

Etude acoustique de deux variantes de [j] en français : la variante vocalique et la variante fricative

Chafcouloff Michel

Laboratoire 'Parole et Langage'
UMR 6057 CNRS
Université de Provence - 29, Av. R. Schuman
13621, Aix-en-Provence, Cedex 1
Tél. 04 42 95 36 34 – Fax 04 42 59 50 96
michel.chafcouloff@lpl.univ-aix.fr - <http://www.lpl.univ-aix.fr>

ABSTRACT

As few information concerning the production of a fricative allophone of the [j]-sound has been gathered in the french language, an acoustic study has been undertaken to investigate which segmental or suprasegmental factors have a dominant influence on this allophone in the idiolect of a native speaker from Southern France . Results show that among these factors, syllabic position is prevailing as a vocalic variant is found in the initial, intervocalic and preconsonantal position, whereas a fricative occurs in the final and postconsonantal position. However, the contextual environment (nature of the adjacent vowel(s), manner and voicing of the consonant in clusters) and emphatic stress context too, should be taken into account to explain the variability of [j] as a vocalic or a fricative variant in French.

[Malm52] ou Straka [Stra65] laissent entendre que des facteurs segmentaux (la position syllabique, la voyelle adjacente) ou d'autres facteurs suprasegmentaux comme l'accent emphatique sont susceptibles d'exercer une influence sur le degré de constriction de [j] et être à l'origine de la production de variantes plus ou moins dissemblables du point de vue de leur structure acoustique. A ces facteurs de variation, nous ajouterons le facteur contextuel relatif aux effets de coarticulation (progressive ou régressive) de la part des consonnes adjacentes dans les groupes consonantiques. Compte tenu du fait que ces influences diverses n'avaient pas encore fait l'objet d'une étude systématique à ce jour, une analyse acoustique a été entreprise afin de déterminer dans quelle mesure il existait une relation entre la production des variantes vocaliques ou consonantiques de [j] et les différents facteurs que nous avons mentionnés ci-dessus.

1. INTRODUCTION

Généralement regroupés au sein d'une classe unique, les sons [jwlr] du fait qu'ils partagent des propriétés acoustiques communes à la fois aux consonnes et aux voyelles, ont toujours posé des problèmes particuliers aux chercheurs aussi bien sur le plan de leur description phonétique que de leur classement linguistique. Dans ces conditions, il n'est pas surprenant de trouver dans les différents manuels de phonétique une terminologie aussi abondante qu'hétérogène pour désigner le son [j]. Parmi ces termes on relèvera ceux de consonne vocalique, semi-voyelle, semi-consonne, sonante, sonorante, glissante, approximante, spirante, fricative, constrictive non fricative, continue sans bruit... et la liste n'est pas exhaustive. Si la variante vocalique de [j] est à présent bien connue grâce aux analyses spectrographiques de Lehiste [Leh64], Espy-Wilson [Espy92] en anglo-américain, et de Chafcouloff [Chaf79] en français, on ne dispose en revanche que de peu d'informations concernant la variante constrictive ou fricative à laquelle il est fait référence ci-dessus. Pourtant, certaines remarques faites de longue date par des phonéticiens de renom comme Malmberg

2. CORPUS ET PROTOCOLE

Le corpus a été élaboré afin de prendre en considération les facteurs suivants :

-le facteur position: position initiale, intervocalique (ou médiane) et finale.

-le facteur contextuel vocalique : voyelle fermée /ouverte [i-a] ou antérieure/ postérieure [i-u]

-le facteur contextuel consonantique : position pré- ou post-consonantique au contact de consonnes occlusives ou fricatives.

-le facteur accentuel emphatique dans des interjections exprimant la douleur ou la joie.

Les mots soumis à l'analyse se retrouvent la plupart du temps dans le lexique. Quand les séquences de groupes consonantiques ne se trouvaient pas dans la langue (parfois en position pré-consonantique), nous avons eu recours à une association de mots enchaînés, par exemple la séquence [js] dans 'paille sèche'. Les mots ont été prononcés par un locuteur à l'accent méridional peu marqué, et insérés dans une phrase porteuse du type 'Dites le mot....'.

