



Influence de la posture corporelle sur les paramètres acoustiques de la parole

Anaïs Delhoume, Emmanuel Ferragne

Laboratoire CLILLAC-ARP EA 3967, Université Paris Diderot, 75013 Paris

anais.delhoume@gmail.com, emmanuel.ferragne@univ-paris-diderot.fr

RESUME

Peu de recherches se sont intéressées à l'influence que peut exercer la posture corporelle sur la production de la parole et notamment sur ses paramètres acoustiques. Cette étude examine l'influence de la position allongée et de la position assise sur les formants (F1 et F2) des 10 voyelles orales du français, sur F0, sur le débit de parole et sur les caractéristiques du signal électroglottographique. Les faibles différences observées entre les deux conditions mettent en avant la capacité des locuteurs à compenser les effets de la gravité pour préserver les caractéristiques acoustiques de la parole.

ABSTRACT

The influence of body posture on the acoustic parameters of speech

Few studies have investigated the influence of body posture on speech production and especially on its acoustic parameters. This study examines the influence of supine and upright position on the formants (F1 and F2), of the 10 French oral vowels, on F0, on speech rate and on the characteristics of the electroglottographic signal. The small differences observed between the two conditions highlight the speakers' ability to compensate for the effects of gravity in an attempt to preserve the acoustic characteristics of speech.

MOTS-CLES : phonétique acoustique, voyelles orales, formants, position corporelle

KEYWORDS: acoustic phonetics, oral vowels, formants, body position

1 Introduction

Plusieurs études ont évalué l'impact de la posture sur les mouvements articulatoires de la langue (Kitamura et al., 2005 ; Stone et al., 2007 ; Tiede et al., 2000 ; Wrench et al., 2011 ; Traser et al., 2013), de la mâchoire (Tiede et al., 2000 ; Shiller et al., 1999 ; Traser et al., 2013) et des lèvres (Kitamura et al., 2005 ; Wrench et al., 2011 ; Traser et al., 2013). La gravité affecte la position de la langue et ses mouvements (Kitamura et al., 2005 ; Stone et al., 2007). En effet, la langue tend à se rétracter sous la force gravitationnelle en position allongée pour les voyelles postérieures. Cependant, le locuteur est capable de compenser ces effets (Kitamura et al., 2005 ; Stone et al., 2007). La position allongée semble limiter le degré d'ouverture de la mâchoire et les lèvres tendent à

être plus minces (Kitamura et al., 2005 ; Engwall, 2006). En position allongée, le larynx remonte (Kitamura et al., 2005 ; Traser et al., 2013), ce qui entraîne une modification des cavités orales et donc des fréquences de résonance. Cependant, l'impact de la gravité sur les caractéristiques articulatoires et la capacité des locuteurs à contrer ses effets varient d'un sujet à un autre et selon les voyelles à produire.

Seules quelques études se sont également intéressées aux conséquences d'un changement de posture corporelle sur les paramètres acoustiques de la parole. Elles ont toutes porté sur la langue anglaise, et les résultats issus de ces différentes recherches sont contradictoires. Tiede et al. (2000) n'ont pas constaté de différences dans les trois premiers formants ; ils suggèrent que la configuration articulatoire globale annule toutes les différences anatomiques spécifiques à chaque posture. Stone et al. (2007) n'ont pas non plus constaté de différences dans les fréquences formantiques selon la posture. Cependant, Shiller et al. (1999) ont mesuré des différences dans les formants F1 et F2 pour les voyelles /e/ et /æ/ : pour ces deux voyelles, les fréquences de F1 sont plus basses en position allongée et celles de F2 sont plus hautes. Hoedl (2015) suggère que la posture du locuteur influence l'articulation des voyelles et leurs paramètres acoustiques. Cependant, l'auteur indique que toutes les voyelles et tous les formants ne sont pas influencés de la même manière. Alors que F1 ne semble pas être affecté par les changements de posture, F2 et F3 subissent des modifications pour certaines voyelles lorsqu'elles sont produites en position allongée : pour F2, l'effet de la posture est significatif sur les voyelles /i:/, /e/ et /æ/ et non sur /ɔ:/ et /u:/. Pour F3, la différence est significative pour les voyelles /i:/, /æ/ et /u:/ et elle ne l'est pas pour /e/ ni pour /ɔ:/. D'après Hoedl, la position allongée entraîne une diminution des fréquences de F2 et F3.

