



HAL
open science

Évaluation de l'intelligibilité des segments vocaliques de patients traités pour un cancer des VADS et de locuteurs contrôles

Marie Rebourg, Muriel Lalain, Alain Ghio, Corinne Fredouille, Laura Monestier, Nicolas Fakhry, Virginie Woisard

► To cite this version:

Marie Rebourg, Muriel Lalain, Alain Ghio, Corinne Fredouille, Laura Monestier, et al.. Évaluation de l'intelligibilité des segments vocaliques de patients traités pour un cancer des VADS et de locuteurs contrôles. 34e Journées d'Études sur la Parole (JEP), AFCP, Jun 2022, Noirmoutier, France. pp.298-306, <10.21437/jep.2022-32>. <hal-03971969>

HAL Id: hal-03971969

<https://hal.science/hal-03971969v1>

Submitted on 3 Feb 2023

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.



HAL Authorization



Evaluation de l'intelligibilité des segments vocaliques de patients traités pour un cancer des VADS et de locuteurs contrôles

Marie Rebourg¹, Muriel Lalain¹, Alain Ghio¹, Corinne Fredouille², Laura Monestier^{1,3},
Nicolas Fakhry^{1,3}, Virginie Woisard⁴

(1) Aix-Marseille Univ, CNRS, LPL, UMR 7309, Aix-en-Provence, France

(2) LIA, Avignon University, France

(3) Service ORL, APHM, La Conception, Marseille, France

(4) Service ORL, CHU Larrey, URI Octogone-Lordat, Toulouse, France

marie.rebourg@univ-amu.fr

RESUME

Dans le cadre de l'évaluation clinique de l'intelligibilité après un cancer de la cavité buccale ou de l'oropharynx, cancer susceptible d'entraîner des troubles de la production de la parole (TPP), mesurer l'étendue des déficits phonético-phonologiques est essentiel pour l'évaluation de l'intelligibilité générale. Classiquement, cette mesure repose sur une évaluation perceptive globale jugée peu satisfaisante par sa subjectivité, et son manque de précision qui conduisent à une surévaluation de l'intelligibilité ne reflétant que partiellement le handicap. Nous proposons une mesure fiable et objective au moyen de pseudo-mots, produits par les locuteurs, transcrits par plusieurs cohortes d'auditeurs et dont le score est calculé au travers d'une matrice de confusion basée sur la théorie des traits articulatoires. Dans cette étude nous comparons les scores locaux (phonème à phonème) des phonèmes vocaliques entre deux groupes de locuteurs (patients et contrôles). Nos résultats montrent que pour les deux groupes de locuteurs, ce sont les mêmes segments qui sont dégradés, et que la pathologie accentue les dégradations.

ABSTRACT

Intelligibility evaluation of vocalic segments of patients treated for head and neck cancer and control speakers

In the context of clinical evaluation of intelligibility after oral cavity or oropharyngeal cancer, a cancer likely to lead to speech production disorders (SPD), measuring the extent of phonetic-phonological deficits is essential for the evaluation of intelligibility. Classically, this measure is based on a global perceptual evaluation considered unsatisfactory because of its subjectivity and its lack of precision, which leads to an over-evaluation of intelligibility that only partially reflects the handicap. We propose a reliable and objective measure by means of pseudowords, produced by the speakers, transcribed by several cohorts of listeners and whose score is calculated through a confusion matrix based on the theory of articulatory features. In this study we compare the local (phoneme-to-phoneme) PPD scores of vowel phonemes between two groups of speakers (patients and controls). Our results show that for both groups of speakers, the same segments are degraded, and that the pathology increases the degradation.

MOTS-CLÉS: Phonétique clinique, Intelligibilité, Production et Perception de la parole, Cancer VADS

KEYWORDS: Clinical phonetic, Intelligibility, Speech Production and Perception, Head and neck cancer