L'analyse acoustique a été fondée sur l'utilisation des logiciels 'Phonedit' et 'Sesane'. Le signal de parole a été segmenté, étiqueté et numérisé. Des

spectrogrammes numériques ont été faits sur une échelle fréquentielle de 0 à 8 KHz, et une analyse spectrale en bande large par FFT avec une fenêtre de Hamming de 32 ms à 512 points a été effectuée. De plus, la détection des pics d'énergie spectrale a été fondée sur l'application de la prédiction linéaire.

3. MESURES ACOUSTIQUES

Comme il a été exposé plus haut, c'est d'abord grâce à la méthode spectrographique que le son [j] a été décrit, c'est à dire essentiellement en termes de structure de formants. Toutefois, la prise en compte de la fréquence du premier formant (F1), principal corrélat acoustique de fermeture et/ou d'ouverture du conduit vocal se prête mal à la mesure objective du degré de constriction de [j] pendant sa phase de stabilité maximale, surtout dans des conditions de débit rapide. En effet, les mesures effectuées dans les études précédentes ont montré qu'une mesure précise de la fréquence de F1 était difficile à obtenir en raison de la proximité de F0 et de F1. C'est pourquoi d'autres chercheurs, en premier lieu Fant [Fan60] et plus tard Stevens [Stev98] ont utilisé la simulation analogique fondée sur la ligne de transmission électrique pour déterminer les conséquences acoustiques résultant de la formation de constriction de taille variable dans le conduit vocal. Selon Bickley & Stevens [Bick87], la formation d'une constriction entraîne un changement du débit volumique à travers la glotte. Comme la chute de pression du flux d'air a pour résultante une réduction de l'amplitude des impulsions glottales, on peut en déduire que la variation d'amplitude du spectre dans les basses

fréquences est porteuse d'information à propos du degré (variable) de constriction à propos de [j]. C'est ainsi que les mesures acoustiques ont porté sur les variations d'amplitude du premier harmonique (ΔA_0) et du premier pic d'énergie (P1). De plus, nous avons procédé à l'analyse fine de l'enveloppe spectrale et à la mesure des variations d'amplitude des pics spectraux (P2, P3, P4). En dernier lieu, et afin de distinguer la composante périodique de la composante bruit, le rapport signal / bruit HNR (Energie F0+Hi) / (Energie bruit) a été établi sur la totalité de l'échelle fréquentielle du spectre [Ghio98].

4. RESULTATS

La figure 1 illustre les archétypes des deux variantes vocaliques et fricatives de [j] et met en évidence leurs différences acoustiques majeures. Fait intéressant qui souligne la variabilité acoustique de ce son, ces deux variantes radicalement différentes apparaissent dans des conditions d'environnement phonique très proches, où la production d'une seule et unique variante correspondrait plutôt à la norme. En effet, la voyelle contiguë placée sous l'accent est identique dans les mots 'Nièvre' et 'bière') et [j] se trouve dans les deux cas en position post-consonantique au contact d'une consonne voisée (nasale et occlusive).

Les principales différences acoustiques qui permettent de distinguer de façon formelle les variantes vocaliques et fricatives du son [j] portent sur :

