



**HAL**  
open science

## Étude IRM de la production des /l/ de l'anglais par des locuteurs francophones

Alice Léger, Coline Caillol, Emmanuel Ferragne, Hannah King, Sylvain Charron, Clément Debacker, Maliesse Lui, Catherine Oppenheim

### ► To cite this version:

Alice Léger, Coline Caillol, Emmanuel Ferragne, Hannah King, Sylvain Charron, et al.. Étude IRM de la production des /l/ de l'anglais par des locuteurs francophones. 35èmes Journées d'Études sur la Parole (JEP 2024) 31ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN 2024) 26ème Rencontre des Étudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues (RECITAL 2024), Jul 2024, Toulouse, France. pp.371-380. hal-04623088

HAL Id: hal-04623088

<https://inria.hal.science/hal-04623088v1>

Submitted on 1 Jul 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

# Étude IRM de la production des // de l'anglais par des locuteurs francophones

Alice Léger<sup>1</sup> Coline Caillol<sup>1</sup> Emmanuel Ferragne<sup>1</sup> Hannah King<sup>1</sup> Sylvain Charron<sup>2</sup> Clément Debacker<sup>2, 3</sup> Maliesse Lui<sup>2, 3</sup> Catherine Oppenheim<sup>2, 3</sup>

(1) Université Paris Cité, CLILLAC-ARP, F-75013 Paris, France

(2) Université Paris Cité, Inserm, Institute of Psychiatry and Neurosciences of Paris, F-75014 Paris, France

(3) GHU-Paris Psychiatrie et Neurosciences, Hôpital Sainte-Anne, F-75014 Paris, France

alice.leger@etu.u-paris.fr, coline.caillol@etu.u-paris.fr

## RÉSUMÉ

---

Cette étude analyse l'articulation des allophones clairs et sombres du // de l'anglais par trois locuteurs francophones et une locutrice native d'anglais britannique. Nous examinons en imagerie par résonance magnétique si les apprenants développent un // sombre (absent du français), avec plus de rétraction en coda qu'en attaque comme attendu en anglais standard. Nous mesurons également si les apprenants acquièrent la corrélation observée chez les natifs entre longueur de la rime et degré de rétraction du // sombre. L'effet de l'antériorité théorique et empirique de la voyelle est aussi analysé. Nos résultats indiquent que les participants ont acquis la distribution allophonique attendue avec une influence de l'antériorité, mais pas de la longueur de la voyelle. Notre étude contribue ainsi à caractériser les gestes articulatoires complexes acquis par des apprenants avancés de l'anglais à travers une technique d'imagerie permettant de visualiser l'intégralité des zones articulatoires pertinentes pour le // de l'anglais.

## ABSTRACT

---

### **An MRI study of the production of English // by French speakers.**

This study investigates the articulation of the dark and light allophones of // in English by three French native speakers and one native speaker of British English. Using magnetic resonance imaging, we examine whether the learners develop a dark // (absent from French), with more retraction in coda than in onset, as observed in standard Englishes. We also measure whether learners acquire the correlation found in native speakers between the length of the rhyme and the degree of retraction of the dark //. The effect of theoretical and empirical vowel frontness is also considered. Our results indicate that the participants acquired the expected allophonic distribution with an influence of frontness but not vowel length. Our study thus contributes to the characterisation of complex articulatory gestures acquired by advanced learners of English using an imaging technique which allows us to visualise the entire tongue areas relevant to English //.