F1 et F2 sont importants pour l'intelligibilité de la parole et devraient donc entraîner la mise en place de stratégies compensatoires selon Flory et Nolan (2015). Néanmoins, il convient de nuancer ces propos : en effet, la réalisation phonétique des voyelles est intrinsèquement variable. Nous pouvons par conséquent prédire qu'en deçà d'une déviation importante des formes canoniques, une compensation s'avère superflue. Flory et Nolan (2015) observent que F3 diffère régulièrement en position ventrale, démontrant ainsi que les sujets ne compensent pas complètement les changements que subit le conduit vocal à la suite du changement de position. Les valeurs de F3 augmentent en position ventrale pour la voyelle /æ/ et restent similaires en position dorsale et en station assise. Selon Flory et Nolan, F0 est probablement le paramètre acoustique qui varie le plus en raison de ses caractéristiques linguistiques et paralinguistiques : la fréquence fondamentale est significativement plus haute en position ventrale – en raison de l'augmentation de la tension dans les structures périlaryngées – et reste inchangée en position dorsale et en station assise du fait d'une tension moindre dans ces mêmes structures. Pour tous les formants, la position ventrale a abouti à un plus grand nombre de différences, en opposition à la station assise et à la position dorsale.

Il est donc intéressant d'étudier l'impact de la posture corporelle sur la production de la parole dans la mesure où celle-ci peut être produite en position allongée dans certaines situations spécifiques, notamment lors du sommeil : cette étude apparaît donc comme une base nécessaire et intéressante pour enrichir les recherches menées sur la somnolence (Arnulf et al., 2017). En effet, certains sujets somnolents – notamment les personnes somnambules et celles atteintes de Trouble du

Comportement en Sommeil Paradoxal – sont fréquemment amenés à produire des vocalisations en positions assise ou allongée.

Dans cet article, nous employons les termes « position assise » et « position allongée » pour décrire la posture corporelle des locuteurs. L'orientation de la tête en position assise est non inclinée. Le terme « position allongée » renvoie à la posture qu'adopte le locuteur lorsqu'il est en décubitus dorsal avec la tête alignée dans l'axe du corps.

D'après les résultats issus des précédentes recherches, nous devrions observer une différence de la valeur des fréquences formantiques des voyelles orales du français consécutive au changement de position corporelle. En l'absence de compensation, F2 devrait diminuer en position allongée sous l'effet d'une articulation plus postérieure. Cette variation dans les valeurs formantiques devrait dépendre de la voyelle à produire et du formant analysé.

2 Expérience

2.1 Méthode

2.1.1 Sujets

16 locuteurs natifs du français ont participé à l'étude : 12 femmes et 4 hommes âgés de 21 à 52 ans. Ils ont tous été enregistrés dans deux positions corporelles : assise et allongée. Un groupe de 9 personnes a commencé en station assise puis est passé en position allongée, et inversement pour l'autre groupe constitué de 7 personnes. Les enregistrements dans les deux conditions ont été réalisés consécutivement.

2.1.2 Stimuli

Les sujets étaient invités à lire trois fois une liste de dix monosyllabes. Chaque monosyllabe contenait une voyelle orale précédée de la consonne /b/. Les items ainsi formés étaient les suivants : *ba, baie, bé, beau, beu, beurre, bi, botte, bou, bu*. Les listes contenaient les mêmes items mais ordonnés de trois façons différentes, dans un ordre aléatoire. Ces listes étaient accompagnées d'un extrait composé de 39 mots issu du livre *Le Petit Prince* d'Antoine De Saint-Exupéry dans lequel nous retrouvons les dix voyelles orales.

