

Les sons sous-jacents aux voyelles nasales en français parisien : indices perceptifs des changements

Julie Montagu

Institut de Linguistique et de Phonétique Générales et Appliquées,
Université Paris 3 & UMR 7018 – 19, rue des Bernardins – 75005 Paris
Tel.: ++33 (0)1 43 26 37 80 – Fax: ++33 (0)1 44 32 05 78
Mèl : titj@club-internet.fr

ABSTRACT

This paper presents the results of a perceptual experiment concerning the underlying oral sounds of French nasal vowels, which are observed in the first part of nasal vowels following an unvoiced stop consonant. The first part (about 30 ms) of 10 oral and nasal natural French vowels following /t/ were inserted as stimuli in an identification test. The results show that the first part of the nasal vowels / $\tilde{\epsilon}$, $\tilde{\alpha}$, $\tilde{\omega}$ / are significantly identified as /a, ɔ, o/ respectively by 20 Parisian auditors. These results confirm previous studies on labial articulation for the two posterior nasal vowels and present new acoustic cues about the underlying oral sound of / $\tilde{\epsilon}$ /. This study might open an interesting way to explain and consider sound change in this French nasal vowel system.

1. INTRODUCTION

Selon la base de donnée UPSID 91 [1], la grande majorité des langues du monde possèdent des consonnes nasales, le phénomène de nasalisation vocalique qui est le résultat de la coarticulation entre une consonne nasale et une voyelle orale adjacente est donc fréquent ; le trait de nasalité n'est par contre distinctif pour les voyelles que dans environ 15 % seulement des langues du monde. C'est le cas du français qui possédait une série de 4 voyelles nasales attestées à la fin du XIX^e siècle, notées [$\tilde{\epsilon}$, $\tilde{\alpha}$, $\tilde{\omega}$, $\tilde{\omega}$] selon l'Alphabet Phonétique International (API) fondé à cette même époque par l'Association Phonétique Internationale. L'unique signe diacritique « ~ » proposé par cette notation entretient une ambiguïté car elle ne permet pas de distinguer entre les deux phénomènes pourtant bien distincts de nasalité et de nasalisation vocalique. Or il a déjà été montré que les voyelles nasales postérieures du français sont articulées avec un ajustement labial précis, en plus de l'abaissement du voile du palais [2, 3, 4]. Les paramètres entrant en jeu dans l'étude de l'articulation des voyelles nasales du français comptent donc en plus de la position du voile du palais, la forme des lèvres et la position de la langue.

Nous présentons dans cet article les résultats d'une première étude perceptive qui s'inscrit le cadre de recherches dont l'objectif principal est d'identifier les indices acoustiques (perceptifs) qui distinguent les

catégories des voyelles orales, nasales et nasalisées. L'observation des sons « sous-jacents » aux voyelles nasales représente un paradigme de recherche simple face à la complexité de l'analyse acoustique traditionnelle de la nasalité vocalique [5]. En effet, la production d'une séquence constituée d'une consonne occlusive sourde suivie d'une voyelle nasale est conditionnée par la contrainte aérodynamique suivante : l'explosion au relâchement de l'occlusion nécessite une augmentation de la pression d'air dans la cavité orale ; ceci suppose qu'il n'y ait pas d'air qui s'échappe de la cavité orale par la cavité nasale [6, 7]. L'effet produit est en quelque sorte un « retardement » de l'abaissement du voile du palais au début de la voyelle qui n'est alors pas encore nasalisée. L'analyse acoustique (moins complexe) de cette première partie d'une voyelle nasale dans un tel contexte devient alors celle de la voyelle orale « sous-jacente » à la nasale. Les informations acoustiques fournies grâce au dispositif d'enregistrement simultané du signal oral et du signal nasal [4, 8], ont facilité la sélection des stimuli extraits du corpus lu par un locuteur parisien. Le test d'identification élaboré à partir de ces stimuli relativement courts, constitués de la consonne /t/ suivie du début des 10 voyelles du corpus (coupées à 30ms), a été mené auprès d'une vingtaine d'auditeurs de la région parisienne. Les résultats acoustiques, mesures formantiques et pourcentages d'identification, sont présentés sous forme de tableaux et interprétés dans la discussion. Cette étude vient confirmer des résultats déjà publiés, mais elle apporte surtout des données acoustiques nouvelles et inattendues concernant la voyelle sous-jacente à la nasale / $\tilde{\epsilon}$ /. Cette étude préliminaire étant basée sur la production d'un seul locuteur, la prudence reste de rigueur. Ce paradigme expérimental mérite toutefois d'être davantage approfondi car il pourrait contribuer à expliquer l'évolution du système des voyelles nasales du français et à valider la théorie du changement en chaîne de ce système.

