

Allophonie et position dans la syllabe : Indices acoustiques pour les consonnes latérales

Anisia Popescu¹, Ioana Chitoran¹

(1) Université Paris Diderot, Clillac-ARP, 5 Rue Thomas Mann, 75013 Paris, France
anisia.popescu@univ-paris-diderot.fr, ioana.chitora@univ-paris-diderot.fr

RESUME

L'article traite de la manifestation acoustique des consonnes latérales en anglais américain et en roumain en fonction de la position syllabique et de la complexité phonotactique. Nous avons considéré quatre types de mesures: valeurs formantiques, équations locus, ratio d'intensité et présence/absence de relâchements. Notre but est, d'une part, de classer les allophones des deux langues considérées et d'autre part de déterminer les indices acoustiques des gestes articulatoires des consonnes latérales. Les résultats indiquent des différences importantes entre les deux langues. On montre que la distribution des allophones n'est pas binaire, mais graduée et que le statut du geste dorsal peut être considéré comme un marqueur de « degré de clarté ». On montre aussi que l'allophonie dépend de la position syllabique mais pas forcément de la complexité syllabique.

ABSTRACT

Acoustics of syllable position allophony: The case of lateral consonants. This study investigates the acoustic manifestation of syllable position allophony in lateral consonants in two languages – American English and Romanian. We compare several parameters: formant values, locus equations, intensity ratios and presence/absence of release bursts, in order to classify the allophones in the two languages studied, and to extract information about articulatory gestures from the acoustic data. The results reveal important cross-language differences. We show that the allophones in the two languages considered do not have a binary distribution, but rather a gradual one, and that the behavior of the dorsal gesture of the lateral could be considered a marker of “degree of clarity”. We also show that the allophony is dependent on syllable position but not necessarily on syllable complexity.

MOTS-CLES : acoustique, allophonie, syllabe, latérales, coarticulation

KEYWORDS: acoustics, allophony, syllable, laterals, coarticulation

Introduction

La production des segments comportant deux gestes articulatoires, tels que les consonnes liquides, les nasales ou les glides, a été amplement étudiée. La variation allophonique des liquides a été étudiée à la fois d'un point de vue acoustique (Ladefoged et Maddieson 1995, Recasens 2012) et articulatoire (Proctor 2009, Proctor et Walker 2012 ; Marin et Pouplier 2014). Dans cet article on présente une étude acoustique des consonnes latérales dans deux langues (anglais-américain et

roumain) en considérant quatre paramètres : la structure formantique, le degré de coarticulation et deux nouveaux paramètres: l'intensité et la présence ou l'absence de relâchements.

Le but de l'article est d'approfondir nos connaissances de l'allophonie latérale en répondant à la question suivante : quelle est la manifestation acoustique du statut consonantique vs. vocalique du double geste en fonction de la position syllabique (attaque ou coda) et de la complexité phonotactique (attaque/coda simple ou complexe).

Composition gestuelle et allophonie des consonnes latérales

La composition gestuelle de la consonne latérale est bien documentée d'un point de vue articulatoire (Sproat et Fujimura 1993, Proctor 2009, Proctor et Walker 2012 ; Marin et Pouplier 2010,2014) : il est établi que /l/ implique deux gestes articulatoires distincts : celui d'une consonne apicale, représenté par un rehaussement de l'apex, et celui d'une voyelle postérieure, qui consiste d'une rétraction du dos de la langue. Nous avons étudié ici deux langues qui diffèrent par rapport à la présence/absence d'allophonie en fonction de la position de la syllabe : l'anglais américain (AA) et le roumain (RO).

En AA /l/ a deux allophones en fonction de la position dans la syllabe : /l/ clair en attaque et /l/ sombre en position coda. En RO /l/ n'a pas d'allophones, et se comporte comme /l/ clair en attaque et en coda (Marin et Pouplier 2010, Recasens 2012). La différenciation des deux implique des coordinations temporelles différentes des deux gestes articulatoires composants (Sproat et Fujimura 1993).

On connaît moins bien, pourtant la manifestation acoustique de ce double statut consonantique/vocalique des deux gestes impliqués dans la production des consonnes latérales. Ainsi on propose de répondre à la question posée dans l'introduction en effectuant une analyse acoustique détaillée du /l/ dans les deux langues considérées.