2.1.3 Procédure

Le signal audio a été capturé au moyen d'un microphone à condensateur ECM8000 de Behringer placé à environ 15 centimètres des lèvres des participants et branché à un électroglottographe EG2 de Glottal Enterprises. Le signal EGG a été acquis simultanément à l'audio, et les deux types de signaux ont été numérisés en 16 bits avec un échantillonnage de 22050 Hz, conformément aux recommandations pour le matériel utilisé, chacun sur une piste d'un fichier PCM stéréo.

Les sujets ont été enregistrés en train de lire les trois listes de monosyllabes – à une vitesse de lecture d’environ un stimulus par seconde – puis le texte, dans les deux conditions. En position assise, les locuteurs étaient assis au bord d’un lit et en position allongée, ils avaient la tête légèrement surélevée sur un oreiller. La durée de la passation était d’approximativement quinze minutes.

2.1.4. *Analyses acoustique et statistique*

Nous avons effectué une analyse acoustique des signaux recueillis. Les voyelles ont été segmentées manuellement avec Praat en nous appuyant sur la présence des bandes formantiques dans le spectrogramme. L’estimation des formants a ensuite été conduite de façon semi-automatique en ajustant manuellement les paramètres de l’algorithme jusqu’à obtenir une superposition optimale des tracés estimés et des pics d’énergie sur le spectrogramme¹.

Les valeurs de F1 et F2 dans les analyses qui suivent ont été extraites au milieu temporel de la voyelle et exprimées sur l’échelle des Bark. En plus des mesures par voyelle, nous avons calculé la dispersion globale de l’espace vocalique de chaque locuteur dans chaque condition en estimant l’aire de l’enveloppe convexe de toutes les voyelles dans F1-F2. Nous avons, en outre, souhaité tester une potentielle différence de position de l’espace acoustique en calculant le F1 moyen et le F2 moyen de tout l’espace. Nous avons renoncé à inclure F3 dans nos analyses car les estimations se sont révélées peu fiables.

L’extrait de texte a été utilisé pour calculer les valeurs moyennes et les écarts-types de F0 en demi-tons ainsi que pour analyser le débit de parole, en syllabes par seconde. La durée des voyelles a également été calculée. Nous avons enfin mené une étude préliminaire sur l’analyse du signal EGG en mesurant le quotient ouvert moyen de la voyelle /a/ de chaque locuteur par condition. A ce stade exploratoire pour l’EGG, nous nous sommes contentés d’une estimation du quotient ouvert en utilisant un seuil correspondant à 35% de l’amplitude crête-à-crête de chaque période.

Nous avons appliqué des modèles linéaires mixtes, avec les facteurs fixes Position (assis vs allongé) et Voyelle (quand celui-ci s’applique), le facteur aléatoire Sujet, et, successivement, les variables dépendantes suivantes : les fréquences de F1 et F2 (Bark) calculées au milieu temporel, l’aire de l’enveloppe convexe englobant toutes les voyelles, les F1-F2 moyens de tout l’espace, la durée des voyelles, la moyenne et l’écart-type de F0 mesurés en demi-tons, le débit de parole en syllabes par seconde (tous deux à partir de l’extrait de texte) et le quotient ouvert (EGG) moyen sur la voyelle /a/.

