**333,31**	**382,92**	**372,54**	**412,00**	**315,77**	**373,31**	**416,54**	**357,92**
ET Inter	**129,11**	**132,07**	**139,85**	**145,87**	**104,75**	**145,18**	**132,58**	**97,31**

Contexte /pi/

Tableau 323 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F1 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /i/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ F1	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	239	188	156	295	727	415	530	536
GYF	110	164	113	99	636	456	410	503
HLT	190	185	195	178	440	389	310	330
JSQ	170	223	195	193	534	515	431	513
JRX	129	111	168	149	527	510	493	473
MSH	141	118	195	193	658	521	579	520
TYX	165	182	226	208	610	592	483	402
WY	243	182	198	208	610	589	516	462
ZBJ	128	179	113	145	582	681	533	608
ZDN	181	206	223	212	373	467	469	442
ZLL	126	109	158	121	431	437	480	500
ZMY	186	193	168	155	563	528	477	488
ZXF	226	229	239	192	335	311	342	257
Moy Inter	**171,85**	**174,54**	**180,54**	**180,62**	**540,46**	**493,15**	**465,62**	**464,15**
ET Inter	**44,54**	**39,48**	**39,55**	**49,29**	**116,26**	**96,76**	**75,98**	**91,32**

Tableau 324 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F2 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /i/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ F2	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	246	200	254	205	462	540	463	576
GYF	149	145	234	106	419	414	399	323
HLT	482	483	605	572	442	480	332	371
JSQ	257	242	297	325	464	336	386	362
JRX	276	201	262	225	434	516	382	375
MSH	149	263	148	223	483	445	519	548
TYX	221	160	221	198	575	600	570	510
WY	279	276	298	201	465	413	404	361
ZBJ	247	264	284	199	323	319	309	284
ZDN	111	117	201	192	347	360	297	318
ZLL	277	278	288	256	248	241	277	230
ZMY	253	221	276	221	361	326	392	361
ZXF	254	384	378	350	220	235	263	214
Moy Inter	**246,23**	**248,77**	**288,15**	**251,77**	**403,31**	**401,92**	**384,08**	**371,77**
ET Inter	**89,70**	**98,60**	**110,05**	**113,77**	**99,41**	**112,56**	**92,08**	**111,87**

Tableau 325 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F3 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /i/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ F3	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	226	278	295	197	496	553	464	404
GYF	395	181	125	313	294	237	300	203
HLT	263	249	325	276	234	238	226	257
JSQ	203	149	185	127	319	415	399	436
JRX	377	391	376	351	371	382	428	355
MSH	214	193	221	189	260	214	291	242
TYX	215	236	195	219	327	368	242	378
WY	295	206	277	250	326	320	350	341
ZBJ	244	306	214	216	236	268	279	311
ZDN	252	295	260	305	347	405	343	318
ZLL	374	343	353	337	247	195	190	222
ZMY	257	232	254	230	421	351	405	366
ZXF	239	272	206	248	264	268	315	253
Moy Inter	273,38	256,23	252,77	250,62	318,62	324,15	325,54	314,31
ET Inter	66,54	67,78	71,78	64,30	77,33	101,37	82,49	73,69

Tableau 326 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F4 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /i/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/ F4	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	278	252	322	224	492	319	334	524
GYF	337	144	230	161	332	290	347	304
HLT	314	392	321	277	354	283	318	310
JSQ	234	254	216	270	372	422	317	383
JRX	231	292	232	213	293	250	331	330
MSH	180	178	211	184	458	356	443	465
TYX	243	295	309	286	419	466	341	423
WY	318	270	295	263	399	449	389	489
ZBJ	338	427	423	325	342	275	298	241
ZDN	335	378	312	393	404	346	356	312
ZLL	333	340	336	389	196	223	268	258
ZMY	269	263	244	235	309	368	338	453
ZXF	309	214	244	256	225	285	215	219
Moy Inter	286,08	284,54	284,23	267,38	353,46	333,23	330,38	362,38
ET Inter	51,17	82,95	61,33	69,91	85,10	76,48	54,64	100,38

Contexte /pu/

Tableau 327 : Largeur de bande de F1 (Hz) de /u/, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, à partir des moyennes intra-individuelles : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ F1	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	188	118	152	135	276	293	312	278
GYF	178	182	147	113	232	240	279	294
HLT	161	171	149	158	320	280	321	334
JSQ	146	145	224	225	298	229	272	339
JRX	186	196	145	175	192	145	180	194
MSH	126	170	203	165	212	172	316	137
TYX	138	148	148	183	266	341	267	277
WY	240	178	165	158	230	215	280	211
ZBJ	165	176	139	101	185	135	163	122
ZDN	159	171	133	173	274	272	218	202
ZLL	162	153	100	154	267	227	236	226
ZMY	155	109	168	161	354	327	399	279
ZXF	186	214	161	179	266	285	312	191
Moy Inter	**168,46**	**163,92**	**156,46**	**160,00**	**259,38**	**243,15**	**273,46**	**237,23**
ET Inter	**28,61**	**29,16**	**30,78**	**31,48**	**48,89**	**64,99**	**63,46**	**69,11**

Tableau 328 : Largeur de bande de F2 (Hz) de /u/, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, à partir des moyennes intra-individuelles : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ F2	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	330	350	413	316	444	461	510	652
GYF	435	307	296	386	341	319	427	409
HLT	158	235	278	178	260	247	284	348
JSQ	362	268	367	309	425	488	466	499
JRX	238	272	235	285	466	509	516	561
MSH	245	266	311	231	382	318	446	381
TYX	283	283	214	203	427	352	312	362
WY	322	220	307	322	421	461	483	512
ZBJ	326	327	298	321	367	427	420	467
ZDN	278	221	304	279	367	326	385	386
ZLL	292	276	257	215	383	385	307	386
ZMY	341	391	407	353	301	343	353	302
ZXF	317	386	408	361	281	353	300	301
Moy Inter	**302,08**	**292,46**	**315,00**	**289,15**	**374,23**	**383,77**	**400,69**	**428,15**
ET Inter	**67,03**	**56,94**	**65,58**	**64,94**	**64,09**	**78,81**	**82,83**	**104,22**