---

**MOTS-CLÉS :** // sombre, coarticulation, IRM, anglais L2.

**KEYWORDS:** dark //, coarticulation, MRI, L2 English.

---

# 1 Introduction

L'acquisition de la prononciation d'une langue étrangère implique souvent la production de gestes articulatoires qui sont absents de la langue maternelle. C'est par exemple le cas du // anglais pour des apprenants francophones. En effet, les variétés d'anglais standard présentent un allophone plus « sombre » du // en coda de syllabe, et un allophone plus « clair » en attaque (Wells, 1982). Le // sombre se distingue du // clair par sa double articulation : il implique, en plus d'une élévation de l'apex commune avec le // clair, une rétraction du dos de la langue. Traditionnellement qualifiée de « vélarisation », cette rétraction peut s'étendre de la région uvulaire à pharyngale (Browman & Goldstein, 1995; Narayanan *et al.*, 1997); plus elle est importante, plus le // est dit « sombre ». De plus, l'articulation acquise doit être conforme à la variété d'anglais parlée. En effet, les allophones du // produits en attaque et en coda se distinguent davantage par leur degré de rétraction de la langue que par la simple présence ou absence de rétraction. Par exemple, le // de l'anglais américain implique une rétraction de la langue quelle que soit la position dans la syllabe (Sproat & Fujimura, 1993), mais qui reste plus importante en coda qu'en attaque (Proctor *et al.*, 2019). La distinction est plus marquée en anglais britannique standard, avec une rétraction de la langue en coda uniquement (Bladon & Al-Bamerni, 1976; Turton, 2017). L'acquisition de cette allophonie reste toutefois peu étudiée chez les apprenants francophones (à l'exception de Colantoni *et al.* (2023) et King & Ferragne (2015)). Dans le cadre d'expériences pilotes pour l'étude de la prononciation d'apprenants d'anglais langue seconde (L2), la présente étude analyse l'articulation du // de l'anglais par des locuteurs avancés d'anglais L2 ayant le français pour langue maternelle (L1).

Nous examinons plus particulièrement un aspect du // de l'anglais observé à l'origine chez des locuteurs natifs par Sproat & Fujimura (1993) : une corrélation entre la longueur de la rime dans la syllabe et le degré de rétraction de la langue. Puisqu'on dispose de plus de temps pour déplacer le dos de la langue dans le contexte d'une rime longue, ils proposent que le // sombre est produit avec une rétraction plus importante dans les rimes longues que les rimes courtes (par ex. dans *peel* [pi:t̚] par rapport à *pill* [pɪl̚]). Une corrélation entre rétraction et longueur de la rime a également été observée par Yuan & Liberman (2011). Dans leur étude acoustique de 20 000 tokens de // du corpus anglais américain SCOTUS (Supreme Court Justice of the United States corpus), ils observent un effet dans le contexte du // sombre, mais pas du // clair. Turton (2017) trouve un résultat similaire auprès de locuteurs de cinq variétés d'anglais parlées au Royaume-Uni. Ses données échographiques indiquent un effet de la durée de la rime sur les // sombres dans les variétés montrant un // clair en attaque et sombre en coda. Il est intéressant de noter que dans la variété parlée à Manchester, où seul un variant sombre existe, la rétraction du // en coda est plus importante en fin d'énoncé qu'en cours d'énoncé (par ex. dans *peel* par rapport à *peel bananas*). Comme l'explique Turton (2017), cette position finale implique une rime plus longue et donne au geste dorsal plus de temps pour atteindre sa constriction maximale. L'influence de la longueur de la rime sur le degré de rétraction du // sombre n'a à notre connaissance pas été examinée auprès d'apprenants de l'anglais. Cette étude vise à déterminer si des locuteurs francophones d'anglais L2 développent naturellement ce schéma articulatoire.

Nous analysons la production de trois apprenants avancés de français L1-anglais L2 ayant un accent américain ou britannique, et d'une locutrice native d'anglais britannique. Nous examinons si les apprenants développent un allophone sombre du // absent dans leur L1, ainsi qu'une articulation cohérente avec leur variété d'anglais acquise. Nous attendons une rétraction du // en coda quel que soit l'accent, et du // en attaque uniquement en anglais américain. Dans un deuxième temps, nous étudions si les apprenants développent un effet de la longueur de la rime sur le degré de rétraction du //. D'après les résultats de Sproat & Fujimura (1993), nous prédisons que le // sombre sera produit

avec une rétraction du dos de la langue plus importante après une voyelle longue qu'après une voyelle courte. Les contextes vocaliques inclus dans notre étude étant plus variés que ceux de [Sproat & Fujimura \(1993\)](#) (/i, ɪ/), nous considérons également l'influence de l'antériorité de la voyelle sur le degré de rétraction du /l/ sombre. Nous prédisons un effet de coarticulation du /l/ sombre en coda avec la voyelle précédente, c'est-à-dire une rétraction du /l/ moins importante dans le contexte d'une voyelle antérieure que d'une voyelle postérieure.