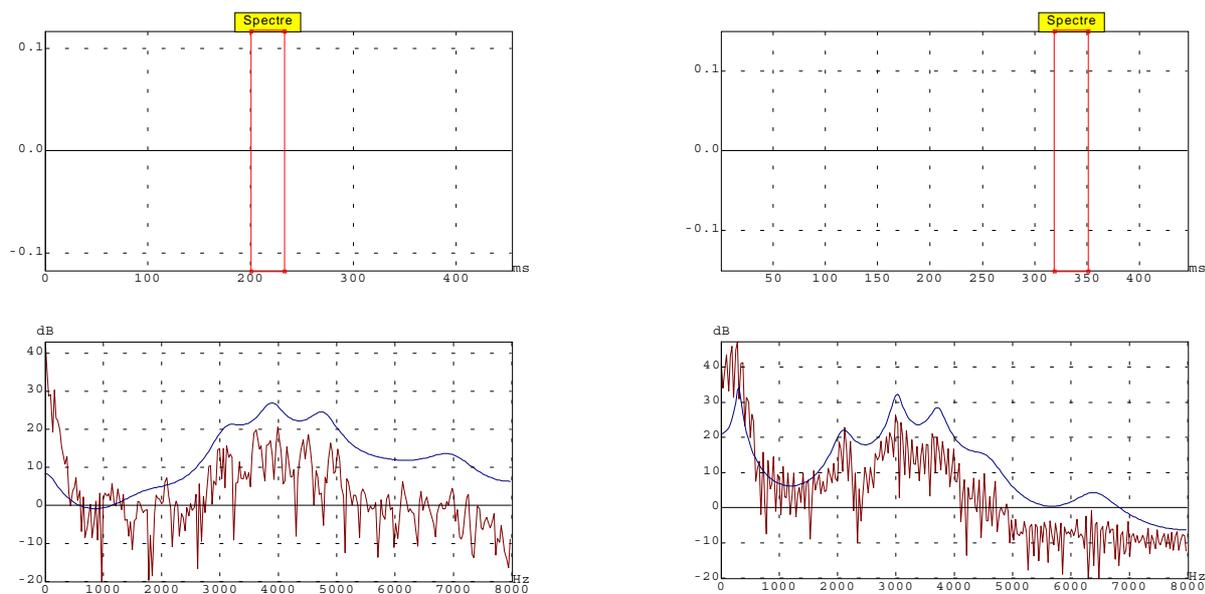


Figure 1 : Oscillogramme et enveloppe spectrale des variantes du son [j].
A gauche la variante fricative ; A droite la variante vocalique

- l'amplitude des vibrations glottales qui est particulièrement forte au contact de [n] et qui va *crescendo* depuis la consonne nasale jusqu'à la voyelle suivante. Au contraire, l'amplitude est faible au contact de [b] où l'on remarque que des vibrations aperiodiques viennent se superposer sur les impulsions glottales, la présence de ce bruit sur la tenue consonantique permettant d'identifier et de segmenter les unités phoniques contiguës dans la séquence [bj].

-l'amplitude du premier harmonique (ΔA_0) dont l'atténuation moyenne pour la variante fricative est de 5.06 dB par rapport à son homologue vocalique. On remarquera que cette dernière valeur est en conformité avec les données issues des prédictions théoriques de Bickley & Stevens [Bick87] et qui indiquent une baisse d'amplitude de l'ordre de - 2 à - 7 dB en fonction de la largeur ou de l'étroitesse de la constriction (0.33 à 0.10 cm²) dans le premier tiers du conduit vocal.

-l'amplitude du premier pic spectral (P1) qui, toujours en relation avec les effets de l'interaction source-conduit vocal, affiche une différence de l'ordre de -5 à -10dB entre les deux variantes. Selon l'expérience de simulation de Stevens [Stev98], cette réduction s'accompagne d'une augmentation de la largeur de bande de F1 dont la prééminence spectrale a tendance soit à s'aplatir, soit à disparaître plus ou moins dans le cas d'un [j] fricatif.

- la forme de l'enveloppe spectrale qui montre une large concentration d'énergie entre 3.0 et 4.5 KHz pour le [j] fricatif, dont les pics spectraux P3 et P4 apparaissent parfois sous la forme d'un pic global unique situé aux alentours de 4.0 KHz. En contre-

partie, la variante vocalique se distingue par une masse d'énergie plus élevée dans les fréquences basses (en particulier la bande 0-400 Hz) ainsi que par l'émergence d'un pic P2 dont l'amplitude est étroitement dépendante de l'intensité spécifique de la voyelle adjacente. L'amplitude du pic d'énergie P4 est plus grande pour [j] que pour la voyelle contiguë, ce qui laisse entendre que contrairement aux résultats de l'expérience de Stevens [Stev98], l'amplitude à haute fréquence du spectre de [j] fricatif n'est pas nécessairement plus faible que celui de la voyelle à cause de la formation de la constriction étroite.