Choix des paramètres acoustiques

Les paramètres acoustiques considérés dans l'analyse des consonnes latérales se rapportent principalement à leur structure formantique. On reprend tout d'abord la mesure utilisée par Sproat et Fujimura (1993) pour évaluer le degré de clarté (clair/sombre) de /l/ dans chaque langue. La différence des valeurs des deux premiers formants (F2-F1) peut déterminer le degré de clarté. Plus la différence F2-F1 est grande plus la consonne latérale est claire. En effet /l/ clair se caractérise par un F2 élevé (>1500Hz) et par un F1 bas (<400Hz) (Recasens 2012) alors que pour la variante sombre F2 baisse et F1 monte. A cette mesure on propose d'ajouter deux nouveaux paramètres : le ratio d'intensité et la présence ou l'absence de pics d'énergie durant /l/. Le ratio d'intensité est donné par l'intensité moyenne de /l/ divisée par l'intensité moyenne de la voyelle de la même syllabe. Etant donné que les deux segments (/l/ et /V/) sont adjacents, le temps est trop court pour que la valeur d'intensité soit influencée par d'autres facteurs. Souvent les /l/s présentent des pics d'énergie sous forme de relâchements. La Figure 1 illustre la présence de pics en attaque dans le mot anglais *lap* 'tour' et en coda dans le mot roumain *cal* 'cheval' :

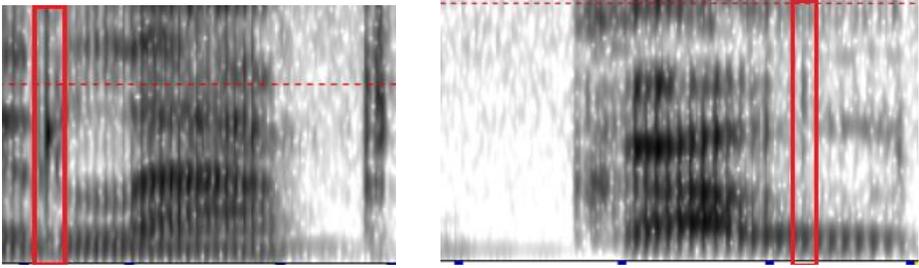


Figure 1: Spectrogramme lap (AA) à gauche et cal (RO) à droite

Le quatrième paramètre envisagé est l'équation locus, indice du degré de coarticulation entre la consonne latérale et la voyelle adjacente. Cette mesure pourra nous informer sur les relations acoustiques-articulatoires de la production des consonnes latérales. Les équations locus ont été introduites par Lindblom (1963) pour mesurer le degré de coarticulation et ont été reprises ultérieurement pour caractériser la coarticulation consonne-voyelle (C-V) (Krull 1989 ; Tabain 2000 ; Fowler et Brancazio 2000) et le lieu d'occlusion (Sussman 1993 ; Iskarous, Fowler et Whalen 2010). Les équations locus sont une régression linéaire faite à partir des valeurs du deuxième formant (F2) en fixant la consonne (/l/) et en variant le contexte vocalique (RO : /a i o u i/ ; AA : /æ i ɪ ʌ ʊ/). Les mesures de F2 sont prises à l'état stable de la voyelle, c'est-à-dire au point de dérivée zéro, et au début de la transition formantique, correspondant à la limite C-V resp. V-C (Lindblom 1963). Dans le cas d'absence d'un état stable durant la voyelle nous avons pris la mesure au point du milieu du segment vocalique. Les mesures qui paramétrisent la régression linéaire sont la pente et l'intersection de la ligne de régression avec l'ordonnée (Krull 1989). Un troisième paramètre R^2 est utilisé correspondant au coefficient de régression. La pente a été utilisée comme paramètre acoustique pour mesurer le degré de coarticulation. Une pente zéro indique une coarticulation minimale. Une pente égale à l'unité indique une coarticulation maximale (Krull 1989). Plus la valeur F2 à la limite C-V (resp. V-C) est variable, plus le degré de coarticulation est fort.