Les données analysées sont issues d'enregistrements pilote pour l'étude de la prononciation des apprenants en imagerie par résonance magnétique à haute résolution temporelle (IRM-HRT). Parmi les méthodes qui permettent d'observer la coordination des articulateurs pour la production de la parole, nous disposons de l'échographie de la langue (ex. [Léger et al., 2023](#)) et de l'IRM-HRT. Ces 15 dernières années, l'IRM-HRT a permis l'étude détaillée des structures physiologiques impliquées dans la production de la parole ([Kochetov, 2020](#); [Lim et al., 2021](#); [Narayanan et al., 2004](#); [Carey & McGettigan, 2017](#)). Elle permet notamment d'imager ce qui reste invisible par échographie : la surface complète de la langue, sa face inférieure et les structures pertinentes autres que la langue telles que les lèvres, le palais dur, le voile du palais ou encore le pharynx. En effet, alors que l'apex et la racine de la langue sont essentiels à l'étude de la double articulation du /l/ sombre, ils sont invisibles à l'échographie en raison de l'ombre projetée par la mandibule et l'os hyoïde à l'avant et, à l'arrière, du conduit vocal (comme illustré par la Figure 1). La visualisation offerte par IRM-HRT nous permet ainsi une description détaillée des stratégies articulatoires des apprenants pour le /l/ sombre de l'anglais.

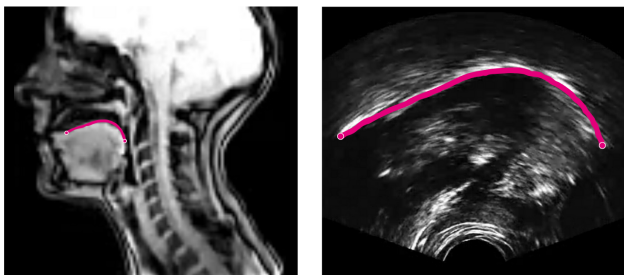


FIGURE 1 – Comparaison de la visibilité de la langue pour la locutrice FFB avec l'IRM (gauche) et l'échographie (droite). Le contour tracé manuellement en rose recouvre approximativement la même zone dans les deux images

## 2 Méthode

### 2.1 Participants

Les participants sont quatre locuteurs et locutrices de l'anglais, tous enseignants-chercheurs en phonétique. Le groupe se compose d'une locutrice native d'anglais britannique (AFB) et de trois locuteurs de langue maternelle française présentant un niveau avancé d'anglais. Parmi ces trois participants, on compte une locutrice d'anglais américain (FFA) et deux locuteurs d'anglais britannique (FFB, FHB). Les participants ont été nommés selon le code suivant : 1<sup>ère</sup> lettre, langue maternelle (F : français, A :



anglais); 2<sup>e</sup> lettre, genre (F : femme; H : homme); 3<sup>e</sup> lettre, accent (A : américain; B : britannique). À noter que les trois locuteurs d'anglais L2 de cette étude ont acquis l'anglais dans des contextes différents. La locutrice FFA a vécu et étudié aux États-Unis de ses 10 à ses 15 ans. Les locuteurs FFB et FHB ont eux acquis l'anglais en France dans un cadre scolaire, sans immersion dans une communauté de locuteurs natifs avant leur majorité.

## 2.2 Matériel linguistique

Chaque participant a lu une liste de 18 monosyllabes contenant un /l/ en attaque (ex. *leap*) ou en coda (ex. *peel*), précédant ou suivant une monophthongue de l'anglais. La Table 1 présente les stimuli utilisés pour chaque position syllabique et chaque contexte vocalique. Nous faisons référence à chaque contexte vocalique par son ensemble lexical (Wells, 1982), c'est-à-dire le « mot-clé » représentant la voyelle cible (ex. LOT pour /ɒ, ɑ :/). Une seconde liste de mots avec ces mêmes voyelles en contexte /b/ + voyelle (+ consonne /t, d, k/) a été produite pour obtenir l'articulation de chaque voyelle par chaque locuteur dans un contexte indépendant du /l/. Trois répétitions de la liste des /l/ ont été enregistrées par participant, et une seule de la liste des voyelles, en raison de contraintes de temps.