3 Résultats

Un premier modèle avec les facteurs fixes Voyelle et Position, le facteur aléatoire Sujet et la variable dépendante (VD) F1 en Bark ne fait apparaître aucun effet significatif ni aucune interaction entre les deux facteurs fixes. Le même modèle, cette fois-ci avec F2, conduit à l’obtention de

¹Scripts disponibles à cette adresse : <https://tinyurl.com/hwv6a96>

résultats similaires. Afin de tester un effet potentiel de la position du sujet sur les F1-F2 moyens de tout l'espace formantique, un modèle avec le facteur Position (fixe), le facteur Sujet (aléatoire) a été appliqué. Là encore, aucune différence significative n'émerge. Un modèle équivalent a été calculé avec pour VD l'aire totale de l'espace vocalique. Aucune différence significative n'a pu être mise en évidence.

Malgré cette absence de résultats systématiques, nous remarquons, comme à la Figure 1, que certains locuteurs présentent un espace vocalique plus grand dans la condition allongée (vert) que dans la condition assise (rouge).

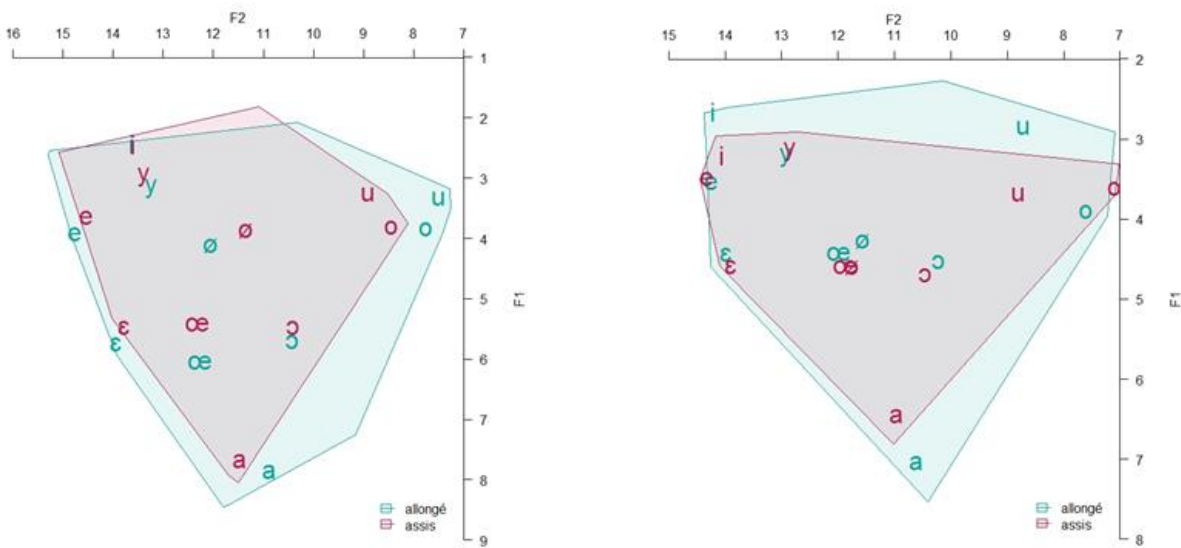


FIGURE 1 : Espace acoustique (Bark) des locuteurs KI (gauche) et SV (droite).

Afin d'évaluer un éventuel effet de la position du sujet sur le F0 moyen et sur l'amplitude de la variation de F0 (écart-type) en demi-tons mesurés sur l'extrait de texte, ces deux variables ont été incluses dans un modèle similaire au précédent. L'analyse ne conclut pas à un effet significatif.

Une analyse impliquant les facteurs Voyelle et Position et la VD durée des voyelles ne fait apparaître aucun effet significatif ni aucune interaction. La comparaison des valeurs de débit en fonction de la position ne renvoie pas non plus de résultats significatifs.

