

Variations de la configuration labiale des voyelles /i, y, a/ : effets de la position prosodique et du locuteur

Laurianne Georgeton¹ Nicolas Audibert^{1,2}

(1) LPP, UMR 7018, 75005 Paris

(2) LIMSI, UPR3251, 91403 Orsay Cedex

laurianne.georgeton@univ-paris3.fr, nicolas.audibert@gmail.com

RESUME

L'objectif de cette étude est d'observer la configuration labiale des voyelles /i, y, a/ à partir de mesures prises sur les contours interne et externe des lèvres. Les variations de configuration labiale en fonction des voyelles, des locuteurs et de la position prosodique de la voyelle sont aussi bien capturées par les contours internes et externes pour les mesures d'aire et le facteur K2 (forme du contour), alors que les distances verticale et horizontale dépendent du contour étudié. Les variations entre locuteurs s'observent d'avantage sur le contour externe comme attendu et les variations induites par la position prosodique sont reflétées avec une plus grande précision sur le contour interne.

ABSTRACT

Variations of labial configuration of vowels /i, y, a/: effect of prosodic position and speaker.

Variations in the labial configuration of the French vowels /i, y, a/ are observed on measurements derived from the external and internal contour of the lips. Articulatory variations according to vowel type, speakers and prosodic position of the vowel are equally captured by the internal and external contours for area measures and K2 factor (shape), but not for vertical and horizontal distances. Inter-speakers differences are best captured by measurements on the external contour as expected, while prosodically induced variations are reflected with more precisions on the internal contour.

MOTS-CLES : voyelles, articulation labiale, variabilités

KEYWORDS : vowels, labial articulation, variability

1 Introduction

Les lèvres et leurs configurations ont été largement étudiées en français et dans d'autres langues, car elles constituent un des articulateurs de la parole les plus accessibles à la mesure (Fromkin, 1964, Abry et Boë, 1980, Reveret 1999). Les différentes études sur la labialité montrent que les paramètres les plus déterminants pour mesurer les variations d'articulation labiale correspondent aux trois degrés de liberté physiologique des lèvres : l'écartement horizontal, l'espace vertical et la protrusion (Fromkin, 64, Ladefoged 79, Abry et Boe, 1980). L'étude du contour des lèvres (interne ou externe) permet d'étudier les contrastes entre voyelles. Pour le contraste d'arrondissement en français des paires /i, y/ et /e, ø/, l'aire aux lèvres sépare à 100% les voyelles arrondies des non-arrondies (Graillot et al 1980). L'écartement horizontal (distance H) est également un bon discriminant alors que l'espace vertical (distance V) permet la distinction des voyelles /i-/y/ et /e, ø/ mais son pouvoir discriminant dépend du locuteur (Abry et Boe, 1980).

Le facteur K2, rapport de l'écartement horizontal sur l'espace vertical, est également considéré comme pertinent et permet d'évaluer la forme du contour inter-labial (plus ou moins arrondi) indépendamment de sa taille globale. Quand la valeur du facteur de forme K2 est élevée, l'orifice labial est étiré (l'écartement horizontal est relativement important comparé à l'espace vertical), et quand il est faible, l'orifice labial est arrondi (Descout et al. 1980). En ce qui concerne la distinction entre voyelles non-arrondies d'aperture différente comme le couple /i, a/, les différences de configurations labiales n'impliquent pas uniquement une augmentation de l'espace vertical mais aussi un resserrement sur le plan horizontal. Ces études se sont avant tout intéressées aux paramètres inter-labiaux, d'autres se sont basées sur des mesures prises sur le contour externe des lèvres. C'est le cas de l'étude de Robert et al. (2005) sur les stratégies de coarticulation labiale. Les auteurs montrent que la distance entre les 2 commissures externes est directement liée aux mouvements d'éirement des lèvres permettant une distinction entre les voyelles /i, a/ sans distinction de la paire /a, y/.

A notre connaissance, aucune étude n'a directement comparé les informations recueillies sur le contour externe par rapport au contour interne des lèvres. C'est l'objectif de notre étude. Outre la distinction entre voyelles présentant des configurations différentes, les qualités des informations recueillies sur les deux contours interne et externe seront comparées quant à leur potentiel à rendre de compte de variations entre locuteurs et de variations d'articulation labiale liées à la prosodie (position prosodique).