Contexte vocalique		Mot test	
Mot-clé	BR / AM	/l/ Attaque	/l/ Coda
FLEECE	i :	leap	peel
KIT	ɪ	lip	pill
DRESS	e	let	tell
TRAP	æ	lap	pal
LOT	ɒ / ɑ :	lock	col
STRUT	ʌ	luck	cull
THOUGHT	ɔ : / ɑ :	law	all
GOOSE	u :	loop	pool
FOOT	ʊ	look	pull

TABLE 1 – Liste des mots test par contexte vocalique, selon la réalisation attendue par accent d'anglais (BR = britannique, AM = américain)

## 2.3 Acquisition des données

Les données ont été acquises au moyen d'une IRM Vantage Galan 3T XGO de Canon Medical Systems. Une coupe sagittale médiane de l'appareil phonatoire a été acquise avec une séquence 2D en écho de gradient rapide avec les paramètres suivants : TR = 2,8 ms, TE = 1,2 ms, BW = 78,25 Hz, FOV = 24 × 24 cm, angle de bascule = 5°. La résolution dans le plan était de 2,5 × 2,5 mm pour une épaisseur de coupe de 10 mm. Les images ont été acquises avec une résolution temporelle de 10 images par seconde par l'intermédiaire d'une antenne tête/cou de 16 canaux combinée avec une antenne flexible de 16 canaux placée au-dessus de la bouche et du cou. Les données IRM ont été générées par une reconstruction en deep learning incluant un débruitage des images (Advanced intelligent Clear-IQ Engine, Canon Medical Systems). Les données audio ont été capturées à l'aide du microphone FOMRI III+ d'Optoacoustics et débruitées avec le logiciel iZotope RX<sup>1</sup>.

1. Voir un exemple des vidéos que nous obtenons, avec la locutrice AFB ici : [https://www.youtube.com/shorts/wxSpz\\_NY0us](https://www.youtube.com/shorts/wxSpz_NY0us)

## 2.4 Analyses

Pour chacune des trois occurrences de chaque mot test comportant un /l/ en attaque ou en coda, les contours de la langue ont été tracés manuellement par le premier auteur à trois instants différents : la constriction maximale du geste antérieur, la constriction maximale du geste postérieur et l'articulation de la voyelle. La trame correspondant à chacune de ces constrictionnements a été choisie manuellement, en examinant trame par trame les images IRM des mots test produits. Pour l'unique occurrence de chaque mot de type /b/ + voyelle (+ consonne), le contour de la langue a été tracé à la trame montrant l'articulation cible de la voyelle, avant la transition vers la consonne suivante ou la position de repos. Les deux points aux extrémités de chaque contour ont été positionnés de façon systématique, pour la partie antérieure, au point de la face inférieure de la langue se trouvant à hauteur de la mandibule et, pour la partie postérieure, au dernier point de jonction identifiable entre la racine de la langue et l'épiglotte. Afin de corriger les différences interindividuelles d'inclinaison de la tête, une droite des moindres carrés a été ajustée au contour moyen de chaque participant. Puis l'angle entre cette droite et l'axe des x a été employé pour opérer une rotation de tous les contours de chaque participant. Ensuite, les contours ont été recalés pour chaque participant par rapport à la valeur de x minimale pour ce participant (c.-à-d. la valeur la plus antérieure de la pointe de la langue) et par rapport à la valeur de y minimale. Puisque dans le cas du /l/ sombre, nous nous intéressons à une éventuelle élévation du dos de la langue vers le voile du palais ou à une constriction pharyngale, nos variables dépendantes sont les coordonnées du point le plus haut de la langue dans sa moitié postérieure ainsi que la valeur de x maximale pour chaque contour (reflétant le degré de constriction postérieure). Nous avons également pris une mesure plus globale de la hauteur et de l'antériorité de la langue en calculant le barycentre du polygone formé par les contours tracés.

## 3 Résultats

Afin de déterminer si les locuteurs d'anglais L2 de nos données parviennent à produire des allophones du /l/ distincts en attaque et en coda de syllabe, nous avons calculé un modèle linéaire mixte avec la position (attaque vs coda) et le locuteur comme facteurs fixes, la répétition et le mot comme effet aléatoire, et la valeur horizontale des barycentres comme variable dépendante. On trouve un effet significatif du locuteur ( $F_{(3,211)} = 120,77$   $p < 0,001$ ) et un effet significatif de la position ( $F_{(1,211)} = 15,375$   $p < 0,001$ ) dans le sens prédit (position plus postérieure du /l/ en coda).