On résume ici les quatre principaux paramètres:

1. F2 - F1 comme mesure de clarté : des valeurs plus basses indiquent un /l/ plus sombre
2. Ratio d'intensité - Moyenne d'intensité de /l/ sur moyenne d'intensité de la voyelle appartenant à la même syllabe : Un ratio plus proche de 1 correspond à une production plus vocalique de la liquide.
3. Présence vs. absence de pics d'énergie : On considère que la présence de relâchements indique un degré de constriction plus élevé, qui correspond à une production plus consonantique de la liquide.
4. Degré de coarticulation donné par les équations locus : une pente proche de 0 indique une coarticulation minimale, une pente proche de 1 indique une coarticulation maximale.

Hypothèses basées sur les mesures acoustiques

Etant données les mesures introduites dans la section précédente on émet les hypothèses suivantes pour les deux langues comparées.

1. F2-F1 :
 - AA : les valeurs F2-F1 seront plus élevées en position attaque qu'en coda, indiquant l'allophonie.
 - RO : les valeurs F2-F1 vont être similaires en attaque et coda indiquant l'absence d'allophonie.
2. Ratio d'intensité :
 - AA : une différence d'intensité est attendue entre attaque et coda avec une valeur se rapprochant de 1 en coda pour un /l/ sombre et des valeurs inférieures en attaque pour un /l/ clair.
 - RO : des valeurs similaires sont prévues en attaque et coda en absence d'allophonie.
3. Pics d'énergie (relâchements) :
 - AA : moins de pics seront présents en coda pour un /l/ plus vocalique et plus de pics en attaque pour un /l/ plus consonantique.
 - RO : pas de différence entre attaque et coda.
4. Equations locus : On s'attend à des degrés différents de coarticulation, par ordre croissant : le plus faible degré de coarticulation en AA coda, suivi par AA attaque, le plus fort degré de coarticulation en RO attaque et coda.

Les hypothèses sur les équations locus (4) sont basées sur les résultats articulatoires de Bladon & Al-Bamerni 1976, Tabain 2000, Proctor 2009, Proctor et Walker 2012 et Recasens 2012 : Si le geste dorsal de rétraction est une cible articulatoire de la consonne, alors cette cible sera atteinte et par conséquent la coarticulation avec la voyelle adjacente sera faible. Les deux allophones de /l/ (clair et sombre) impliquent tous les deux un geste dorsal, différant seulement par la coordination temporelle avec le geste apical. D'après Recasens 2012 /l/ sombre a un geste dorsal plus prononcé que /l/ clair et sera donc plus résistant à la coarticulation. On s'attend donc à un faible degré de coarticulation entre voyelle et consonne latérale en général, surtout en AA en position coda (/l/ sombre). Vu les résultats F2-F1, le /l/ du RO est encore plus clair que celui du AA. Si on prend en considération ces résultats, il est possible qu'on retrouve cette différence dans les équations locus, c'est-à-dire que le degré de coarticulation sera plus fort en RO qu'en AA.

Stimuli et enregistrements

Notre corpus se compose de mots monosyllabiques comportant des /l/ seuls ou en clusters en position attaque et coda :

Langue	Attaque simple	Coda simple	Attaque complexe	Coda complexe
AA	lip	sɪl	blɪp	sɪlk
RO	lin	tʃɪl	plɪn	fɪlm

Tableau 1 : Exemples du corpus anglais-américain et roumain

Les contraintes phonotactiques des deux langues ont imposé le choix du contexte vocalique (RO : /a i u o i/ et AA : /i ɪ æ ʊ ʌ/) et du type de clusters (RO : attaque /#pl-/ , /#kl-/ , coda /-ld#/, /-lg#/, /-lk#/,

/-lm#/, /-lt#/, /-lts#/ et AA : attaque /#bl-/, /#gl-/, : coda /-lp#/, /-lk#/, /-ld#/, /-lt#/). L'inventaire résultant est de 90 mots cibles en RO et 96 en AA. Chaque mot cible a été inséré dans une phrase porteuse et répété 5 fois dans des blocs randomisés. On a fait varier les phrases porteuses, tout en gardant le même nombre de syllabes totales (5), pour éviter des effets de cadence rythmique.