-enfin, le calcul du rapport harmonique-bruit (HNR) établit de façon très nette que la tenue de [j] est plus voisée (1.48) en contexte post-consonantique [n] qu'en contexte [b] où elle est à l'évidence plus bruitée (1.11). A ce propos, il convient de remarquer que les variations les plus extrêmes apparaissent en fonction du mode d'articulation et du caractère voisé-non voisé de la consonne adjacente. Alors que le contexte le plus favorable à la production d'une variante vocalique est bien la séquence nasale + yod ou encore la séquence liquide + yod (HNR moyen = 2.35, ce qui signifie que le voisement est égal ou supérieur à deux fois le niveau du bruit), le contexte consonne constrictive non voisée + yod favorise de son côté la production d'une variante fricative où le niveau du bruit est au moins deux fois supérieur à celui du voisement (HNR moyen = 0.46). Les différences acoustiques essentielles entre les deux variantes sont présentées sous forme synthétique sur le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Propriétés acoustiques des variantes de [j]

	Variante vocalique	Variante fricative
Amplitude globale des impulsions glottales	forte	faible
Présence de bruit sur les impulsions	non	oui
Amplitude du premier Harmonique (ΔH_0)	forte	faible (-5dB)
Amplitude du premier pic d'énergie P1	forte	faible (-5 à -10 dB)
Enveloppe spectrale (basse fréq. 0-400 Hz) (moy. fréq. 1.0-2.0 KHz) (hte. fréq. 3.0-4.0 KHz)	P1 P2 P3, P4 (individualisés)	P1 (aléatoire) Absence de P2 P3, P4 (parfois 1 pic unique)
Rapport signal/bruit	> 1.0 -1.50	< 0.50 - 1.0

5. DISCUSSION

Sur la base des informations et des données quantitatives recueillies au cours de l'analyse, il ressort que, dans l'idiolecte de notre locuteur, la réalisation phonique de [j] est soumise à l'influence de plusieurs facteurs. Parmi ceux-ci, le facteur 'position syllabique' dans le mot exerce une influence prépondérante. En effet, on constate que, en position initiale, médiane et pré-consonantique, c'est la variante vocalique qui est produite, alors que, en position finale et en position post-consonantique, c'est la variante fricative qui est privilégiée. Toutefois, cette remarque d'ordre général ne saurait tenir lieu de règle absolue, tant il est vrai que, entre ces deux variantes extrêmes que nous avons distinguées sur le plan acoustique, il existe de nombreuses variantes 'intermédiaires' plus ou moins vocaliques ou fricatives dont la production est liée à l'effet interactif d'autres facteurs comme le contexte adjacent, c'est à dire la nature de la voyelle, le mode d'articulation et le voisement de la consonne, sans omettre l'influence possible d'autres facteurs suprasegmentaux comme l'accent, le rythme, le débit de parole ou encore la coupe syllabique etc....