La comparaison visuelle des trames de constriction postérieure maximale du /l/ révèle incidemment des schémas articulatoires individuels sensibles à la variété d'anglais parlée. La Figure 2, qui montre l'articulation du /l/ pour *leap* et *peel*, reflète les tendances d'articulation observées sur l'ensemble des mots test. On voit chez les locuteurs d'anglais britannique (AFB, FFB, FHB) une différence nette entre le /l/ en attaque et en coda, marquée par l'absence de constriction du dos de la langue en attaque. En revanche, la locutrice d'anglais américain (FFA) présente en attaque une rétraction du dos de la langue plus importante que les trois autres locuteurs. Cette réalisation sombre du /l/ semble visuellement plus antériorisée que le /l/ sombre qu'elle produit en coda, conformément à la tendance observée chez les locuteurs natifs d'anglais américain.

Pour tester l'effet de la longueur phonologique sur l'articulation du geste postérieur du /l/ en coda, cinq modèles linéaires mixtes (un pour chacune de nos variables dépendantes) ont été calculés, avec pour facteur fixe la longueur théorique de la voyelle (longue vs courte) et pour facteurs aléatoires le

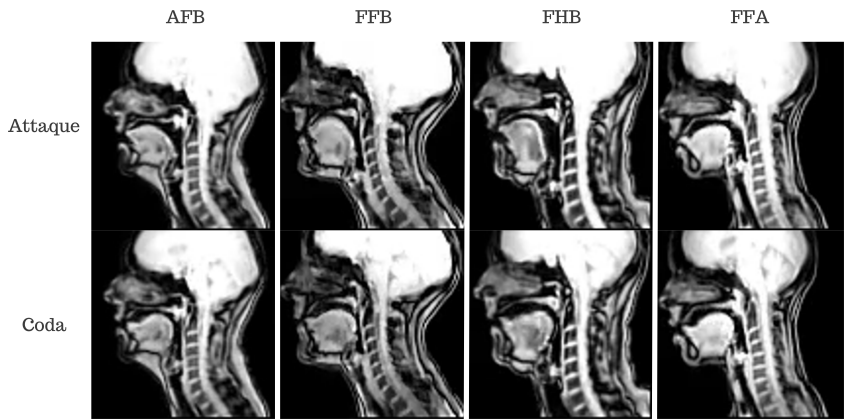


FIGURE 2 – Rétraction maximale du /l/ en attaque et en coda dans une répétition de *leap* et *peel* par chaque locuteur

locuteur, la répétition, et la longueur emboîtée dans le facteur mot. La Table 2 résume les modèles testés. On n’observe d’effet significatif de la longueur phonologique sur aucune des cinq variables. Nos résultats suggèrent que la longueur de la voyelle précédant le /l/ sombre n’impacte pas le degré de rétraction ou d’élévation de la langue.

Variable dépendante	Statistiques
<i>maxX</i>	$F_{(1,106)} = 1,3769$ $p = 0,24326$
<i>maxY SecondHalf</i>	$F_{(1,106)} = 1,955$ $p = 0,16497$
<i>xOfMaxY SecondHalf</i>	$F_{(1,106)} = 0,3969$ $p = 0,53016$
<i>xCentroid</i>	$F_{(1,106)} = 0,31609$ $p = 0,57516$
<i>yCentroid</i>	$F_{(1,106)} = 4,0097$ $p = 0,52795$

TABLE 2 – Résumé des modèles testant l’effet de la longueur phonologique. Le code des effets aléatoires dans chaque modèle est le suivant :  $(1|spkr) + (1|rep) + (1 + vLength|word)$

Variable dépendante	Statistiques
<i>maxX</i>	$F_{(1,106)} = 1,9422$ $p = 0,16635$
<i>maxY SecondHalf</i>	$F_{(1,106)} = 1,6392$ $p = 0,20323$
<i>xOfMaxY SecondHalf</i>	$F_{(1,106)} = 0,39083$ $p = 0,53321$
<i>xCentroid</i>	$F_{(1,106)} = 44,707$ $p < 0,001$
<i>yCentroid</i>	$F_{(1,106)} = 1,6801$ $p = 0,19773$

TABLE 3 – Résumé des modèles testant l’effet du caractère antérieur ou postérieur (théorique) de la voyelle. Le code des effets aléatoires dans chaque modèle est le suivant :  $(1|spkr) + (1|rep) + (1 + frontness|word)$

Nous avons ensuite testé (Table 3) l’effet du caractère antérieur ou postérieur de la voyelle sur nos cinq variables dépendantes en commençant par une répartition « théorique » des voyelles : FLEECE,

KIT, DRESS et TRAP ont été classées comme antérieures ; LOT, FOOT, GOOSE, THOUGHT et STRUT, comme postérieures. Seule la valeur x du centre de gravité de la langue montre un effet significatif : la voyelle postérieure entraîne une valeur de x plus élevée, reflétant le caractère rétracté de la langue pour le /l/ suivant une voyelle postérieure. La hauteur de la langue pour le /l/ ne présente cependant pas d'influence de l'antériorité de la voyelle qui précède.