2. MÉTHODOLOGIE DE L'EXPÉRIMENTATION

2.1. Le Corpus et le locuteur

Le corpus est constitué de séquences de type CV, dans lesquelles $C = /t/$ et $V = /i, \epsilon, e, a, \text{ɔ}, o, u, \tilde{\alpha}, \tilde{\text{ɔ}}, \tilde{\epsilon} /$. Ces séquences ont été insérées dans une phrase cadre (Je répète ___ deux fois), les faisant apparaître toujours dans le même contexte accentuel afin de neutraliser les effets prosodiques.

Le corpus a été lu deux fois par un locuteur parisien âgé de 37 ans. Celui-ci n'était pas entraîné phonétiquement, les stimuli recueillis ont donc été articulés naturellement et malgré les conditions de laboratoire et le dispositif d'enregistrement particulier, la prononciation de ce locuteur peut être considérée comme représentative de l'accent parisien typique.

Choix du corpus

La consonne occlusive sourde dentale /t/ a été préférée à la bilabiale /p/ et à la vélaire /k/ car les transitions formantiques prédites par la théorie acoustique, entre une consonne dentale et les voyelles du corpus sont sensiblement les plus « neutres ». En effet, elles sont peu marquées pour les voyelles antérieures /i, e, ε/, on peut seulement prédire un bruit de friction qui peut être assez long (phénomène de palatalisation au contact de ces voyelles antérieures). Les transitions sont plutôt descendantes pour les autres voyelles dont les formants F2 et F3 sont plus bas, la transition de F1 est plate ou montante [9].

Notons qu'il est très probable que cette consonne dentale produise une certaine variation surtout au début des voyelles ; une étude comparée de l'influence du lieu d'articulation sera menée, d'abord au travers des trois consonnes occlusives sourdes, puis des occlusives voisées et ainsi de suite selon d'échelle de sonorité.

Outre les 3 voyelles nasales qui nous intéressent, le choix des 7 autres voyelles orales était moins contraint, à partir du moment où figuraient les voyelles dites « correspondantes » à la notation API, même si nous critiquons cette comparaison. /i, u/ sont les deux autres voyelles cardinales avec /a/, qu'il est toujours bien venu d'étudier et le /e/ équilibre la distribution des voyelles moyennes.

2.2. L'enregistrement

Le corpus a été enregistré sur mini-disque dans la chambre sourde de l'ILPGA, selon un dispositif permettant d'observer simultanément le signal de parole oral et le signal nasal, respectivement recueillis par un micro-cravate et un transducteur ferromagnétique placé dans l'une des narines du locuteur, à l'aide d'une olive nasale [4, 8].

2.3. Les Stimuli

Pour mettre au point ce test d'identification, nous

avons d'abord vérifié grâce au dispositif d'enregistrement simultané du signal oral et du signal nasal, d'une part que le début des voyelles nasales précédées de la consonne /t/ n'était pas encore nasalisé et d'autre part sur un spectrogramme que les formants étaient stables, signe de l'absence de nasalisation.

Nous avons déterminé une durée fixe égale à 30 ms pour toutes les voyelles, en se basant sur la nasale qui présentait la partie « non encore nasalisée » la plus courte. Il ne nous a pas étonné qu'il s'agisse de la voyelle nasale /ɔ̃/, pour laquelle un abaissement minimum du voile du palais produit un effet perceptif de nasalité maximum [10]. Enfin nous avons sélectionné les stimuli définitifs en coupant à 30 ms après le début de chaque voyelle et rajouté 200 ms de silence avant la consonne et après ces segments pour les rendre plus audibles.