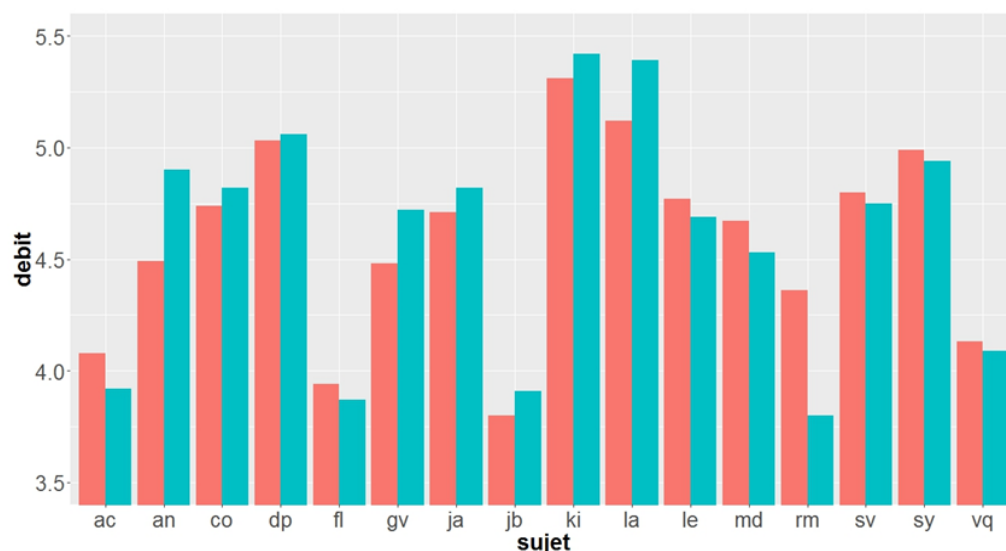


FIGURE 2 : Débit en syllabes par seconde par locuteur et par condition : allongé (rouge) ; assis (vert).

Comme le montre la Figure 2, l'effet de la position corporelle sur le débit de parole agit tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Il est cependant intéressant de noter que, globalement, le débit propre à chaque locuteur est maintenu.

Enfin, notre dernière variable dépendante, le quotient ouvert (moyen sur la voyelle /a/) ne donne pas non plus lieu à une différence significative en fonction de la position.

4 Discussion

D'après Kitamura et al. (2005), les changements que subissent les différents organes de la parole sous l'effet de la force gravitationnelle entraînent des changements dans la configuration du conduit vocal. Ainsi, les paramètres acoustiques de la parole devraient également être modifiés à moins que les locuteurs mettent en place des stratégies visant à rétablir l'intégrité des cibles acoustiques. Les résultats de notre étude suggèrent que les fréquences formantiques des voyelles orales du français ne sont pas significativement impactées par la posture corporelle. Ce constat nous amène à conclure que les locuteurs sont capables, en position allongée, d'ajuster les paramètres articulatoires afin de conserver les aspects acoustiques de la parole.

Les valeurs de F0 restent similaires entre les deux conditions. Ces résultats corroborent les recherches effectuées par Flory et Nolan (2015). Selon ces auteurs, les valeurs de F0 sont plus hautes en position allongée sur le ventre mais restent similaires en position allongée sur le dos et en position assise. Nous retrouvons les mêmes constats pour F1 et F2 : leurs valeurs ne diffèrent pas significativement selon la posture corporelle. Ces résultats sont cohérents avec l'étude de Hoedl (2015). L'impact de la posture corporelle sur la position et la dispersion de l'espace vocalique global varie légèrement d'un locuteur à l'autre. Sur un plan descriptif, il semblerait que la position allongée induise un espace vocalique plus dispersé chez certains. En particulier, contrairement à ce qu'ont montré Kitamura et al. (2005), la position plus basse de la voyelle /a/ chez certains de nos locuteurs (dont ceux de la Figure 1) en condition allongée laisse à penser que l'ouverture de la mâchoire n'a pas été affectée dans notre cas.

Nous avons mené une étude préliminaire sur l'analyse du signal EGG en mesurant le quotient ouvert. Cette première analyse indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux postures corporelles. Ce résultat reste néanmoins très provisoire puisqu'il conviendrait d'étendre les mesures effectuées aux autres voyelles et éventuellement à l'extrait de texte. Il sera en outre utile d'explorer d'autres options pour caractériser plus finement le signal EGG (Henrich et al., 2004).