Dans son étude sur les variations individuelles, Zerling (1990) conclut que les paramètres labiaux varient fortement en fonction du locuteur, du sexe, probablement de la langue parlée, du son émis et de son contexte. Sur la production d'un ensemble de phrases par 4 locuteurs, il montre qu'« une même suite phonémique peut être articulée par 3 ou 4 séquences articulatoires différentes ». Pour un locuteur, la coarticulation se manifeste surtout par l'enchaînement des sons avec une grande mobilité des articulateurs labiaux. Chez un autre, l'amplitude des variations peut s'avérer plus faible, voir parfois nulle pour certains paramètres (distances H et V). La diversité articulatoire individuelle peut concerner également la forme de l'espace inter-labial (représenté par l'aire inter-labial ou le facteur K2). La présence de stratégies individuelles dans le mouvement des lèvres pour la réalisation de voyelles dans des syllabes initiales de mot apparaît également dans l'étude de Gendrot (2005). Il a, de plus, observé une influence de la position prosodique sur les paramètres labiaux (contour interne), mais sans trouver de distinction hiérarchique des constituants prosodiques. Une distinction entre positions est par contre observée dans l'étude acoustique de Georgeton et al. 2011, où la position prosodique influence les caractéristiques acoustiques du contraste d'arrondissement (F2, F3, F3-F2) et du contraste d'ouverture (F1) des voyelles, avec un renforcement en position prosodique haute.

Compte tenu de ces observations, notre question ici est de savoir si les contours interne et externe permettent de rendre compte des mêmes variations de configuration labiale entre voyelles, locuteurs et positions prosodiques.

2 Matériel et méthode

2.1 Mesures articulatoires

Les données sur les contours interne et externe des lèvres ont été acquises avec deux types de matériels. Pour le contour externe, un système de capture de mouvements (Qualisys) a permis à l'aide de 4 caméras infrarouge de détecter et d'enregistrer (fréquence d'échantillonnage de 100Hz) la position de marqueurs réfléchissants. Quatre marqueurs de 4mm ont été placés sur le contour externe des lèvres comme illustré sur l'image 1 (en rouge) aux commissures droite et gauche et au milieu des lèvres supérieures et inférieures en projection de l'arc de cupidon. Le logiciel QTM, dédié à l'analyse des données Qualisys, permet de faciliter l'identification des différents marqueurs et d'exporter les données prétraitées pour leur analyse dans Matlab. Un enregistrement audio effectué avec un micro-casque Shure SM 10A a été couplé à l'acquisition de la position des marqueurs. Pour le contour interne, un enregistrement vidéo a été effectué simultanément à l'acquisition Qualisys à l'aide d'une caméra Sony DCR PC8 (fréquence d'échantillonnage de 25Hz), placée en face du locuteur à la hauteur de son visage. Les données Qualisys et vidéo ont été alignées a posteriori par l'appariement du signal audio issu du microphone interne de la caméra vidéo et du signal audio issu de Qualisys. Pour cela, un point de synchronisation a été repéré sur les enregistrements audio issus de la vidéo et de Qualisys. Les images extraites de la vidéo ont ensuite été sélectionnées et annotées manuellement à l'aide de Matlab. Quatre points ont été annotés manuellement sur chacune des trames vidéo sur la surface interne des lèvres : aux commissures des lèvres gauche et droite, au milieu des lèvres inférieure et supérieure. Comme illustré sur l'image 1, ces 2 derniers points, moins évidents à spécifier que les commissures, ont été repérés en suivant une ligne passant par les marqueurs du Qualisys. Un script Praat a ensuite permis d'extraire l'aire du polygone, la distance horizontale (distance H) et verticale (distance V) à partir des points mesurés sur la vidéo pour les mesures du contour interne des lèvres (exprimés en pixels) et à partir des coordonnées des marqueurs Qualisys pour le contour externe des lèvres (exprimés en millimètres). Ces mesures ont été prises au milieu acoustique de la voyelle.