Tableau 329 : Largeur de bande de F3 (Hz) de /u/, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, à partir des moyennes intra-individuelles : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ F3	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	458	437	428	382	350	406	438	509
GYF	180	209	215	223	512	445	564	585
HLT	363	308	381	353	518	465	445	447
JSQ	248	285	388	291	408	340	320	473
JRX	244	299	330	288	299	321	363	321
MSH	399	343	277	344	558	468	573	514
TYX	398	436	363	429	299	411	342	434
WY	386	429	386	322	455	466	417	486
ZBJ	453	355	343	309	441	357	355	386
ZDN	230	300	301	404	490	448	410	373
ZLL	321	386	422	364	367	279	343	343
ZMY	288	300	322	308	322	365	323	321
ZXF	323	329	322	345	356	446	416	386
Moy Inter	**330,08**	**339,69**	**344,46**	**335,54**	**413,46**	**401,31**	**408,38**	**429,08**
ET Inter	**88,34**	**67,77**	**59,66**	**54,32**	**88,49**	**62,81**	**82,85**	**82,19**

Tableau 330 : Largeur de bande de F4 (Hz) de /u/, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, à partir des moyennes intra-individuelles : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/ F4	*VM*				*VC*			
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	353	308	430	305	691	723	801	651
GYF	399	408	363	399	480	512	611	505
HLT	400	503	450	410	397	491	431	339
JSQ	320	442	573	448	491	474	434	466
JRX	236	294	203	253	484	488	510	501
MSH	458	416	428	533	509	454	487	461
TYX	534	491	402	413	268	342	479	256
WY	232	300	279	246	524	463	427	451
ZBJ	255	271	386	403	419	472	494	506
ZDN	257	322	298	321	373	413	310	299
ZLL	341	294	312	343	439	479	508	379
ZMY	416	344	453	417	254	329	302	214
ZXF	321	289	271	352	388	314	386	322
Moy Inter	347,85	360,15	372,92	372,54	439,77	458,00	475,38	411,54
ET Inter	91,81	81,37	98,83	80,05	113,51	103,65	128,65	122,54

Les fréquences de modulation en voix chuchotée

Contexte /pa/

Tableau 331 : Fréquence de modulation (Hz) de /a/, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée, à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs mesurées.

/a/	*VC*			
	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	76	96	80	73
GYF	72	63	70	91
HLT	91	103	73	106
JSQ	136	91	95	134
JRX	82	87	95	114
MSH	103	87	97	102
TYX	88	84	98	88
WY	113	82	63	74
ZBJ	99	96	66	114
ZDN	98	61	68	61
ZLL	117	81	65	91
ZMY	86	80	80	87
ZXF	76	72	88	80
Moy Inter	95,15	83,31	79,85	93,46
ET Inter	18,58	12,43	13,32	20,07

Tableau 332 : Fréquence de modulation (Hz) de /i/, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée, à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs mesurées.

/i/	*VC*			
	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	92	94	60	98
GYF	114	117	71	62
HLT	93	114	109	98
JSQ	123	70	100	133
JRX	95	105	79	103
MSH	108	84	113	94
TYX	98	63	93	66
WY	84	66	72	86
ZBJ	57	62	71	91
ZDN	130	112	70	129
ZLL	70	54	50	61
ZMY	61	84	63	66
ZXF	82	52	63	59
Moy Inter	92,85	82,85	78,00	88,15
ET Inter	22,39	23,57	19,69	24,82

Tableau 333 : Fréquence de modulation (Hz) de /u/, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée, à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs mesurées.

/u/	*VC*			
	T1	T2	T3	T4
sujet	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra	Moy Intra
FSY	72	71	97	68
GYF	73	53	60	80
HLT	86	49	85	64
JSQ	102	75	60	69
JRX	120	79	107	135
MSH	72	51	70	61
TYX	84	64	93	56
WY	88	57	52	89
ZBJ	65	59	55	68
ZDN	68	61	51	67
ZLL	82	64	59	69
ZMY	67	66	66	74
ZXF	80	85	82	112
Moy Inter	81,46	64,15	72,08	77,85
ET Inter	15,52	10,95	18,68	22,36

Les bandes critiques (Bark) auxquelles les formants correspondent

Tableau 334 : Les moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants de /a/ et bandes critiques (Bark) correspondantes : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/a/	*VM*								*VC*							
	F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)		F4 (Hz)		F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)		F4 (Hz)	
phase	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark
0%	882	8	1583	11	3003	16	4142	18	949	8	1690	12	3047	16	4126	18
20%	1072	9	1663	12	2941	16	4175	18	1176	10	1793	12	3038	16	4162	18
40%	1132	9	1669	12	2937	16	4172	18	1209	10	1777	12	3039	16	4165	18
60%	1112	9	1682	12	2926	16	4179	18	1195	10	1778	12	3033	16	4167	18
80%	993	8	1746	12	2966	16	4233	18	1109	9	1802	12	3026	16	4207	18
100%	659	6	1745	12	3034	16	4362	18	896	8	1808	12	3081	16	4327	18

Tableau 335 : Les moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants de /i/ et bandes critiques (Bark) correspondantes : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/i/	*VM*								*VC*							
	F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)		F4 (Hz)		F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)		F4 (Hz)	
phase	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark
0%	313	3	2835	15	3305	16	4200	18	410	4	2716	15	3303	16	4205	18
20%	340	3	2979	16	3653	17	4404	18	394	4	2958	16	3667	17	4462	18
40%	334	3	2994	16	3696	17	4448	18	392	4	2984	16	3721	17	4500	18
60%	337	3	3002	16	3626	17	4448	18	391	4	2982	16	3668	17	4483	18
80%	348	4	2922	16	3426	17	4442	18	383	4	2894	15	3521	17	4455	18
100%	329	3	2743	15	3244	16	4462	18	382	4	2692	15	3298	16	4439	18

Tableau 336 : Les moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants de /u/ et bandes critiques (Bark) correspondantes : voix modale (à gauche) *vs* voix chuchotée (à droite).