Au contraire des études précédentes, nous avons examiné des mots monosyllabiques avec /l/ en attaque et coda, en évitant les frontières morphologiques.

Huit locuteurs par langue ont été enregistrés avec un enregistreur Edirol 24 bit 96kHz Wave/MP3. Les locuteurs américains ont été enregistrés à Paris dans la cabine insonorisée de Paris Diderot. Ce sont des étudiants qui ont passé un trimestre à Paris dans un programme d'études universitaires. Les locuteurs roumains ont été enregistrés à Bucarest en Roumanie dans la salle insonorisée de l'Académie Roumaine. Les résultats présentés dans cet article sont des résultats préliminaires de toutes les mesures acoustiques portant sur les enregistrements de six locuteurs masculins, trois par langue. Les résultats ont été analysés statistiquement en utilisant des Effets Linéaires Mixtes avec '*langue*', '*position dans la syllabe*' et '*complexité syllabique*' comme facteurs fixes et '*locuteur*' et '*mot*' comme facteurs aléatoires. Etant donnée la variation du contexte vocalique des stimuli des deux langues, nous avons rajouté l'*'aperture*' de la voyelle comme facteur aléatoire pour les mesures d'intensité. Ainsi tout effet créé par la différence d'intensité entre voyelles fermées et ouvertes n'est pas pris en compte. Pour les mesures des équations locus nous avons utilisé la fonction régression linéaire en R.

Méthodologie

Les mesures pour le degré de clarté et les équations locus consistant de valeurs formantiques ont été prises manuellement à partir des spectrogrammes au point milieu (état stable) du segment vocalique et de la liquide, ainsi qu'à la frontière des deux segments. Le critère de segmentation est la différence d'intensité au niveau du deuxième et troisième formant entre la voyelle et la consonne latérale. Un script Praat a été utilisé pour extraire les valeurs moyennes du segment /l/ et de la voyelle adjacente. Pour la détection des relâchements on a identifié et compté les /l/s comportant un ou plusieurs pics de relâchement, observés sur les oscillogrammes et les spectrogrammes, et on a ensuite calculé les pourcentages par rapport au nombre total de mots cibles. Le critère d'identification des pics est toute concentration verticale d'énergie qui crée une non-uniformité dans l'ensemble du segment (voir Figure 1).

Résultats et interprétations

Les résultats concernant le degré de clarté donné par les valeurs de $F2-F1$ (Figure 2) indiquent comme prévu un effet de *position dans la syllabe* pour l'AA ($p \sim 4.87e-4$). Cet effet confirme la présence d'allophonie dépendante de la position syllabique en AA. En RO l'absence d'effet confirme une absence d'allophonie. Un effet de *langue* ($p \sim 6.55e-4$) vient s'ajouter à celui de position syllabique. Le RO a des valeurs plus élevées de $F2-F1$, ce qui implique que le /l/ clair du RO reste considérablement plus clair que le /l/ clair de l'AA. Les différences inter-locuteurs sont plus prononcées en RO qu'en AA en général. Les valeurs de $F2-F1$ s'étendent sur un intervalle plus grand en RO qu'en AA. De plus en AA les valeurs $F2-F1$ en position attaque (/l/ clair) sont plus variables entre locuteurs que celles en coda (/l/ sombre). Ceci indique que plus la latérale est claire plus il y a des différences entre les locuteurs. Il est possible que la variabilité réduite du /l/ sombre soit liée au fait que pour ce type de /l/ chacun des deux gestes constitue une cible articuloire. Le /l/ sombre est ainsi le moins variable et, on verra plus loin, le plus résistant à la coarticulation.

Pour les ratios d'intensité on trouve un effet de la langue ($p \sim 3.76e-3$). Le RO a des ratios significativement plus petits. Cela signifie que le RO a une production plus consonantique du /l/ que l'AA. Ce résultat d'intensité soutient et renforce le résultat F2-F1 pour le degré de clarté. Toutefois on n'a pas trouvé d'effet de position syllabique dans aucune des deux langues par rapport à l'intensité. Alors qu'on ne s'attendait pas à trouver un effet dans le cas du RO, l'absence d'effet en AA est inattendue. Elle peut cependant s'expliquer par les pics d'énergie (Tableau 2) portant sur l'absence ou la présence de relâchements de /l/.