La stabilité des paramètres acoustiques de la parole s'explique probablement par le fait que les sujets compensent les modifications articulatoires survenant lors d'un changement de position corporelle. Néanmoins, nous devons insister sur le fait que les participants à cette étude n'avaient pas de trouble particulier. Nous anticipons que les personnes les plus directement concernées par un enregistrement en position allongée – sujets somnoliques ou patients soumis à un examen d'imagerie médicale (scanner, IRM, etc.) – pourraient présenter des différences nettement plus marquées. En effet, les ressources nécessaires en termes de tonus musculaire peuvent ne pas être disponibles selon l'état du patient et rendre la compensation articulatoire plus difficile.

5 Conclusion

Les résultats présentés dans cette étude contribuent à élargir les connaissances dans le domaine de la phonétique et notamment, de l'impact que peut avoir notre posture corporelle sur la parole. Même si la gravité semble impacter l'articulation, le sujet est doté d'une capacité à contrer les effets de la gravité et ainsi, à conserver les aspects acoustiques de la parole. Un prolongement logique de notre étude consisterait à analyser d'autres positions plus contraignantes (par exemple, la position ventrale) et à inclure d'autres populations. Il serait également pertinent de collecter des données articulatoires.

Références

ARNULF I., UGUCCIONI G., GAY F., BALDAYROU E., GOLMARD J-L., GAYRAUD F., DEVEVEY A. (2017). What Does the Sleeping Brain Say? Syntax and Semantics of Sleep Talking in Healthy Subjects and in Parasomnia Patients. *Sleep*, 40(11).

ENGWALL O. (2006). Assessing MRI measurements: Effects of sustenation, gravitation and coarticulation. *Psychology Press*, 301- 314.

FLORY Y., NOLAN F. (2015). The influence of body posture on the acoustic speech signal. *Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences*.

HENRICH N., D'ALESSANDRO C., DOVAL B., CASTELLENGO M. (2004). On the use of the derivative of electroglottographic signals for characterization of nonpathological phonation. *Journal of the Acoustical Society of America* 115(3), 1321-1332.

HOEDL P. (2015). Defying gravity: formant frequencies of English vowels produced in upright and supine body position. *Proceedings of the 18th International Congress of Phonetic Sciences*.

KITAMURA T., TAKEMOTO H., HONDA K., SHIMADA Y., FUJIMOTO I., SYAKUDO Y., et al. (2005). Difference in vocal tract shape between upright and supine postures: Observations by an open-type MRI scanner. *Acoustical Science and Technology* 26(5), 465- 468.

SHILLER D-M., OSTRY D-J., GRIBBLE P-L. (1999). Effects of Gravitational Load on Jaw Movements in Speech. *Journal of Neuroscience* 19(20), 9073- 9080.

STONE M., STOCK G., BUNIN K., KUMAR K., EPSTEIN M., KAMBHAMETTU C., ET AL. (2007). Comparison of speech production in upright and supine position. *The Journal of the Acoustical Society of America* 122(1), 532- 541.

TIEDE M.K., MASAKI S., VATIKIOTIS-BATESON E. (2000). Contrasts in speech articulation observed in sitting and supine conditions. *Proceedings of the 5th Seminar on Speech Production*, 25- 28.

TRASER L., BURDUMY M., RICHTER B., VICARI M., ECHTERNACH M. (2013). The effect of supine and upright position on vocal tract configurations during singing — A comparative study in professional tenors. *Journal of Voice* 27(2), 141-148.

WRENCH A.A., CLELAND J., SCOBIE J-M. (2011). An ultrasound protocol for comparing tongue contours: upright vs supine. *Proceedings of the 17th ICPHS Hong Kong*, 2161- 2164.