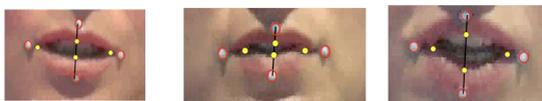


Image 1: Positions des marqueurs Qualisys en rouge et points annotés de la vidéo, pour l'ensemble des locuteurs (loca à gauche, loccf au milieu et loccv à droite).

2.2 Corpus

La réalisation de trois voyelles /i, y, a/ est étudiée dans trois positions prosodiques différentes et pour 3 locuteurs. Les voyelles cibles (V2) apparaissent dans des séquences V1C1#V2C2 où la voyelle V2 /i, a, y/ est insérée dans des phrases de façon à être en position initiale absolue dans trois types de constituants prosodiques différents : groupe intonatif, groupe accentuel et mot. La voyelle V1 est toujours une voyelle /i/ et les consonnes C1 et C2 sont des consonnes /p/. Chaque phrase a été prononcée 2 fois de

façon consécutive dans un débit normal lors de huit répétitions. Trois locutrices âgées de 25 à 40 ans (sans accent régional identifiable) ont lu ces phrases dans un ordre aléatoire.

Nous avons exclu de l'analyse des répétitions pour lesquelles des problèmes d'enregistrement ont provoqués un alignement non fiable entre les 2 systèmes. Un total de 306 voyelles a été étudié (104 /a/, 100 /i/ et 102 /y/). 16 répétitions ambiguës d'un point de vue prosodique ont été exclues. Des ANOVAs à un facteur ('voyelle', 'locuteur', et 'position prosodique') ont été effectués pour cette étude. Dans les sections 3 et 5, seuls les résultats des tests effectués tous locuteurs confondus seront présentés en détail, mais les distinctions notables entre locuteurs (issus des tests par locuteur) seront mentionnées.

3 Distinctions entre voyelles /i, y, a/ en fonction des contours labiaux

Le tableau 1 présente l'effet du facteur « voyelle » sur les 4 mesures effectuées (tous locuteurs et positions confondus) pour l'analyse du contour externe (données Qualisys, CE) et l'analyse du contour interne (données vidéo, CI) :

aire (CE)	distance H (CE)	distance V (CE)	K2 (CE)
F (2,287) = 78 **	F (2,287) = 151 **	F (2,287) = 53 **	F (2,287) = 48,5 **
/a/ > /i/ > /y/ **	/i/ > /a/ > /y/ **	/a/ > /y/ > /i/ **	/i/ > /y/ > /a/ **
aire (CI)	distance H (CI)	distance V (CI)	K2 (CI)
F (2,287) = 113 **	F (2,287) = 166 **	F (2,287) = 79 **	F (2,287) = 18 **
/a/ > /i/ > /y/ **			/i/ > /y/, /a/ **

Tableau 1 : Effet du facteur « voyelle » sur les valeurs de l'aire, les distances H, V et le facteur K pour les analyses du contour externe CE et contour interne CI. Test post-hoc de Fisher (** : p < 0,001, * : p < 0,05)

Nous observons un effet de la voyelle sur toutes les mesures du contour interne et externe et une même tendance hiérarchique entre voyelles pour les valeurs d'aire et K2. Pour les deux contours, le contraste entre les 3 voyelles est caractérisé par une valeur d'aire décroissante entre /a/, /i/ et /y/. Pour le facteur K2, les valeurs sont plus élevées pour la voyelle /i/ que pour les autres voyelles /y/ et /a/, mais la distinction entre /y/ et /a/ est perdue sur le contour interne (et un des locuteurs (locf) ne différencie que /i/ > /y/). Cette valeur élevée du facteur de forme K2 reflète l'étirement de /i/ avec un écartement horizontal plus important que l'espace vertical. Le facteur K2 ne distingue pas les voyelles /a/ (K2=4.4) et /y/ (K2=4.5). Ce facteur demeure intéressant à observer, mais il doit être appréhendé avec précaution car il peut adopter en fonction de l'écartement horizontal des valeurs absolument identiques pour des arrondies telle que /y/ et des non-arrondies comme /a/. La distinction phonologique [+/- rond] s'observe par une plus grande distance horizontale pour les voyelles non-arrondies, mais surtout par le facteur K2.