/u/	*VM*								*VC*							
	F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)		F4 (Hz)		F1 (Hz)		F2 (Hz)		F3 (Hz)		F4 (Hz)	
phase	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark	Moy Inter	Bark
0%	313	3	1190	10	2568	15	4237	18	410	4	1242	10	2603	15	4298	18
20%	340	3	926	8	2487	14	4243	18	394	4	1181	10	2501	14	4302	18
40%	334	3	918	8	2468	14	4238	18	392	4	1162	9	2476	14	4293	18
60%	337	3	992	8	2477	14	4223	18	391	4	1155	9	2486	14	4282	18
80%	348	4	1148	9	2523	15	4222	18	383	4	1185	10	2532	15	4285	18
100%	329	3	1296	10	2598	15	4280	18	382	4	1281	10	2624	15	4313	18

Index des tableaux

Tableau 1 : Le système consonantique du mandarin transcrit en API et en Pinyin selon Duanmu (2007)..... 9
Tableau 2 : Les voyelles du mandarin et leurs allophones en API..... 10
Tableau 3 : Le système vocalique du mandarin (semi-voyelles incluses) en API..... 11
Tableau 4 : Les rimes du mandarin transcrites en Pinyin et en API selon Wang (1985) et Duanmu (2007)..... 12
Tableau 5 : Les combinaisons disponibles d'attaque et de rime en mandarin, transcrites en Pinyin..... 17
Tableau 6 : Les mots correspondant aux syllabes engagées dans le corpus..... 99
Tableau 7 : Le corpus présenté aux sujets pendant les enregistrements..... 100
Tableau 8 : Significativité des divergences des durées vocaliques dans /pa/ entre les quatre tons en voix modale..... 115
Tableau 9 : Significativité des divergences des durées vocaliques dans /pa/ entre les quatre tons en voix chuchotée..... 116
Tableau 10 : Significativité des divergences des durées vocaliques dans /pi/ entre les quatre tons en voix modale..... 117
Tableau 11 : Significativité des divergences des durées vocaliques dans /pi/ entre les quatre tons en voix chuchotée..... 117
Tableau 12 : Significativité des divergences des durées vocaliques dans /pu/ entre les quatre tons en voix modale..... 119
Tableau 13 : Significativité des divergences des durées vocaliques dans /pu/ entre les quatre tons en voix chuchotée..... 119
Tableau 14 : Significativité statistique dans les divergences des durées vocaliques entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix modale..... 120
Tableau 15 : Significativité statistique dans les divergences des durées vocaliques entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix chuchotée..... 122
Tableau 16 : Significativité des divergences des durées du VOT dans /pa/ entre les quatre tons en voix modale..... 123
Tableau 17 : Significativité des divergences des durées du VOT dans /pa/ entre les quatre tons en voix chuchotée..... 123
Tableau 18 : Significativité des divergences des durées du VOT dans /pi/ entre les quatre tons en voix modale..... 125
Tableau 19 : Significativité des divergences des durées du VOT dans /pi/ entre les quatre tons en voix chuchotée..... 125
Tableau 20 : Significativité des divergences des durées du VOT dans /pu/ entre les quatre tons en voix modale..... 126
Tableau 21 : Significativité des divergences des durées du VOT dans /pu/ entre les quatre tons en voix chuchotée..... 126
Tableau 22 : Significativité statistique dans les divergences des durées du VOT entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix modale..... 128
Tableau 23 : Significativité statistique dans les divergences des durées du VOT entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix chuchotée..... 130
Tableau 24 : Significativité des divergences des tenues consonantiques dans /pa/ entre les quatre tons en voix modale..... 131
Tableau 25 : Significativité des divergences des tenues consonantiques dans /pa/ entre les quatre tons en voix chuchotée..... 132

Tableau 26 : Significativité des divergences des tenues consonantiques dans /pi/ entre les quatre tons en voix modale. 133
Tableau 27 : Significativité des divergences des tenues consonantiques dans /pi/ entre les quatre tons en voix chuchotée. 133
Tableau 28 : Significativité des divergences des tenues consonantiques dans /pu/ entre les quatre tons en voix modale. 135
Tableau 29 : Significativité des divergences des tenues consonantiques dans /pu/ entre les quatre tons en voix chuchotée. 135
Tableau 30 : Significativité statistique dans les divergences des tenues consonantiques entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix modale. 136
Tableau 31 : Significativité statistique dans les divergences des tenues consonantiques entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix chuchotée. 138
Tableau 32 : Significativité des divergences des durées syllabiques de /pa/ entre les quatre tons en voix modale. 140
Tableau 33 : Significativité des divergences des durées syllabiques de /pa/ entre les quatre tons en voix chuchotée. 140
Tableau 34 : Significativité des divergences des durées syllabiques de /pi/ entre les quatre tons en voix modale. 141
Tableau 35 : Significativité des divergences des durées syllabiques de /pi/ entre les quatre tons en voix chuchotée. 141
Tableau 36 : Significativité des divergences des durées syllabiques de /pu/ entre les quatre tons en voix modale. 143
Tableau 37 : Significativité des divergences des durées syllabiques de /pu/ entre les quatre tons en voix chuchotée. 143
Tableau 38 : Significativité statistique dans les divergences des durées syllabiques entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix modale. 144
Tableau 39 : Significativité statistique dans les divergences des durées syllabiques entre les contextes et entre les tons en voix chuchotée. 146
Tableau 40 : Significativité des divergences des ratios voyelle/consonne dans /pa/ entre les quatre tons en voix modale. 147
Tableau 41 : Significativité des divergences des ratios voyelle/consonne dans /pa/ entre les quatre tons en voix chuchotée. 148
Tableau 42 : Significativité des divergences des ratios voyelle/consonne dans /pi/ entre les quatre tons en voix modale. 149
Tableau 43 : Significativité des divergences des ratios voyelle/consonne dans /pi/ entre les quatre tons en voix chuchotée. 149
Tableau 44 : Significativité des divergences des ratios voyelle/consonne dans /pu/ entre les quatre tons en voix modale. 151
Tableau 45 : Significativité des divergences des ratios voyelle/consonne dans /pu/ entre les quatre tons en voix chuchotée. 151
Tableau 46 : Significativité statistique dans les divergences des ratios voyelle/consonne entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix modale. 152
Tableau 47 : Significativité statistique dans les divergences des ratios voyelle/consonne entre les contextes syllabiques et entre les tons en voix chuchotée. 154
Tableau 48 : Synthèse de la significativité des effets du facteur mode de phonation sur les paramètres temporels dans les trois contextes. 154
Tableau 49 : Synthèse de la significativité des effets du facteur ton sur les paramètres temporels dans les trois contextes. 155