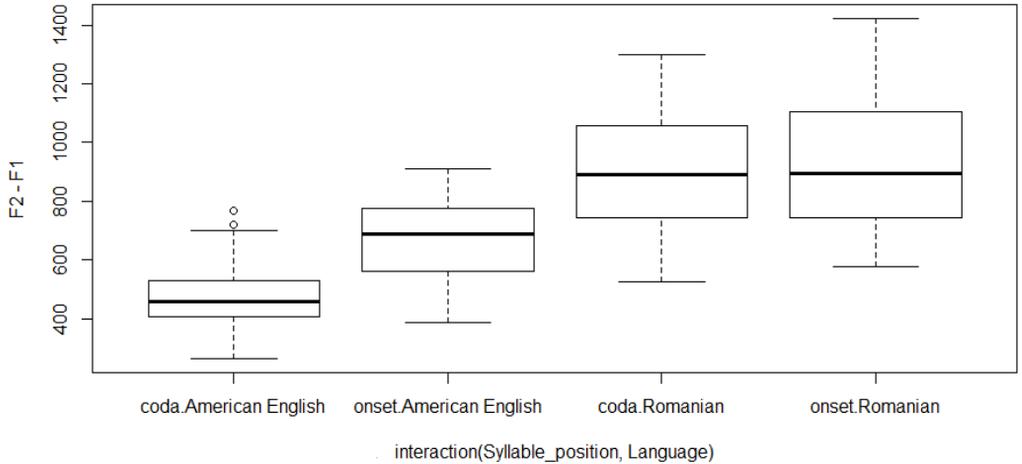


Figure 2: Valeurs F2-F1 variant par langue et position syllabique

Nous n'avons pas trouvé d'effet de *complexité syllabique* pour aucun des deux paramètres, ni F2-F1, ni ratio d'intensité. Les qualités intrinsèques de la consonne latérale dans les deux langues ne changent donc pas en fonction de la complexité syllabique.

Pour les pics d'énergie, en RO on a trouvé des pourcentages similaires de présence de relâchements en attaque et en coda, indiquant encore une fois l'absence d'allophonie. Pour l'AA, une grande différence entre attaque et coda confirme l'allophonie soutenue par les résultats F2-F1. On remarque ici que la distribution des pics est uniforme parmi les locuteurs.

% relâchements	/l/ ATTAQUE	/l/ CODA
AA	66%	12.5%
RO	44%	42%

Tableau 2 : % de relâchements de /l/

Le pourcentage important de pics en attaque pour l'AA peut être considéré comme un facteur perturbant des résultats d'intensité. Nous avons mesuré l'intensité moyenne sur toute la durée du segment /l/, donc la présence de relâchements (qui sont des pics d'énergie) aurait pu augmenter la valeur totale de l'intensité moyenne correspondant à la consonne latérale. L'augmentation de l'intensité moyenne de /l/ rapproche de 1 le rapport (intensité /l/ / intensité /V/) ce qui entraîne un manque d'effet de position syllabique en AA. Dans le cas du RO, par contre cela ne change pas les résultats car la présence de pics de relâchements est comparable en attaque et en coda. Ainsi, si la

présence de relâchement augmente la valeur moyenne d'intensité, en RO l'augmentation sera la même pour les deux positions syllabiques. .

Même si le pourcentage élevé de relâchements en attaque en AA peut expliquer le manque d'effet de position syllabique pour l'intensité, il reste tout de même difficile à interpréter relatif à l'intensité. Dans nos hypothèses nous avons interprété la présence de relâchements comme l'indication d'une production plus consonantique de la latérale. Le RO ayant une production plus consonantique (comme établi par l'effet de langue sur les valeurs d'intensité), on s'attendait à un pourcentage de relâchements plus élevé en RO qu'en AA. Or ce n'est pas le cas. Ainsi il est possible que la présence de relâchements indique principalement une constriction plus forte, que ce soit une constriction apicale ou dorsale. Cela veut dire qu'il ne serait plus pertinent d'attribuer une qualité « consonantique » ou « vocalique » au /l/ en fonction de la présence de relâchements. En effet, on a pu trouver des pics de relâchement même dans des voyelles fermées comme /i/ et /i/. Les résultats concernant la présence de relâchements ne donnent donc d'information fiable que sur l'allophonie : ils confirment l'allophonie en AA et son absence en RO.