L'observation des distances horizontales et verticales des deux contours montre une organisation différente des voyelles comme l'illustre la figure 1. Sur le contour interne, les distances H et V suivent les mêmes tendances que l'aire (/a/ > /i/ > /y/) alors que sur le contour externe, la voyelle /i/ montre une distance horizontale plus élevée et une

distance verticale moins élevée que les autres voyelles.

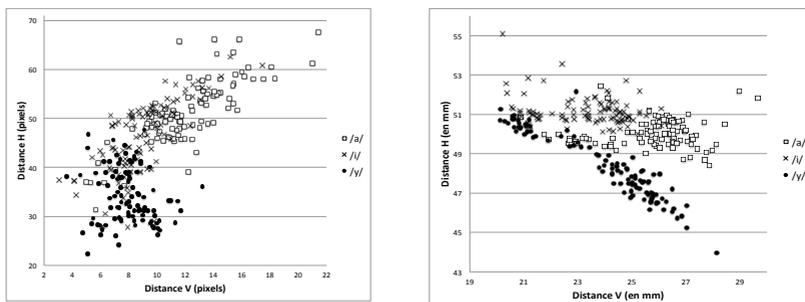


Figure 1 : Distribution des voyelles /a, i, y/ dans un plan distance H/distance V, pour les mesures du contour interne à gauche et du contour externe à droite (tous locuteurs et positions prosodiques confondus).

4 Variations entre locuteurs en fonction des contours labiaux

aire (CE)	distance H (CE)	distance V (CE)	K2 (CE)
F (2,287) = 94 **	F (2,287) = 7 **	F (2,287) = 102 **	F (2,287) = 87 **
locfv ≠ locfa, loccv	locfv ≠ locfa	locfv ≠ locfa ≠ loccv	
aire (CI)	distance H (CI)	distance V (CI)	K2 (CI)
F (2,287) = 8 **	F (2,287) = 2 ns	F (2,287) = 17 **	F (2,303) = 20 **
locfv ≠ locfa, locfa	ns	locfv ≠ locfa, loccv	

Tableau 2 : Effet du facteur « locuteur » sur les valeurs de l'aire, les distances H, V et le facteur K2 du contour externe (CE) et du contour interne (CI). Test post-hoc de fisher. Niveau de significativité ** $p < 0,001$, * $p < 0,05$, ns = non-significatif.

Nous observons un effet du « locuteur » sur l'ensemble des mesures des deux contours, excepté pour la distance horizontale du contour interne. Ces différences individuelles sont généralement portées par un locuteur qui se distingue de l'un ou des deux autres. Le locuteur locfv est celui qui semble le plus se distinguer des deux autres sur les deux contours. Mais le locuteur loccv se distingue également des autres locuteurs sur l'aire du contour interne. La distance horizontale ne semble pas être un bon discriminant pour distinguer les contours labiaux des locuteurs. L'aire et le facteur K2 étant également liés à la distance V, il est probable que ces effets soient portés par les variations de distance verticale entre locuteurs comme le montre la figure 2. Nous pouvons y voir que l'étendue de réalisation de la voyelle /a/ suivant les locuteurs est plus large pour le contour externe (à droite) qu'interne (à gauche), avec une variabilité inter-locuteurs importante sur la distance verticale.

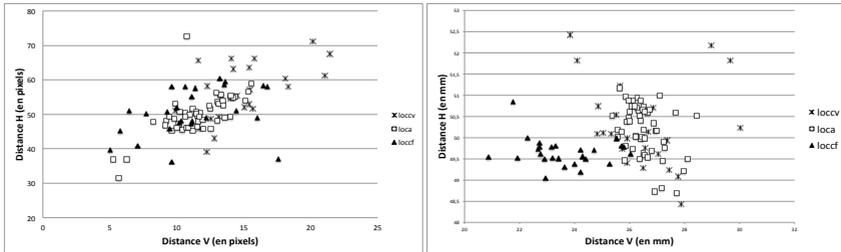


Figure 2 : Distribution des réalisations de la voyelle /a/ par les 3 locuteurs dans un plan distance H/ distance V, pour les mesures du contour interne à gauche et du contour externe à droite (toutes positions prosodiques confondues).