Tableau 50 : Synthèse de la significativité des effets du facteur ton sur les paramètres temporels, dans les trois contextes. 156
Tableau 51 : Significativité des variations de F0 entre les tons en voix modale, dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pa/. 163
Tableau 52 : Significativité des variations de F0 entre les tons en voix modale, dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pi/. 168
Tableau 53 : Significativité des variations de F0 entre les tons en voix modale, dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pu/. 172
Tableau 54 : Significativité de l'effet du contexte sur les variations de F0 des timbres en voix modale. 174
Tableau 55 : Synthèse de l'effet du ton sur la variation de F0 dans les contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale. 176
Tableau 56 : Synthèse de l'effet du contexte sur la variation de F0 sur les quatre tons en voix modale. 176
Tableau 57 : Significativité des effets du ton et du mode de phonation sur le niveau de l'intensité dans chaque phase de la voyelle /a/, normalisé au niveau du temps. 182
Tableau 58 : Significativité dans les divergences au niveau de l'intensité entre les tons en voix modale, dans le contexte /pa/, normalisé au niveau du temps. 183
Tableau 59 : Significativité dans les divergences au niveau de l'intensité entre les tons en voix chuchotée, dans le contexte /pa/, normalisé au niveau du temps. 184
Tableau 60 : Significativité des effets du ton et du mode de phonation sur le niveau de l'intensité dans chaque phase de la voyelle /i/, normalisé au niveau du temps. 188
Tableau 61 : Significativité dans les divergences au niveau de l'intensité entre les tons en voix modale, dans le contexte /pi/, normalisé au niveau du temps. 189
Tableau 62 : Significativité dans les divergences au niveau de l'intensité entre les tons en voix chuchotée dans le contexte /pi/, normalisé au niveau du temps. 190
Tableau 63 : Significativité des effets du ton et du mode de phonation sur le niveau de l'intensité dans chaque phase de la voyelle /u/, normalisé au niveau du temps. 194
Tableau 64 : Significativité dans les divergences au niveau de l'intensité entre les tons en voix modale, dans le contexte /pu/, normalisé au niveau du temps. 195
Tableau 65 : Significativité dans les divergences au niveau de l'intensité entre les tons en voix chuchotée, dans le contexte /pu/, normalisé au niveau du temps. 196
Tableau 66 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de l'intensité des timbres en voix modale. 199
Tableau 67 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de l'intensité des timbres en voix chuchotée. 200
Tableau 68 : Synthèse de l'effet du mode de phonation sur les divergences au niveau de l'intensité dans toutes les phases des timbres vocaliques, dans les trois contextes. 201
Tableau 69 : Synthèse de l'effet du ton sur les divergences au niveau de l'intensité dans toutes les phases des timbres vocaliques, dans les deux modes de phonation. 201
Tableau 70 : Synthèse de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de l'intensité dans toutes les phases des timbres vocaliques, dans les deux modes de phonation. 203
Tableau 71 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F1 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pa/. 208
Tableau 72 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F2 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pa/. 211

Tableau 73 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F3 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pa/. 214
Tableau 74 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F4 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pa/. 217
Tableau 75 : Les moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants (Hz) et seuils différentiels de variation de fréquence correspondants, dans toutes les phases de /a/ en voix modale. 220
Tableau 76 : Moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants (Hz) et de la largeur des bandes critiques correspondantes dans toutes les phases de /a/ : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 221
Tableau 77 : Moyennes interindividuelles de la largeur des quatre premiers bandes formantiques mesurée à 50% de /a/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 221
Tableau 78 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F1 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pi/. 224
Tableau 79 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F2 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pi/. 227
Tableau 80 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F3 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pi/. 229
Tableau 81 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F4 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pi/. 231
Tableau 82 : Les moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants (Hz) et seuils différentiels de variation de fréquence correspondants, dans toutes les phases de /i/ en voix modale. 234
Tableau 83 : Moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants (Hz) et de la largeur des bandes critiques correspondantes dans toutes les phases de /i/ : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 236
Tableau 84 : Moyennes interindividuelles de la largeur des quatre premiers bandes formantiques mesurée à 50% de /i/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 236
Tableau 85 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F1 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pu/. 239
Tableau 86 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F2 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pu/. 242
Tableau 87 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F3 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pu/. 245
Tableau 88 : Significativité de l'effet du ton sur les Moy Inter de tonie de F4 (Mel) en voix modale (en haut) et en voix chuchotée (en bas) dans toutes les phases de la voyelle dans le contexte /pu/. 247

Tableau 89 : Les moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants (Hz) et seuils différentiels de variation de fréquence correspondants, dans toutes les phases de /u/ en voix modale. 250
Tableau 90 : Moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants (Hz) et largeur des bandes critiques correspondantes dans toutes les phases de /u/ : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 252
Tableau 91 : Moyennes interindividuelles de la largeur des quatre premiers bandes formantiques mesurée à 50% de /u/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 252
Tableau 92 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences en tonie au niveau de F1 (Mel) des timbres en voix modale. 255
Tableau 93 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences en tonie au niveau de F1 (Mel) des timbres en voix chuchotée. 255
Tableau 94 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de F2 (Mel) des timbres en voix modale. 257
Tableau 95 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences au niveau de F2 (Mel) des timbres en voix chuchotée. 258
Tableau 96 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences en tonie au niveau de F3 (Mel) des timbres en voix modale. 259
Tableau 97 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences en tonie au niveau de F3 (Mel) des timbres en voix chuchotée. 260
Tableau 98 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences en tonie au niveau de F4 (Mel) des timbres en voix modale. 262
Tableau 99 : Significativité de l'effet du contexte sur les divergences en tonie au niveau de F4 (Mel) des timbres en voix chuchotée. 263
Tableau 100 : Synthèse de l'effet du facteur mode de phonation sur les divergences spectrales dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/. 265
Tableau 101 : Synthèse de l'effet du facteur ton sur les divergences spectrales en voix modale et en voix chuchotée. 266
Tableau 102 : Synthèse de l'effet du facteur contexte sur les divergences spectrales en voix modale et en voix chuchotée. 269
Tableau 103 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 20% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 348
Tableau 104 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 40% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 348
Tableau 105 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 60% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 349
Tableau 106 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 80% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 349

Tableau 107 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 100% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 350
Tableau 108 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 20% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 350
Tableau 109 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 40% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 351
Tableau 110 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 60% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 351
Tableau 111 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 80% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 352
Tableau 112 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 100% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 352
Tableau 113 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 20% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 353
Tableau 114 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 40% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 353
Tableau 115 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 60% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 354
Tableau 116 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 80% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 354
Tableau 117 : Décalages progressifs au niveau de l'intensité (dB) entre 100% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), calculés à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 355
Tableau 118 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 20% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels..... 356