Pour le test d'identification de contrôle, nous avons seulement rajouté 200 ms de silence avant la consonne et après la fin de chacune des voyelles entières.

2.4. Pré-test et consignes aux auditeurs

Les 20 auditeurs de la région parisienne (10 femmes et 10 hommes, moyenne d'âge : 30 ans) qui ont participé aux tests d'identification étaient pour la plupart naïfs des distinctions de la phonétique. Ce fait n'exclut pas leur capacité à distinguer des différences phonémiques fines, comme celle qui existe entre les voyelles mi-ouvertes et les mi-fermées présentes dans les tests. Pour sensibiliser les auditeurs à cette différence d'aperture, nous avons établi un pré-test qui consistait à prononcer à haute voix les trois phrases suivantes, contenant ces voyelles :

- J'adore la robe jaune doré de Paule.

[ʒadɔʁlaʁɔbʒɔndɔʁedəpɔl]

- Paul sort son beau manteau couleur d'or en automne.

[pɔlsɔʁsɔbmɑ̃tokulœʁdɔʁɑ̃notɑ̃]

- En été, la mer est trop salée et polluée mais tellement belle.

[ɑ̃nete lamε̃kε̃tɔsɔleɔpolyemetɛlmɑ̃be]

L'hypothèse sous-jacente à ce pré-test étant que si les personnes interrogées ne distinguaient pas au niveau articulatoire ces voyelles moyennes, il y avait peu de probabilité pour qu'elles les distinguent au niveau auditif. Les consignes présentées aux auditeurs étaient les suivantes : « Vous allez répondre à un test d'identification, c'est-à-dire que vous choisirez dans la liste proposée, la voyelle qui correspond le plus au son que vous entendrez. »

« Pour vous familiariser avec les sons proposés, vous pouvez les écouter en cliquant sur "Demo". »

2.5. Le test d'identification

Le test d'identification a été réalisé sur le logiciel PerTest programmé par Shinji Maeda et adapté aux

besoins de l'expérience. Les 10 stimuli répétés 8 fois chacun étaient présentés par ordre aléatoire.

Voici la liste des réponses possibles proposées :

'ta'
 'tO' comme dans "top"
 'to' comme dans "taupe"
 'tou'
 'ti'
 'tE' comme dans "taie"
 'te' comme dans "thé"
 't + autre voyelle'

Comme l'interface du logiciel ne permettait pas d'afficher la police phonétique et les auditeurs n'étant pas phonéticiens, les transcriptions orthographiques choisies pour les voyelles moyennes (majuscule pour les mi-ouvertes et minuscule pour les mi-fermées) ont été complétées par une indication supplémentaire : un exemple de prononciation représenté par un « mot » orthographique.

La durée du test, comprise entre 5 et 10 minutes était dépendante du rythme (vitesse de réponse) et de la concentration de chaque auditeur.

Un second test contenant les voyelles entières a été réalisé auprès de seulement 10 des auditeurs ayant participé au premier test, dans le but de vérifier si les auditeurs identifiaient bien chaque voyelle orale et nasale. Les résultats parfaits, 100% d'identification correcte pour chaque nasale, n'apportent pas d'indices supplémentaires pertinents par rapport au premier test.

3. RÉSULTATS

Table 1 : Résultats en pourcentage (%) du test d'identification du début des voyelles du corpus pour les 20 auditeurs.

| | /u/ | /o/ | /ɔ/ | /a/ | /ɛ/ | /e/ | /i/ | Autre V |
|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|---------|
| [i] | | | | | 3,1 | 1,9 | 94,4 | 0,6 |
| [e] | | | | | 12,5 | 87,5 | | |
| [ɛ] | | | | | 90 | 10 | | |
| [a] | | 0,6 | 0,6 | 97,5 | | | | 1,3 |
| [{ε̃}] | | | 0,6 | 99,4 | | | | |
| [ɔ] | | 5 | 78,8 | 5,6 | | | | 10,6 |
| [{ã}] | | | | | | | | |
|] | | 5 | 88,1 | 5 | | | | 1,9 |
| [o] | 0,6 | 89,4 | 8,1 | | | | | 1,9 |
| [{õ}] | 1,9 | 90,6 | 5,6 | | | | | 0,6 |
| [u] | 95,6 | 3,1 | | | | | | 1,3 |