5 Variations prosodiques en fonction des contours labiaux

Le tableau 4 présente l'effet de la « position prosodique » sur l'articulation labiale des voyelles tous locuteurs et voyelles confondues. L'hypothèse est que la position prosodique influence l'articulation labiale des segments. Nous cherchons donc à vérifier si les contours internes et externes reflètent les mêmes variations en fonction de la position prosodique, et éventuellement si les variations suivent la hiérarchie prosodique (comme observé acoustiquement par Georgetown et al., 2011).

aire (CE)	distance H (CE)	distance V (CE)	K2 (CE)
F (2,287) = 4 *	F (2,287) = 0,4 ns	F (2,287) = 4 **	F (2,287) = 4 **
GI > W *	ns	GI > GA, W **	GI > GA, W **
aire (CI)	distance H (CI)	distance V (CI)	K2 (CI)
F (2,287) = 25 **	F (2,287) = 15 **	F (2,287) = 23 **	F (2,287) = 6 **
GI > GA, W **	GI > GA, W **	GI > GA > W **	GI, GA < W *

Tableau 3 : Effet du facteur « position prosodique » sur les valeurs de l'aire, les distances H, V et le facteur K du contour externe (CE) et du contour interne (CI). Test post-hoc de Fisher. Niveau de significativité ** $p < 0,001$, * $p < 0,05$, ns = non-significatif.

Les mesures prises sur le contour interne et sur le contour externe des lèvres mettent en évidence un effet de la position prosodique sur l'articulation des voyelles, avec des variations articulatoires qui suivent la hiérarchie prosodique, et ceci pour tous les paramètres mesurés (aire, distances H et V, facteur K2). Pour autant, il apparaît que les mesures prises sur le contour interne des lèvres permettent plus de distinctions entre positions prosodiques. En effet, les trois positions GI, GA, W se distinguent entre elles (en 2 ou 3 catégories) sur les 4 mesures prises sur le contour interne, alors que sur le contour externe l'aire aux lèvres ne distingue que GI de W, et aucune distinction n'apparaît pour la distance H. Les variations articulatoires observées en position GA, qui sont proches des positions GI ou W en fonction des mesures, ne sont pas capturées pour les mesures de distance H et d'aire pour le contour externe.

6 Conclusion

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés aux variations de la configuration labiale des voyelles /i, y, a/ telles qu'elles peuvent être capturées par des mesures effectuées sur le contour interne et le contour externe des lèvres. L'observation des résultats nous montre que la variation d'aire aux lèvres et de K2 liée à la nature de la voyelle (/a, i, y/) est aussi bien capturée sur le contour externe qu'interne. En revanche, les mesures extraites du contour externe ne rendent compte que partiellement de la variation entre locuteurs et entre positions prosodiques, comparativement à celles prises sur le contour interne.

Les observations du contour des lèvres ont été le plus souvent faites sur des comparaisons par paires de voyelle. Comme dans les études de Graillot et al. (1980) et Abry et Boë (1980), nous avons montré que l'aire et la distance H permettent de bien distinguer les voyelles /i-y/ et cette distinction a été montrée à la fois sur le contour interne et externe. Cependant, nous observons une incongruité entre les deux contours pour la distance verticale où /i/ > /y/ pour CI et /i/ < /y/ pour CE. Cette différence entre les contours peut être le reflet des variations individuelles montrées dans l'étude de Descout et al. (1980), faisant de la distance V un mauvais discriminant pour la distinction des voyelles arrondies et non arrondies. Pour le couple /i, a/, nous retrouvons les mêmes conclusions que Descout et al. (1980) avec une augmentation de l'espace vertical (pour les deux contours) et une diminution sur le plan horizontal lors du passage de /i/ à /a/ (pour le contour externe). Mais sur le contour interne, nous observons des valeurs plus élevées de la distance H pour la voyelle /a/. Cette différence peut être expliquée par la relative stabilité de la distance H sur ces voyelles. En effet, l'étude de Zerling (1990) a montré que l'écartement horizontal du contour interne bien qu'en partie fonction de l'espace vertical, est trois fois plus stable pour tous les locuteurs, reflétant ainsi plus fidèlement la configuration réelle de l'orifice. Cette stabilité est également observable dans nos données, puisque nous ne trouvons pas de différences entre les locuteurs pour la distance H (sur le contour interne). Enfin, contrairement à Robert et al. (2005) nous observons une distinction entre les voyelles /a/ et /y/ ($p < 0,001$) sur la distance H. La voyelle /y/ montre toujours le plus petit étirement/resserrement, pour les deux types de contours.