Tableau 119 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 40% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels..... 356
Tableau 120 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 60% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels..... 357
Tableau 121 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 80% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels..... 357
Tableau 122 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 100% et 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels..... 358
Tableau 123 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 20% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 358
Tableau 124 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 40% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 359
Tableau 125 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 60% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 359
Tableau 126 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 80% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 360
Tableau 127 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 100% et 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels. 360
Tableau 128 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 20% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels..... 361
Tableau 129 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 40% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels..... 361
Tableau 130 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 60% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels..... 362
Tableau 131 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 80% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels..... 362
Tableau 132 : Décalages progressifs en F0 (Hz) entre 100% et 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale, à partir des moyennes intra-individuelles, des moyennes et des écart-types interindividuels..... 363
Tableau 133 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 364
Tableau 134 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 364

Tableau 135 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 364
Tableau 136 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 364
Tableau 137 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 365
Tableau 138 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 365
Tableau 139 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 365
Tableau 140 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 365
Tableau 141 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 366
Tableau 142 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 366
Tableau 143 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 366
Tableau 144 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 366
Tableau 145 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 367
Tableau 146 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 367
Tableau 147 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 367
Tableau 148 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 367
Tableau 149 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 368
Tableau 150 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F1 (Hz/Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 368

Tableau 151 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F1 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 368
Tableau 152 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F1 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 368
Tableau 153 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F1 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 369
Tableau 154 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F1 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 369
Tableau 155 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F1 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 369
Tableau 156 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F1 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 369
Tableau 157 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 370
Tableau 158 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 370
Tableau 159 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 370
Tableau 160 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 370
Tableau 161 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 371
Tableau 162 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 371
Tableau 163 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 371
Tableau 164 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 371
Tableau 165 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 372
Tableau 166 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 372

Tableau 167 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 372
Tableau 168 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 372
Tableau 169 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 373
Tableau 170 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 373
Tableau 171 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 373
Tableau 172 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 373
Tableau 173 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 374
Tableau 174 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F2 (Hz) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 374
Tableau 175 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 374
Tableau 176 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 374
Tableau 177 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 375
Tableau 178 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 375
Tableau 179 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 375
Tableau 180 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 375
Tableau 181 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 376
Tableau 182 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 376

Tableau 183 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 376
Tableau 184 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 376
Tableau 185 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 377
Tableau 186 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 377
Tableau 187 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 377
Tableau 188 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 377
Tableau 189 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 378
Tableau 190 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 378
Tableau 191 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 378
Tableau 192 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F2 (Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 378
Tableau 193 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 379
Tableau 194 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 379
Tableau 195 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 379
Tableau 196 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 379
Tableau 197 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 380
Tableau 198 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 380

Tableau 199 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 380
Tableau 200 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 380
Tableau 201 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 381
Tableau 202 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 381
Tableau 203 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 381
Tableau 204 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 381
Tableau 205 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 382
Tableau 206 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 382
Tableau 207 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 382
Tableau 208 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 382
Tableau 209 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 383
Tableau 210 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F3 (Hz) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 383
Tableau 211 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 383
Tableau 212 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 383
Tableau 213 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 384
Tableau 214 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 384

Tableau 215 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 384
Tableau 216 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 384
Tableau 217 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 385
Tableau 218 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 385
Tableau 219 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 385
Tableau 220 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 385
Tableau 221 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 386
Tableau 222 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 386
Tableau 223 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 386
Tableau 224 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 386
Tableau 225 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 387
Tableau 226 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 387
Tableau 227 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 387
Tableau 228 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F3 (Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 387
Tableau 229 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 388
Tableau 230 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 388

Tableau 231 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 388
Tableau 232 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 388
Tableau 233 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 389
Tableau 234 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 389
Tableau 235 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 389
Tableau 236 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 389
Tableau 237 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 390
Tableau 238 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 390
Tableau 239 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 390
Tableau 240 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 390
Tableau 241 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 391
Tableau 242 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 391
Tableau 243 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 391
Tableau 244 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 391
Tableau 245 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 392
Tableau 246 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des valeurs de F4 (Hz) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 392

Tableau 247 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 392
Tableau 248 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 392
Tableau 249 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 393
Tableau 250 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 393
Tableau 251 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 393
Tableau 252 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 393
Tableau 253 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 394
Tableau 254 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 394
Tableau 255 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 394
Tableau 256 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 394
Tableau 257 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 395
Tableau 258 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 395
Tableau 259 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 395
Tableau 260 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 395
Tableau 261 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 396
Tableau 262 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 396

Tableau 263 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 396
Tableau 264 : Les moyennes et écart-types intra- et interindividuels des tonies de F4 (Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 396
Tableau 265 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 397
Tableau 266 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 397
Tableau 267 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 398
Tableau 268 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 398
Tableau 269 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 398
Tableau 270 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 399
Tableau 271 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 399
Tableau 272 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 400
Tableau 273 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 400
Tableau 274 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 400
Tableau 275 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 401
Tableau 276 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 401
Tableau 277 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 402
Tableau 278 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 402

Tableau 279 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 403
Tableau 280 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 403
Tableau 281 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 403
Tableau 282 : Les écarts entre F1 et F2 (Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 404
Tableau 283 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 404
Tableau 284 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 405
Tableau 285 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 405
Tableau 286 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 405
Tableau 287 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 406
Tableau 288 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 406
Tableau 289 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 407
Tableau 290 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 407
Tableau 291 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 408
Tableau 292 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 408
Tableau 293 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 408
Tableau 294 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 409

Tableau 295 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 409
Tableau 296 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 410
Tableau 297 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 410
Tableau 298 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 410
Tableau 299 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 411
Tableau 300 : Les écarts entre F2 et F3 (Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 411
Tableau 301 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 0% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 412
Tableau 302 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 20% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 412
Tableau 303 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 40% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 413
Tableau 304 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 60% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 413
Tableau 305 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 80% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 413
Tableau 306 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 100% de /a/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 414
Tableau 307 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 0% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 414
Tableau 308 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 20% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 415
Tableau 309 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 40% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 415
Tableau 310 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 60% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 415

Tableau 311 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 80% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 416
Tableau 312 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 100% de /i/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 416
Tableau 313 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 0% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 417
Tableau 314 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 20% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 417
Tableau 315 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 40% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 418
Tableau 316 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 60% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 418
Tableau 317 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 80% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 419
Tableau 318 : Les écarts entre F3 et F4 (Mel) à 100% de /u/ normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, calculés à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 419
Tableau 319 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F1 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /a/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 420
Tableau 320 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F2 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /a/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 420
Tableau 321 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F3 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /a/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 421
Tableau 322 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F4 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /a/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 421
Tableau 323 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F1 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /i/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 422
Tableau 324 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F2 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /i/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 422
Tableau 325 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F3 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /i/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 423
Tableau 326 : Les moyennes et écart-types interindividuels des largeurs des bandes de F4 (Hz) sur les quatre tons, à partir des moyennes intraindividuelles mesurées à 50% de /i/ normalisée au niveau du temps : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 423