Finalement, le Tableau 3 et la Figure 3 montrent les résultats des équations locus, l'indice de coarticulation entre la consonne liquide et le noyau vocalique tautosyllabique. On trouve que indépendamment de la position et de la complexité syllabique, en RO le /l/ a un fort degré de coarticulation et en AA un faible degré de coarticulation.

	Attaque simple		Attaque complexe		Coda simple		Coda complexe	
	AA	RO	AA	RO	AA	RO	AA	RO
Pente	0.4609	0.705	0.3622	0.7238	0.5498	0.6325	0.4809	0.7238
Intersection	506.77	384.01	663.71	315.09	318.37	473.5	506.77	315.09
R ²	0.34	0.93	0.12	0.94	0.89	0.75	0.34	0.94

Tableau 3 : Paramètres équations locus : pentes, intersection et R² en fonction de la langue et de la position syllabique

Les résultats pour l'AA sont en partie confirmés. Le degré de coarticulation en AA est faible (pente plus éloignée de 1) par rapport au RO, mais il n'y a pas de différence entre attaque et coda. Ce résultat est attribué à la présence d'une cible dorsale plus importante du /l/ en AA en général, indépendamment de sa position syllabique.

Par contre, pour le RO on peut attribuer le degré de coarticulation relativement fort à une cible dorsale réduite par rapport à la cible apicale. On peut dire que les deux langues diffèrent par rapport au poids relatif des deux gestes. En effet si en RO le geste dorsal était une cible articuloire du /l/, alors la variation du deuxième formant aurait dû être plus faible comme dans le cas de l'AA. Ceci confirme l'hypothèse d'une production plus consonantique du /l/ en RO qu'en AA.

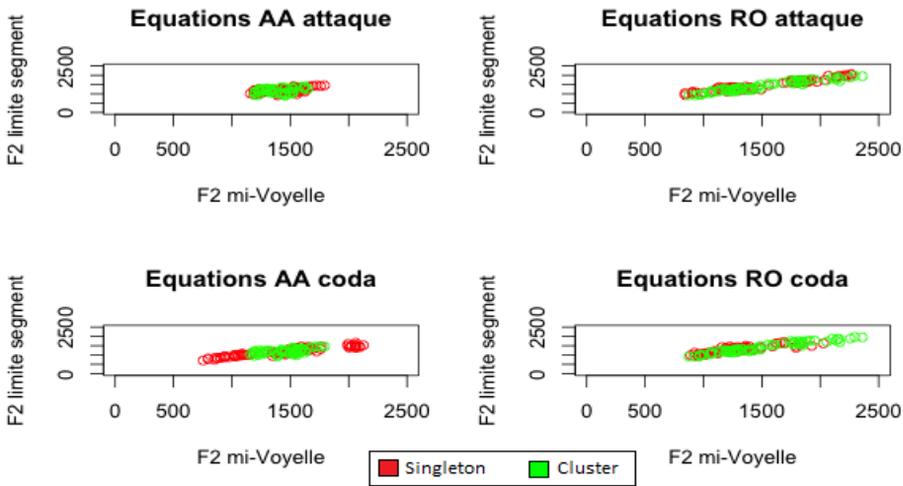


Figure 3 : Valeurs F2 – en début de transition (limite segment) en fonction des valeurs F2 – à mi voyelle en attaque et coda pour AA (gauche) et RO (droite)