Table 2 : Valeurs formantiques (F1, F2, F3) recueillies au début des voyelles ayant servi de stimuli pour le test d'identification .

| | /ɛ/ | /ε̃/ | /a/ | /ã/ | /ɔ/ | /õ/ | /o/ |
|----|------|------|------|------|------|------|------|
| F1 | 486 | 612 | 663 | 545 | 544 | 391 | 379 |
| F2 | 1880 | 1359 | 1395 | 1004 | 1255 | 789 | 946 |
| F3 | 2650 | 2608 | 2486 | 2582 | 2406 | 2561 | 2491 |

Remarques :

- Pour éviter toute confusion de lecture dans les tables 1 et 2, les sons sous-jacents aux voyelles nasales (parties non nasalisées) sont notés entre accolades.
- Les valeurs des formants pour les voyelles /e, i, u/ ne sont pas présentées ici car ils n'apportent pas d'informations pertinentes.

4. DISCUSSION GÉNÉRALE ET CONCLUSION

Les résultats du test d'identification et les valeurs formantiques confirment les résultats déjà observés concernant l'articulation labiale des voyelles nasales postérieures /ã/ et /õ/ [2, 3, 4]. En effet, la voyelle nasale /ã/ est aujourd'hui prononcée en français moderne avec la participation des lèvres par deux mouvements : arrondissement et protrusion, elle est labiale et la forme des lèvres observées pendant sa production est similaire à celle de la voyelle /y/. Les résultats du test d'identification montrent d'une part que le début non nasalisé de la voyelle /ã/, soit l'articulation sous-jacente à cette nasale a été identifiée à 88% à la voyelle /ɔ/. Les données acoustiques confirment ce rapprochement pour le premier formant qui présente des valeurs quasi identiques (545Hz pour /ã/ et 544Hz pour /ɔ/). Cependant on observe une différence de 250Hz pour les valeurs comparées du second formant F2, celui-ci étant corrélé à la position de la langue, l'interprétation pourrait être la suivante : l'articulation linguale du début de la voyelle /ã/ (F2 = 1004Hz) prononcée par ce locuteur serait plus reculée pour la nasale que pour l'orale /ɔ/ (F2 = 1255Hz). Malgré cette différence, l'effet acoustique produit ne semble pas avoir eu d'influence particulière sur la perception des auditeurs. D'autre part, l'identification du début de la voyelle /õ/ à /o/, ainsi que les mesures formantiques proches confirment les données labiales précédemment observées, le « sur-arrondissement » du /õ/ qui le distingue articulatoirement du /ã/ présente la même forme des lèvres que pour /o/.

Un résultat inattendu se dégage de cette étude, il s'agit de l'identification de la voyelle sous-jacente à /ε̃/. Le début non nasalisé de la voyelle /ε̃/ a effectivement été identifié à 99,4% à la voyelle /a/ (score le plus élevé). Un tel rapprochement n'était jamais apparu dans les études sur la labialité, la forme des lèvres dans la