Tableau 327 : Largeur de bande de F1 (Hz) de /u/, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, à partir des moyennes intra-individuelles : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 424
Tableau 328 : Largeur de bande de F2 (Hz) de /u/, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, à partir des moyennes intra-individuelles : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 424
Tableau 329 : Largeur de bande de F3 (Hz) de /u/, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, à partir des moyennes intra-individuelles : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 424
Tableau 330 : Largeur de bande de F4 (Hz) de /u/, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons, à partir des moyennes intra-individuelles : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 425
Tableau 331 : Fréquence de modulation (Hz) de /a/, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée, à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs mesurées. 425
Tableau 332 : Fréquence de modulation (Hz) de /i/, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée, à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs mesurées. 426
Tableau 333 : Fréquence de modulation (Hz) de /u/, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée, à partir des moyennes intra-individuelles des valeurs mesurées. 426
Tableau 334 : Les moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants de /a/ et bandes critiques (Bark) correspondantes : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 426
Tableau 335 : Les moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants de /i/ et bandes critiques (Bark) correspondantes : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 427
Tableau 336 : Les moyennes interindividuelles des fréquences centrales des quatre premiers formants de /u/ et bandes critiques (Bark) correspondantes : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 427

Index des figures

Figure 1 : Les groupes linguistiques de la Chine continentale et de Taiwan en 2008. 3
Figure 2 : La forme canonique de la structure syllabique du mandarin (Howie 1976). 16
Figure 3 : Le modèle multiple X-plot de la structure syllabique du mandarin (adaptée de Zhang 2008). 16
Figure 4 : Les registres et contours mélodiques des tons lexicaux du mandarin selon Chao (1930). 20
Figure 5 : La représentation d'un ton haut et descendant avec différents TBU définis selon les théories existantes (adaptée de Zhang 2014). 40
Figure 6 : Les quatre tons du mandarin produits isolément (adaptée de Whalen et Xu, 1992), avec H représentant le ton 1, R le ton 2, L le ton 3 (en citation) et F le ton 4. 47
Figure 7: Les contours du pitch de différents types de tons montants et descendants (Yip, 2001). 50
Figure 8 : La cavité du larynx (Lamby in Fant et Scully 1975, cité in Calliope et Fant 1989 : 23). 56
Figure 9 : Représentation schématique du larynx (Ranke et Lullies 1953, cité in Calliope et Fant 1989 : 21). 57
Figure 10 : Vue en coupe du larynx dans le plan coronal. D'après Voice Center, Eastern Virginia Medical School (Bailly 2009). 58
Figure 11 : La glotte en position de phonation/voisement (Pernkopf 1952, cité in Calliope et Fant 1989 : 26). 62
Figure 12 : La glotte en position de la voix chuchotée (Pernkopf 1952, cité in Calliope et Fant 1989 : 26). 65
Figure 13 : Schéma anatomique du système auditif périphérique (adaptée de Dolmazon 1980). 69
Figure 14 : Schéma d'une coupe transversale d'un tour de cochlée (Dolmazon 1980). 70
Figure 15 : Représentation schématique des voies auditives (Glendenning et Hutson 1998). 71
Figure 16 : Représentation très schématisée du système auditif central (Calliope et Fant 1989). 72
Figure 17 : Un exemple de la modulation en amplitude et de la modulation en fréquence, avec un signal modulant à une fréquence basse superposé à des signaux à des fréquences hautes (adaptée de Duffy et al. 2013). 74
Figure 18 : Seuil différentiel de fréquence (Δf) de bruit de bande passe-bas ou passe-haut, de fréquence de coupure 1000 Hz, en fonction de la fréquence de modulation (f_{mod}) (Zwicker et Feldtkeller 1981). 77
Figure 19 : Seuil différentiel de fréquence (Δf) de bruit de bande passe-bas (tiret) ou passe-haut (pointillés), de fréquence de coupure 1000 Hz, en fonction du niveau de l'intensité (L_G) (Zwicker et Feldtkeller 1981). 77
Figure 20 : Tonie Z en mel d'un son pur en fonction de sa fréquence (Zwicker et Feldtkeller 1981 : 81). 79
Figure 21 : Domaines d'hyper- et d'hypo-articulation en parole, en fonctions des informations du contexte et des informations dans le signal, selon la Théorie de la Variabilité Adaptative (adaptée de Lindblom 1987). 91
Figure 22 : Paramètres intrasegmentaux du signal acoustique de la séquence /ə_pa/ sur le ton 1 en voix modale. 105
Figure 23 : Paramètres intrasegmentaux du signal acoustique de la voyelle /a/ sur le ton 1 en voix modale. 106

Figure 24 : Paramètres intrasegmentaux du signal acoustique de la séquence /ə_pa/ sur le ton 1 en voix chuchotée. 107
Figure 25 : Paramètres intrasegmentaux du signal acoustique de la voyelle /a/ sur le ton 1 en voix chuchotée. 107
Figure 26 : Paramètres acoustiques concernés par la modulation sinusoïdale dans le spectre de la voyelle /a/ au ton 1 en voix chuchotée. 109
Figure 27 : Périodicité dans le signal de l'énoncé /(j)í_kə_pā_tsɿ/ en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite) (Sujet ZMY). 110
Figure 28 : Périodicité dans le spectre de la voyelle /a/ au ton 1 en voix chuchotée (Sujet ZMY). 111
Figure 29 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées vocaliques dans /pa/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 115
Figure 30 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées vocaliques dans /pi/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 117
Figure 31 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées vocaliques dans /pu/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 118
Figure 32 : Comparaison des durées vocaliques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets. 120
Figure 33 : Comparaison des durées vocaliques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix chuchotée, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets. 121
Figure 34 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées du VOT dans /pa/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 123
Figure 35 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées du VOT dans /pi/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 124
Figure 36 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées du VOT dans /pu/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 126
Figure 37 : Comparaison des durées du VOT dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets. 128
Figure 38 : Comparaison des durées du VOT dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix chuchotée, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets. 129
Figure 39 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des tenues consonantiques dans /pa/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 131
Figure 40 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des tenues consonantiques dans /pi/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 133