Conclusion

L'article propose une analyse acoustique des réalisations des consonnes latérales en deux langues avec et sans allophonie syllabique, prenant en compte la double composition gestuelle en fonction de la position syllabique et de la complexité phonotactique. Nous avons analysé quatre paramètres : F2-F1, le ratio d'intensité, les pics d'énergie en tant que relâchement, les équations locus comme indice de coarticulation avec le noyau vocalique. Dans un premier temps, la comparaison de deux langues dans la même analyse nous a permis d'obtenir de nouvelles informations typologiques. Les mesures de degré de clarté (F2-F1) montrent que l'allophonie /l/ clair - /l/ sombre n'a pas une distribution binaire, mais plutôt graduelle. La variante claire de l'anglais a un degré intermédiaire de clarté lorsqu'on la compare à la variante claire du roumain. Nos résultats s'accordent à ceux de Recasens 2012. Nous proposons que le /l/ de l'anglais a une cible dorsale plus importante, qui se manifeste dans les résultats acoustiques, alors que le /l/ du roumain a un geste apical comme cible principale. Le /l/ sombre de l'AA est aussi le moins variable entre locuteurs, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que sa production demande plus de précision, surtout pour le geste dorsal. Notre hypothèse s'accorde aussi avec des résultats préliminaires de données ultrasons (King, en cours de préparation) qui montrent que les locuteurs d'AE ont bien un composante dorsale dans la production des deux allophones de /l/ (sombre et clair) contrairement aux locuteurs d'anglais britannique qui ont un geste dorsal réduit. Ces résultats ont des implications importantes pour la modélisation inter-langue des consonnes latérales.

Finalement on a montré que la position syllabique est un facteur qui influence la présence d'allophonie alors que la complexité syllabique ne l'est pas, du moins pour les quatre paramètres considérés ici. Toutefois, on sait que, au-delà de l'allophonie, la complexité syllabique a une influence sur la coordination temporelle entre consonnes latérales et voyelles d'une même syllabe (Marin et Pouplier 2010, 2014). Des futurs travaux vont d'une part intégrer plus de locuteurs des deux langues et examiner des hypothèses plus précises portant sur la coordination temporelle du double geste des consonnes liquides.

Références

- BLADON R.A.W., AL-BAMERNI A. (1976). Coarticulatory resistance in English /l/. *Journal of Phonetics*, 3, 137-150.
- FOWLER C., BRANCAZIO L. (2000). Coarticulation resistance of American English consonants and its effects of transconsonantal vowel-to-vowel coarticulation. *Lang Speech*, 43, 1-41.
- ISKAROUS K., FOWLER C., WHALEN D.H. (2010). Locus equations are an acoustic expression of articulator synergy. *J. Acoust. Soc. Am*, 127, 2021-2032
- KING H. (En cours de préparation). The dark side of the tongue: étude de faisabilité de l'utilisation de l'imagerie à ultrasons pour l'acquisition du /l/ sombre chez les apprenants francophones de l'anglais. Mémoire de Master 2, Université Paris 7-Paris Diderot.
- KRULL D. (1989). Second formant locus patterns as a measure of consonant-vowel coarticulation. *PERILUS*, 5, 43-61.
- LADEFOGED D., MADDIESON I. (1995). *The sounds of the World's Languages*. Blackwell Publishing
- LINDBLOM B. (1963). Spectrographic study of vowel reduction. *J. Acoust. Soc. Am.*, 121, 1773-1781.
- MARIN S., POUPLIER M. (2010). Temporal Organisation of Complex Onsets and Codas In American English: Testing the Predictions of a Gestural Coupling Model. *Motor Control* 14, 380-407.
- MARIN S., POUPLIER M. (2010). Articulatory synergies in the temporal organization of liquid clusters in Romanian. *Journal of Phonetics*, 24, 24-36.
- PROCTOR M., (2009). *Gestural Characterization of a Phonological Class: The Liquids*. Thèse de Doctorat : Yale University.
- PROCTOR M., WALKER R. (2012). Articulatory bases of sonority in English liquids. *The Sonority Controversy*, 18, 289.
- RECASENS D. (2012). A cross-language acoustic study of initial and final allophones of /l/. *Speech Communication*, 54, 368-383.
- SPROAT R., FUJIMURA O. (1993). Allophonic variation in American English /l/ and its implications for phonetic interpretation. *Journal of Phonetics*, 21, 291-311.
- SUSSMAN H., HOEMEKE K., AHMET F. S. (1993). A cross-linguistic investigation of locus equations as a phonetic descriptor for place articulation. *J. Acoust. Soc. Am*, 94, 1256-1268.
- TABAIN M. (2000). Coarticulation in CV syllables: A comparison of locus equation and EPG data. *Journal of Phonetics*, 28, 137-159.