Cette étude confirme également qu'il existe une variabilité entre locuteurs, particulièrement sur les mesures d'aire, de K2 et de distance V, sur les deux contours. Ces différences individuelles sont portées par un locuteur qui se distingue des 2 autres excepté sur la distance V et K2 du contour externe où chaque locuteur se distingue l'un de l'autre. Ces dernières mesures semblent donc mieux refléter les différences individuelles comme la forme des lèvres (sur la figure 1, les locuteurs loca et loccf montrent des lèvres plus fines que loccv), ou comme la position des marqueurs (sur la figure 1, le marqueur Qualisys placé sur l'arc de cupidon du locuteur loccf semble assez proche de l'annotation faite sur le contour interne, or ce n'est pas le cas pour les deux autres locuteurs). Ces éléments soulignent également l'importance d'effectuer une normalisation des paramètres labiaux sur des facteurs robustes comme K2 et l'aire interlabial (Boë et Abry, 1980).

Enfin, nous observons un effet de la position prosodique sur les contours interne et

externe. Le contour interne semble distinguer l'ensemble des positions prosodiques, ce qui n'est pas le cas du contour externe. Si le traitement de la vidéo est un traitement coûteux car manuel et effectué a posteriori (contrairement à l'utilisation des marqueurs Qualisys dont les coordonnées sont extraites de façon automatique), il permet donc d'obtenir des mesures labiales qui s'avèrent plus à même de rendre compte de phénomènes articulatoires fins comme la distinction entre positions prosodiques.

Remerciements

Merci à Cécile Fougeron pour ses relectures et conseils avisés. Merci également à nos gentils locuteurs qui ont permis de mener à bien cette étude.

Références

ABRY C., BOE L-J. (1980) : *Labialité et Phonétique. Données fondamentales et études expérimentales sur la géométrie et la motricité labiales*, Publications de l'Université des langues et lettre de Grenoble.

ABRY C., BOE L-J. (1980) : À la recherche de corrélats géométriques discriminants pour l'opposition d'arrondissement vocalique en français. In (Abry et Boe 1980), pages 217-238

BOE L-J., ABRY C. et CORSI P. (1980) : Les problèmes de normalisation interlocuteurs. Application à la géométrie des lèvres. In (Abry et Boe 1980), pages 161-180

DESCOUT R., BOË J-L, ABRY C. (1980) : Labialité vocalique et labialité consonantique. Un jeu des lèvres au féminin : l'idiolecte D.L. In (Abry et Boe 1980), pages 111-126

FROMKIN V. (1964). Lip positions in American English Vowels. *Language and Speech*, 7, 215-225.

GENDROT C. (2005) : *Aspects perceptifs, physiologiques et acoustiques de différentes catégories prosodiques en français*. Thèse d'état Université Paris 3/ Sorbonne Nouvelle.

GEORGETON L., AUDIBERT N., FOUGERON C. (2011). Rounding and height contrast at the beginning of different prosodic constituents in French. In *Actes ICPhS 2011*, Hong-Kong.

GRILLOT P., BOE L-J., GENTIL M. (1980): Analyse des correspondances de paramètres descriptifs du jeu des lèvres en français. In (Abry et Boe 1980), pages 127-146.

LADEFOGED P. (1979). Articulatory parameters. Status Report. In *Actes 9th ICPhS*, Copenhague, Danmark, 41-47.

ZERLING J-P. (1990) : *Aspects articulatoires de la labialité vocalique en français. Contribution à la modélisation à partir de labio-photographies, labiofilms et films radiologiques. Étude statique, dynamique et contrastive*. Thèse d'état. Strasbourg.

REVERET L. (1999) : *Conception et évaluation d'un système de suivi automatique des gestes labiaux en parole*. Thèse de l'INPG, Grenoble, France.

ROBERT V., WROBEL-DAUTCOURT B., LAPRIE Y., BONNEAU A. (2005). Strategies of labial coarticulation. In *Actes Interspeech 2005*, Lisbonne, Portugal.