Figure 41 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des tenues consonantiques dans /pu/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 134
Figure 42 : Comparaison des tenues consonantiques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets. 136
Figure 43 : Comparaison des tenues consonantiques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix chuchotée, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets. 137
Figure 44 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées syllabiques de /pa/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 139
Figure 45 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées syllabiques de /pi/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 141
Figure 46 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des durées syllabiques de /pu/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 142
Figure 47 : Comparaison des durées syllabiques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets. 144
Figure 48 : Comparaison des durées syllabiques dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix chuchotée, sur une base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets. 145
Figure 49 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des ratios voyelle/consonne dans /pa/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 147
Figure 50 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des ratios voyelle/consonne dans /pi/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 149
Figure 51 : Les moyennes interindividuelles et les coefficients d'asymétrie de la distribution des valeurs des ratios voyelle/consonne dans /pu/ chez l'ensemble des sujets : voix modale vs voix chuchotée. 150
Figure 52 : Comparaison des ratios voyelle/consonne dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix modale, sur la base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets. 152
Figure 53 : Comparaison des ratios voyelle/consonne dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ en voix chuchotée, sur la base des moyennes interindividuelles et des coefficients d'asymétries de la distribution des valeurs chez l'ensemble des sujets. 153
Figure 54 : Courbes F0 absolu de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs de F0. 160
Figure 55 : Courbes F0 relatif de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des décalages entre F0 initial et F0 dans les autres phases, normalisées au niveau du temps. 161
Figure 56 : Hauteur relative de F0 (par rapport à un son à 100 Hz) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale. 163
Figure 57 : Courbes F0 de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs de F0. 165

Figure 58 : Courbes F0 de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des décalages entre F0 initial et F0 des autres phases, normalisées au niveau du temps. 166
Figure 59 : Hauteur relative de F0 (par rapport à un son à 100 Hz) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale. 167
Figure 60 : Courbes F0 de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs de F0. 169
Figure 61 : Courbes F0 du /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des décalages entre F0 initial et F0 des autres phases, normalisées au niveau du temps. 171
Figure 62 : Hauteur relative de F0 (par rapport à un son à 100 Hz) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale. 172
Figure 63 : Comparaison des courbes F0 dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/ sur chaque ton en voix modale. 173
Figure 64 : Courbes du niveau de l'intensité de /a/ normalisées au niveau du temps, dans /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée, définies à partir des moyennes interindividuelles du niveau de l'intensité. 180
Figure 65 : Courbes du niveau de l'intensité de /a/ par rapport au niveau initial de l'intensité dans /pa/ sur les quatre tons en voix modale. 181
Figure 66 : Courbes de l'intensité de /a/ par rapport au niveau initial de l'intensité dans /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée. 182
Figure 67 : Les corrélations entre le niveau de l'intensité et F0 dans le timbre de /a/ en voix modale et en voix chuchotée, avec l'effet du ton neutralisé. 185
Figure 68 : Courbes du niveau de l'intensité de /i/ normalisées au niveau du temps, dans /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée, définies à partir des moyennes interindividuelles du niveau de l'intensité. 186
Figure 69 : Courbes de l'intensité de /i/ par rapport au niveau initial de l'intensité dans /pi/ sur les quatre tons en voix modale. 187
Figure 70 : Courbes de l'intensité de /i/ par rapport au niveau initial de l'intensité dans /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée. 188
Figure 71 : Les corrélations entre le niveau de l'intensité et F0 dans le timbre de /i/ en voix modale et en voix chuchotée, avec l'effet du ton neutralisé. 191
Figure 72: Courbes du niveau de l'intensité de /u/ normalisées au niveau du temps, dans /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée, définies à partir des moyennes interindividuelles du niveau de l'intensité. 192
Figure 73 : Les courbes de l'intensité de /u/ par rapport au niveau initial de l'intensité dans /pu/ sur les quatre tons en voix modale. 193
Figure 74 : Courbes de l'intensité de /u/ par rapport au niveau initial de l'intensité dans /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée. 194
Figure 75 : Les corrélations entre le niveau de l'intensité et F0 dans le timbre de /u/ en voix modale et en voix chuchotée, avec l'effet du ton neutralisé. 197
Figure 76 : Courbes de l'intensité dans les timbres de /a i u/ en voix modale, avec le temps normalisé et l'effet du ton neutralisé. 198
Figure 77 : Courbes de l'intensité dans les timbres de /a i u/ en voix chuchotée, avec le temps normalisé et l'effet du ton neutralisé. 198
Figure 78 : Les corrélations entre le niveau de l'intensité et F0 dans les timbres de /a i u/ en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite), avec l'effet du ton neutralisé. 199

Figure 79 : Courbes F1 (Hz) de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F1 : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 207
Figure 80 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F1 de /a/ sur les quatres tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 207
Figure 81 : Courbes F2 (Hz) de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F2 : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 210
Figure 82 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F2 de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 210
Figure 83 : Courbes F3 (Hz) de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F3 : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 213
Figure 84 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F3 de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 213
Figure 85 : Courbes F4 (Hz) de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F4 : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 216
Figure 86 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F4 de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 216
Figure 87 : Courbes des écarts en tonie (Mel) entre les formants voisins dans le spectre de /a/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des écarts entre les fréquences centrales : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 218
Figure 88 : Aperçu global du spectre de /a/ en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite) dans une fenêtre à une largeur de 5000 Hz (exemplaire de /a/ sur T1 de Sujet ZXF). 219
Figure 89 : Moyennes interindividuelles des fréquences porteuses sur les quatre tons dans la modulation sinusoïdale du spectre de /a/ en voix chuchotée. 221
Figure 90 : Courbes F1 (Hz) de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F1 : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 223
Figure 91 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F1 de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 223
Figure 92 : Courbes F2 (Hz) de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F2 : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 226
Figure 93 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F2 de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 226
Figure 94 : Courbes F3 (Hz) de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F3 : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 228
Figure 95 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F3 de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 228
Figure 96 : Courbes F4 (Hz) de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F4 : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 230
Figure 97 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F4 de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 230