En position initiale, la production d'une variante vocalique s'explique par l'effet anticipatoire de la voyelle subséquente, effet encore plus marqué en position médiane, où [j] se trouve soumis à l'effet de coarticulation progressive ET régressive des deux voyelles environnantes. Si la variante adopte naturellement la 'couleur' de la voyelle adjacente et quoiqu'elle reste résolument vocalique, cf. sa structure de formants, son degré de constriction n'est pas uniforme, mais variable en fonction du degré de fermeture [i,u] ou d'ouverture [a] de la voyelle, ceci afin de renforcer le contraste entre [j] et le nucleus syllabique suivant [Stev98]. On constate alors la production de variantes 'hybrides' caractérisées par une amplitude variable des vibrations glottales et la présence ou l'absence de bruit superposé sur les impulsions durant la tenue et les phases transitoires. En position finale, la production d'une variante 'fricative' semble solidement établie. Affranchie de toute influence contextuelle en termes de cible articulatoire à atteindre, la lame de la langue est libre de se rapprocher de la région palatale pour y former une constriction étroite. Les données quantitatives recueillies en termes d'amplitude des pics d'énergie et de rapport signal/bruit (< 1.0) attestent de la justesse des impressions auditives des phonéticiens du début du XXème siècle qui croyaient percevoir 'un bruit faible de friction' sur [j] en position terminale. La position post-consonantique offre pour sa part un bon exemple de l'interaction des facteurs de variation. Si la consonne contiguë est non voisée (quelle soit occlusive ou constrictive) la variante de [j] est généralement fricative, alors que

dans le cas contraire (nasale ou latérale) elle est réalisée comme vocalique. En position pré-consonantique, la variante est généralement vocalique ce qui semble impliquer une coarticulation régressive de moindre importance que la coarticulation progressive constatée dans le contexte post-consonantique. Enfin le facteur lié à l'accent emphatique' donne lieu à la production de la variante la plus 'fricative' relevée dans le cadre de cette étude. La différence entre des mots comme 'ail, houille' et des onomatopées comme 'aïe, ouïe' (interjections exprimant la douleur) se reflète sur le plan acoustique par un allongement de la durée segmentale, une élévation du niveau d'énergie bruitée, et un rapport HNR inférieur à 0.50. Ces faits montrent que le son [j] est doté dans ces conditions de renforcement articulatoire de toutes les propriétés acoustiques propres à une consonne fricative. Réalisée dans des conditions de parole de laboratoire, et limitée à l'analyse de la production d'un locuteur unique, cette étude démontre la variabilité acoustique du son [j]. Le recueil de données complémentaires devrait nous permettre d'asseoir la validité de ces résultats préliminaires, et de déterminer si le renforcement de l'énergie acoustique (lui-même lié à un rétrécissement de la constriction) sur la partie finale de la tenue de [j], et ce quelle que soit sa position dans le mot, constitue une stratégie articulatoire propre à ce locuteur, où si ce fait peut prétendre avoir valeur de constante acoustique sur le plan de la norme.

Bibliographie

- [Bick87] Bickley, C.A. and Stevens, K.N. (1987) 'Effects of a Vocal Tract Constriction on the Glottal Source : Data from Voiced Consonants'. In T. Baer, K.S. Harris, and C. Sasaki (Eds) '*Vocal fold physiology: laryngeal function in phonation and respiration*', 239-253, San Diego, College Hill.
- [Chaf79] Chafcouloff, M. (1979) 'Les propriétés acoustiques de [jwlr] en français' *Travaux de l'Institut de Phonétique d'Aix*, Vol.3, 61-113.
- [Espy92] Espy-Wilson, C.Y. (1992) 'Acoustic measures for Linguistic Features for distinguishing the Semivowels [jwlr] in English', *Journal of the Acoustical Society of America*, 92, 736-751.
- [Fant60] Fant, G. (1960) '*Acoustic Theory of Speech Production*', The Hague, Mouton.
- [Ghio98] Ghio, A. et Galindo, B. (1998) '*Méetrologie*', Rapport interne, UMR 6057, CNRS .
- [Leh64] Lehiste, I. (1964) 'Acoustic Characteristics of Selected English Consonants', *International Journal of American Linguistics*, 30, 1-197.
- [Malm52] Malmberg, B. (1952) 'Le problème du classement des sons du langage et quelques questions connexes', *Studia Linguistica*, 6, 1-56.
- [Stra65] Straka, G. (1965) '*Album Phonétique*'
- [Stev98] Stevens, K.N. (1998) *Acoustic Phonetics*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