Afin de comparer l'effet de l'antériorité théorique à celui de l'antériorité empirique, nous avons déterminé quelles voyelles étaient phonétiquement antérieures ou postérieures en fonction du locuteur. La Figure 3 montre pour chaque locuteur le point le plus haut de la langue lors de la production des neuf voyelles issues des mots-tests. Pour la classification empirique des voyelles comme antérieure ou postérieure, une séparation a été appliquée pour chaque locuteur à partir de la valeur sur l'axe horizontal qui est à mi-chemin entre le point de la voyelle la plus postérieure et celui de la voyelle la plus antérieure.

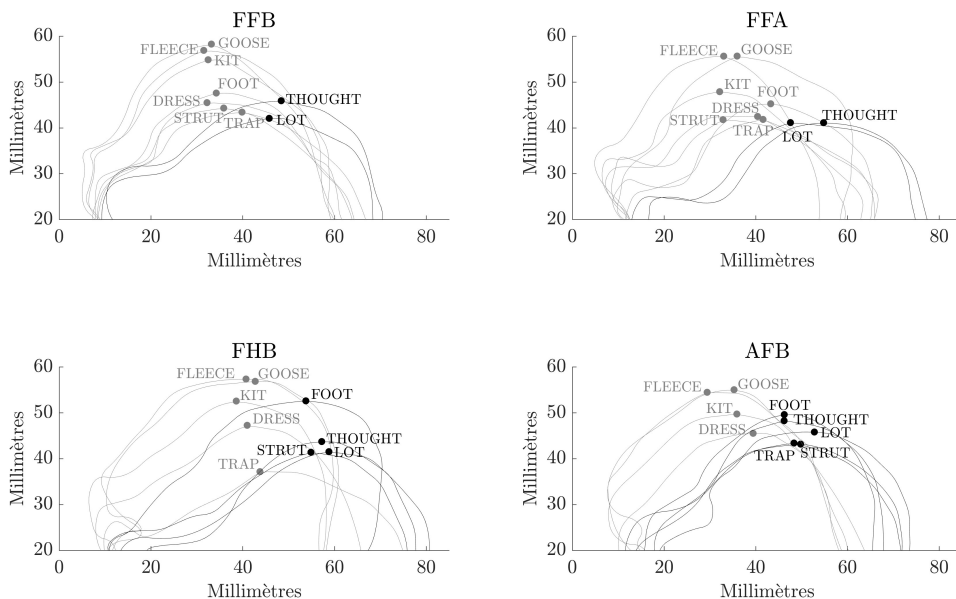


FIGURE 3 – Caractère antérieur (gris) ou postérieur (noir) de la voyelle déterminé par le point le plus haut de la langue pour chaque participant. Code participants : 1<sup>ère</sup> lettre, langue maternelle (F : français, A : anglais) ; 2<sup>e</sup> lettre, genre (F : femme ; H : homme) ; 3<sup>e</sup> lettre, accent (A : américain ; B : britannique)

Le seul modèle qui présentait un effet significatif dans la Table 3 était celui qui avait pour variable dépendante la valeur x du centre de gravité de la langue. En prenant le même modèle, mais en remplaçant le caractère antérieur-postérieur théorique par celui que nous venons de déterminer empiriquement grâce au point le plus haut de la langue, le nouveau modèle renvoie un même effet significatif du caractère antérieur-postérieur ( $F_{(1,106)} = 9,96854$   $p < 0,005$ ). Le meilleur modèle est celui qui a pour facteur le caractère antérieur-postérieur théorique ( $AIC = 423$ ,  $BIC = 444$  ; comparé au modèle avec antériorité empirique :  $AIC = 436$ ,  $BIC = 457$ ).