Figure 98 : Courbes des écarts en tonie (Mel) entre les formants voisins dans le spectre de /i/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des écarts entre les fréquences centrales : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 233
Figure 99 : Aperçu global du spectre de /i/ en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite) dans une fenêtre à une largeur d'environ 5000 Hz (exemplaire de /i/ sur T1 de Sujet ZXF). 234
Figure 100 : Moyennes interindividuelles des fréquences porteuses sur les quatre tons dans la modulation sinusoïdale du spectre de /i/ en voix chuchotée. 236
Figure 101 : Courbes F1 (Hz) de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F1 : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 238
Figure 102 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F1 de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 239
Figure 103 : Courbes F2 (Hz) de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F2 : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 241
Figure 104 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspond F2 de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 241
Figure 105 : Courbes F3 (Hz) de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles de F3 : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 244
Figure 106 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles correspondF3 de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 244
Figure 107 : Courbes F4 (Hz) de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes des moyennes interindividuelles de F4 : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite).. 246
Figure 108 : Courbes de tonie (Mel) auxquelles F4 de /u/ sur les autre tons correspond, définies à partir des moyennes interindividuelles des valeurs converties : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 246
Figure 109 : Courbes des écarts en tonie (Mel) entre les formants voisins dans le spectre de /u/ sur les quatre tons, définies à partir des moyennes interindividuelles des écarts entre les fréquences centrales : voix modale (à gauche) vs voix chuchotée (à droite). 249
Figure 110 : Aperçu global du spectre de /u/ en voix modale (à gauche) et en voix chuchotée (à droite) dans une fenêtre à une largeur d'environ 5000 Hz (exemplaire de /u/ sur T1 de Sujet ZXF). 250
Figure 111 : Moyennes interindividuelles des fréquences porteuses sur les quatre tons dans la modulation sinusoïdale du spectre de /u/ en voix chuchotée. 252
Figure 112 : Comparaison des courbes de tonie de F1 (Mel) en voix modale et en voix chuchotée dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/, avec l'effet du ton neutralisé. 254
Figure 113 : Comparaison des courbes de tonie de F2 (Mel) en voix modale et en voix chuchotée dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/, avec l'effet du ton neutralisé. 257
Figure 114 : Comparaison des courbes de tonie de F3 (Mel) en voix modale et en voix chuchotée dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/, avec l'effet du ton neutralisé. 259
Figure 115 : Comparaison des courbes de tonie de F4 (Mel) en voix modale et en voix chuchotée dans les trois contextes /pa/ /pi/ /pu/, avec l'effet du ton neutralisé. 261
Figure 116 : Les durées vocaliques (ms) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 324
Figure 117 : Les durées vocaliques (ms) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 324

Figure 118 : Les durées vocaliques (ms) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 325
Figure 119 : Les durées vocaliques (ms) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 325
Figure 120 : Les durées vocaliques (ms) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 326
Figure 121 : Les durées vocaliques (ms) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 326
Figure 122 : Les durées du VOT (ms) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 327
Figure 123 : Les durées du VOT (ms) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 327
Figure 124 : Les durées du VOT (ms) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 328
Figure 125 : Les durées du VOT (ms) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 328
Figure 126 : Les durées du VOT (ms) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 329
Figure 127 : Les durées du VOT (ms) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 329
Figure 128 : Les tenues consonantiques (ms) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 330
Figure 129 : Les tenues consonantiques (ms) dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 330
Figure 130 : Les tenues consonantiques (ms) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 331
Figure 131 : Les tenues consonantiques (ms) dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 331
Figure 132 : Les tenues consonantiques (ms) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 332
Figure 133 : Les tenues consonantiques (ms) dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 332
Figure 134 : Les durées syllabiques (ms) de /pa/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 333
Figure 135 : Les durées syllabiques (ms) de /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 333
Figure 136 : Les durées syllabiques (ms) de /pi/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 334
Figure 137 : Les durées syllabiques (ms) de /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 334
Figure 138 : Les durées syllabiques (ms) de /pu/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 335
Figure 139 : Les durées syllabiques (ms) de /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 335
Figure 140 : Les ratios voyelle/consonne dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 336
Figure 141 : Les ratios voyelle/consonne dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 336

Figure 142 : Les ratios voyelle/consonne dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 337
Figure 143 : Les ratios voyelle/consonne dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 337
Figure 144 : Les ratios voyelle/consonne dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale : les cas des 13 sujets. 338
Figure 145 : Les ratios voyelle/consonne dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 338
Figure 146 : Niveau de l'intensité (dB) à 0% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 339
Figure 147 : Niveau de l'intensité (dB) à 20% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 339
Figure 148 : Niveau de l'intensité (dB) à 40% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 340
Figure 149 : Niveau de l'intensité (dB) à 60% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 340
Figure 150 : Niveau de l'intensité (dB) à 80% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 341
Figure 151 : Niveau de l'intensité (dB) à 100% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pa/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 341
Figure 152 : Niveau de l'intensité (dB) à 0% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 342
Figure 153 : Niveau de l'intensité (dB) à 20% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 342
Figure 154 : Niveau de l'intensité (dB) à 40% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 343
Figure 155 : Niveau de l'intensité (dB) à 60% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 343
Figure 156 : Niveau de l'intensité (dB) à 80% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 344
Figure 157 : Niveau de l'intensité (dB) à 100% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pi/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 344
Figure 158 : Niveau de l'intensité (dB) à 0% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 345

Figure 159 : Niveau de l'intensité (dB) à 20% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 345
Figure 160 : Niveau de l'intensité (dB) à 40% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 346
Figure 161 : Niveau de l'intensité (dB) à 60% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 346
Figure 162 : Niveau de l'intensité (dB) à 80% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 347
Figure 163 : Niveau de l'intensité (dB) à 100% de la voyelle normalisée au niveau du temps, dans le contexte /pu/ sur les quatre tons en voix modale et en voix chuchotée : les cas des 13 sujets. 347

Résumé

Notre recherche est une contribution à l'étude des indices acoustiques secondaires des tons lexicaux en mandarin, comparant les données recueillies en parole modale avec celles obtenues en parole chuchotée. Selon la littérature, ces indices devraient se présenter en tant qu'un ensemble d'attributs dans les dimensions acoustiques du spectre, outre que dans la fréquence fondamentale. Nous avons analysé des attributs temporels, des attributs au niveau de l'intensité, des attributs spectraux, ainsi que leur corrélation avec les tons. Les résultats montrent que certains paramètres temporels et la quatrième résonance du spectre sont étroitement liés au ton. Leurs rapports dépendent de la caractéristique intrinsèque de la voyelle qui porte le ton (équivalente de la rime dans notre recherche).

Abstract

Our research is a contribution to studies on secondary acoustic cues in Mandarin tone identification, by comparing acoustic data collected in modal speech and in whispered speech. According to the literature on the same issue, theses cues could be found in acoustic dimensions other than in the fundamental frequency, as a set of attributes. We have analyzed these attributes in the temporal domain, at the intensity level and in the spectrum, as well as their relations with tones. Our results show that some temporal parameters and the fourth resonance in the spectrum are very closely related to tones. These relations are dependent on the intrinsic characteristics of the vowel that carries the tone (which is equivalent to the rime in our research).