production de /ɛ̃/ étant significativement similaire à celle de la voyelle antérieure mi-ouverte /ɛ/ et non à celle de /a/, cette dernière comparaison n'ayant pas été établie à notre connaissance. Il existe par ailleurs la théorie du changement en chaîne du système des voyelles nasales du français, selon laquelle /ɛ̃/ se rapprocherait de [ã], /ã/ de [ɔ̃] et /ɔ̃/ de [õ]. Cette idée est notamment soutenue par H. Walter [11], par A. B. Hansen [12] qui suppose que « le /ɛ̃/ décalé en direction de [ã] pourrait être la prononciation de demain », I. Fonagy avait aussi déjà préconisé un rapprochement commun de /ɛ̃/ et de /œ̃/ vers /ã/ [13]. Cette étude perceptive basée ici sur la production d'un seul locuteur nécessite bien évidemment d'être multipliée et testée dans d'autres contextes consonantiques. Considérer l'apport du résultat concernant l'identification de la voyelle sous-jacente à /ɛ̃/, en formulant l'hypothèse suivante pourrait contribuer à expliquer la labialisation du /ã/ (spontanée ?) et le décalage des deux voyelles nasales postérieures : en se rapprochant de /a/, la voyelle nasale /ɛ̃/ se serait également rapprochée de l'espace vocalique initial de /ã/ et c'est ce phénomène qui pourrait avoir déclenché les deux autres mouvements vers l'arrière. En se déplaçant ainsi, le système des voyelles nasales du français, déjà réduit à 3 voyelles [14, 15] est maintenu. Cette étude marque un premier pas dans la recherche des indices acoustiques qui pourront venir étayer l'hypothèse proposée ci-dessus. Enfin, si les tendances observées ici se trouvent confirmées pour l'identification perceptive des sons sous-jacents aux voyelles nasales du français, qui semblent témoigner d'un véritable changement en chaîne, leurs conséquences dans le domaine d'application de la prononciation en didactique des langues mériteraient largement d'être reconsidérées. C'est pourquoi il nous semble utile de réitérer les remarques sur la nécessité d'actualiser la description phonétique dans les manuels pour l'apprentissage des voyelles nasales du français et de recourir à une notation API plus adaptée [2, 3, 4].

BIBLIOGRAPHIE

- [1] I. Maddieson, Testing the Universality of Phonological Generalizations. UCLA Working Papers in Phonetics 78 : 11-25, 1991.
- [2] J.-P. Zerling. « Phénomènes de nasalité et de nasalisation vocaliques : Etude cinéradiographique pour deux locuteurs. » *Travaux de l'Institut de phonétique de Strasbourg* 16 : 241-266, 1984.
- [3] J.-P. Zerling. Les trois degrés de labialisation des voyelles isolées en français. Etude pour 105 locuteurs. In *Mélanges de Phonétique Générale et Expérimentale offerts à Péla Simon*. Institut de Phonétique, Strasbourg, 807-831, 1989.
- [4] J. Montagu. L'articulation labiale des voyelles nasales postérieures du français : comparaison entre locuteurs français et anglo-américains. *XXIVèmes Journées d'Etude sur la Parole*, Nancy, France, 2002.
- [5] F. Longchamp. Etudes sur la production et la perception de la parole : Les indices acoustiques de la nasalité vocalique, la modification du timbre par la fréquence fondamentale. *Thèse d'Etat non publiée*. Université de Nancy II, 1988.
- [6] J. Ohala. Phonetic explanations for nasal sound patterns. In : *Nasalfest, Papers from a Symposium on Nasals and Nasalization*. C.A. Ferguson, L.H. Hyman and J. Ohala, Stanford : Language Universal Project, 289-315, 1975.
- [7] M. Hirano, Y. Takeuchi & I. Hiroto. Intranasal sound pressure during utterance of speech sounds. *Folia Phoniatrica* 18: 369-381.
- [8] M. Tronnier. A method for tracing nasality. *ICPhS*, Stockholm, Vol. 4 : 452-455, 1995.
- [9] Calliope. *La parole et son traitement automatique*. Masson, Paris, 1989.
- [10] A. House and K. Stevens. Analog studies of nasalization of vowels. *J. Speech Hear. Disord.* 21 : 218-232, 1956.
- [11] H. Walter. Variétés actuelles des voyelles nasales du français. *Diachronie et variation linguistique*, dir. R. van Deyck, *Communication and Cognition* 27 (1-2) : 223-236, 1994.
- [12] A.B. Hansen. Les changements actuels des voyelles nasales du français parisien : confusions ou changements en chaîne? *La Linguistique* 37 (2) : 33-47, 2001.
- [13] I. Fonagy. Le français change de visage? *Revue romane* 24 (2) : 225-254, 1989.
- [14] A. Martinet. « The Internal Conditioning of Phonological Changes. » *La Linguistique* 24(2) : 17-26, 1988.
- [15] A. Malécot & P. Lindsay, The neutralization of /ɛ̃/-/œ̃/ in French, *Phonetica* 33 (1) : 45-61, 1976.