## 4 Discussion

À la question de savoir si des locuteurs non-natifs de l'anglais peuvent acquérir un geste articulatoire absent de leur L1 et n'ayant qu'un rôle allophonique dans la L2, nos résultats indiquent que oui ; et cela, y compris pour des apprenants tardifs. En dépit des limites imposées par une supposée période critique pour l'acquisition de la phonologie d'une L2 (Birdsong, 2018), une certaine plasticité reste disponible à l'adolescence, y compris pour des détails phonétiques dont l'absence n'entraverait pas la compréhension, comme le // sombre de notre étude ou le VOT du français par des anglophones dans l'étude de Birdsong (2003). Les // produits en coda montrent également un effet de coarticulation selon l'antériorité de la voyelle qui précède : le geste dorsal du // sombre est antériorisé si la voyelle est antérieure, et sa rétraction plus marquée si la voyelle est postérieure. Les locuteurs d'anglais L2 de cette étude ne présentent cependant pas le même effet de la longueur phonologique de la voyelle sur le geste postérieur du // que celui rapporté chez les natifs (Sprout & Fujimura, 1993). Toutefois, nos résultats sont à généraliser avec prudence : les locuteurs de notre étude sont des apprenants avancés, qui plus est spécialistes de phonétique de l'anglais. Examiner ces mêmes effets de coarticulation auprès d'apprenants de niveau intermédiaire aurait un intérêt pédagogique certain pour l'enseignement de la prononciation en anglais L2. Dans une étude acoustique, Chung & Kim (2021) trouvent par exemple que /ɔl, əl/ sont des contextes qui favorisent l'acquisition du // sombre pour les apprenants coréen L1-anglais L2. Dans le même ordre d'idée, en laissant plus de temps pour la réalisation du // sombre, une rime longue pourrait également constituer un contexte de production plus accessible par les apprenants de l'anglais. Nous avons utilisé comme facteur la dichotomie « théorique » entre voyelles phonologiquement longues et brèves en anglais britannique ; un prolongement logique de cet aspect consistera à examiner le signal acoustique pour calculer des durées phonétiques précises des voyelles et mesurer leur impact sur l'articulation du //. Notre analyse pourra aussi bénéficier d'une description plus précise du caractère antérieur-postérieur des voyelles. La meilleure performance du modèle utilisant l'antériorité théorique plutôt qu'empirique suggère que le point le plus haut de la langue, pourtant utilisé comme critère discriminant pour les voyelles dans les manuels de phonétique (par ex. Roach (2007)), est un piètre descripteur. Par exemple, dans la Figure 3 pour la locutrice FFA, la proximité du point le plus haut pour GOOSE et FLEECE occulte la configuration de la langue plus postérieure pour GOOSE que FLEECE. Utiliser par exemple le centre de gravité saurait mieux tenir compte de cette différence.

## 5 Conclusion

Notre étude visait à analyser l'articulation du // sombre de l'anglais chez des locuteurs avancés français L1-anglais L2. Nous avons confirmé que nos participants présentaient l'alternance allophonique attendue : // clair en attaque de syllabe, et sombre en coda. Nous avons ensuite déterminé que l'articulation du // sombre de l'anglais était influencée par l'antériorité de la voyelle précédente, mais pas par la longueur de la rime, contrairement au schéma observé chez les natifs. Nos résultats indiquent une influence de l'antériorité de la voyelle sur le // en coda, avec un geste dorsal plus marqué après une voyelle postérieure. En autorisant la visualisation de l'intégralité de la langue tout en rendant possible l'analyse de la succession des gestes articulatoires du // anglais, l'IRM-HRT nous a permis de caractériser en détail la réalisation d'un son complexe de l'anglais par une locutrice anglophone et trois francophones locuteurs avancés d'anglais L2.

# Références

- BIRDSONG D. (2003). Authenticité de prononciation en français L2 chez des apprenants tardifs anglophones : Analyses segmentales et globales. *Acquisition et interaction en langue étrangère*, (18), 17–36. DOI : [10.4000/aile.1150](https://doi.org/10.4000/aile.1150).
- BIRDSONG D. (2018). Plasticity, variability and age in second language acquisition and bilingualism. *Frontiers in Psychology*, **9**. DOI : [10.3389/fpsyg.2018.00081](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00081).
- BLADON R. A. W. & AL-BAMERNI A. (1976). Coarticulation resistance in English /l/. *Journal of Phonetics*, **4**(2), 137–150. DOI : [10.1016/S0095-4470\(19\)31234-3](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)31234-3).
- BROWMAN C. P. & GOLDSTEIN L. (1995). Gestural syllable position effects in American English. In F. BELL-BERTI & L. RAPHAEL, Éds., *Producing Speech : Contemporary Issues. For Katherine Safford Harris*, p. 19–33. New York : AIP Press.
- CAREY D. & MCGETTIGAN C. (2017). Magnetic resonance imaging of the brain and vocal tract : Applications to the study of speech production and language learning. *Neuropsychologia*, **98**, 201–211. DOI : [10.1016/j.neuropsychologia.2016.06.003](https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.06.003).
- CHUNG H. & KIM Y. (2021). Acoustic characteristics of Korean-English bilingual speakers’/l/ and the relationship to their foreign accent ratings. *Journal of Communication Disorders*, **94**, 106157. DOI : [10.1016/j.jcomdis.2021.106157](https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2021.106157).
- COLANTONI L., KOCHETOV A. & STEELE J. (2023). Articulatory insights into the L2 acquisition of English-/l/ allophony. *Language and Speech*. DOI : [10.1177/00238309231200629](https://doi.org/10.1177/00238309231200629).
- KING H. & FERRAGNE E. (2015). The dark side of the tongue : The feasibility of ultrasound imaging in the acquisition of English dark /l/ in French learners. In *Ultrafest VII*.
- KOCHETOV A. (2020). Research methods in articulatory phonetics II : Studying other gestures and recent trends. *Language and Linguistics Compass*, **14**(6), e12371. DOI : [10.1111/lnc3.12371](https://doi.org/10.1111/lnc3.12371).
- LÉGER A., FERRAGNE E. & KING H. (2023). Is rhoticity on the tip of your tongue ? Investigating tongue shapes for English /r/ in French learners with ultrasound. In R. SKARNITZL & J. VOLÍN, Éds., *Proceedings of the 20th International Congress of Phonetic Sciences*, p. 2741–2745 : Guarant International.
- LIM Y., TOUTIOS A., BLIESENER Y., TIAN Y., LINGALA S. G., VAZ C., SORENSEN T., OH M., HARPER S., CHEN W. *et al.* (2021). A multispeaker dataset of raw and reconstructed speech production real-time MRI video and 3D volumetric images. *Scientific data*, **8**(1), 187. DOI : [10.1038/s41597-021-00976-x](https://doi.org/10.1038/s41597-021-00976-x).
- NARAYANAN S., NAYAK K., LEE S., SETHY A. & BYRD D. (2004). An approach to real-time magnetic resonance imaging for speech production. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **115**(4), 1771–1776. DOI : [10.1121/1.1652588](https://doi.org/10.1121/1.1652588).
- NARAYANAN S. S., ALWAN A. A. & HAKER K. (1997). Toward articulatory-acoustic models for liquid approximants based on MRI and EPG data. Part I. The laterals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **101**(2), 1064–1077. DOI : [10.1121/1.418030](https://doi.org/10.1121/1.418030).
- PROCTOR M., WALKER R., SMITH C., SZALAY T., GOLDSTEIN L. & NARAYANAN S. (2019). Articulatory characterization of English liquid-final rimes. *Journal of Phonetics*, **77**, 100921. DOI : [10.1016/j.wocn.2019.100921](https://doi.org/10.1016/j.wocn.2019.100921).
- ROACH P. (2007). *English phonetics and phonology : A practical course*. Cambridge (GB) : Cambridge university press, third ed édition.
- SPROAT R. & FUJIMURA O. (1993). Allophonic variation in English /l/ and its implications for phonetic implementation. *Journal of phonetics*, **21**(3), 291–311. DOI : [10.1016/S0095-4470\(19\)31340-3](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)31340-3).

TURTON D. (2017). Categorical or gradient? An ultrasound investigation of /l/-darkening and vocalization in varieties of English. *Laboratory Phonology*, **8**(1). DOI : [10.5334/labphon.35](https://doi.org/10.5334/labphon.35).

WELLS J. C. (1982). *Accents of English. The British Isles*, volume 2. Cambridge : Cambridge University Press.

YUAN J. & LIBERMAN M. (2011). /l/ variation in American English : A corpus approach. *Journal of Speech Sciences*, **1**(2), 35–46. DOI : [10.20396/joss.v1i2.15025](https://doi.org/10.20396/joss.v1i2.15025).