1 Introduction

La perte d'intelligibilité représente l'une des plaintes principales de patients traités pour un cancer de la cavité buccale ou de l'oropharynx. Évaluer cette composante est primordiale pour l'évaluation de la parole dans un cadre clinique. La définition de l'intelligibilité ne fait pas consensus dans la littérature, elle peut se définir dans un sens large comme « le degré de précision avec lequel un message est compris par un auditeur » (Yorkston, 1992). On peut également lui attribuer un sens plus restreint en s'affranchissant des notions de compréhension et compréhensibilité, présentes dans la définition suscitée, au profit de la notion de « décodage d'unité linguistique ». Celle-ci permet d'envisager l'intelligibilité comme un concept considérant différents niveaux d'intérêts relatifs aux concepts linguistiques (phonétique, phonologie, prosodie, ...). Ainsi, chaque unité linguistique a une forme d'intelligibilité qui lui est propre, et la somme de celles-ci contribuent à l'intelligibilité au sens large. Ces 'intelligibilités' participent aux notions de compréhension et compréhensibilité, mais ne sont plus définies au travers de celles-ci. L'intelligibilité devient « le degré de précision avec lequel les unités linguistiques sont décodées par un auditeur ». Elle permet de considérer plusieurs niveaux d'évaluations, et notamment le niveau segmental en termes d'évaluation de la qualité de production des unités phonémiques. Néanmoins, l'évaluation de cette notion implique la mesure de la production d'un locuteur pour obtenir un score d'intelligibilité. Bien qu'objet de l'évaluation le locuteur demeure absent de la définition, et mérite pourtant d'y trouver sa place. Ainsi, nous proposons de définir l'intelligibilité comme « le degré de précision avec lequel les unités linguistiques d'un signal acoustique de parole, produit par un locuteur, sont décodées par un auditeur ». Cette définition reflète mieux la complexité qui réside dans cette notion : l'évaluation de la qualité de production des unités linguistiques produites par un locuteur au travers de la perception d'un auditeur et au moyen d'une méthode d'évaluation fiable et objective.

Bien que la méthode d'évaluation perceptive demeure subjective, elle constitue le gold standard de l'évaluation clinique (Balaguer *et al.*, 2019). Les tests classiques de l'évaluation de l'intelligibilité (BECD (Auzou et Rolland-Monnoury, 2006), Test des paires minimales (Peckels et Rossi, 1973), FDA2 (Blanc *et al.*, 2014), ...) sont peu satisfaisants. Le matériel linguistique utilisé dans ces tests ne satisfait ni les contraintes cliniques ni les contraintes perceptives. Les items sont en nombre limité, dans des listes courtes et fermées, qui permettent l'apprentissage du matériel linguistique et favorisent les effets de restauration phonémique (Warren, 1984; Grataloup *et al.*, 2009). Une solution a été proposée dans le cadre du projet C2SI (Woisard *et al.*, 2020), la tâche de Décodage Acoustico-Phonétique (DAP) (Lalain *et al.*, 2020). L'emploi de pseudo-mots, basés sur les règles phonotactiques du français, disponibles en grande quantité permet de s'affranchir des biais rencontrés dans les tests existants. Cette tâche a déjà fait l'objet de plusieurs évaluations qui ont montré, entre autres, que les pseudo-mots permettent de distinguer deux groupes de locuteurs (patients vs contrôles) (Ghio *et al.*, 2018), que les scores de PPD corrélaient avec les évaluations globales de l'intelligibilité (Lalain *et al.*, 2020), que les pseudo-mots permettent de neutraliser l'effet d'apprentissage du matériel linguistique (Rebourg *et al.*, 2020), que les différentes listes de pseudo-mots générées aléatoirement sont équivalentes (Ghio *et al.*, 2019).

En plus d'un nouveau protocole de test, la tâche de DAP a permis de développer une méthode innovante de calcul des scores d'intelligibilité. En proposant une matrice de coût basée sur la théorie des traits articulatoires, et à l'aide de l'algorithme de Wagner-Fisher, le score d'intelligibilité obtenu est un score de Déviation Phonologique Perçue (PPD) exprimé en nombre de traits moyens altérés par phonème. Apprécié jusqu'à présent comme un score global, il s'agit ici de s'intéresser aux sous-scores qui le composent : les scores PPD locaux, c'est-à-dire phonème à phonème. Ceci permet d'envisager une analyse du niveau segmental.

1.1 Score de Déviation Phonologique Perçue (PPD)

Le principe général de l'évaluation de l'intelligibilité à partir de pseudo-mots se conçoit en différentes étapes : A partir d'un large répertoire de pseudo-mots élaboré suivant des contraintes d'équilibre phonotactique, 40 locuteurs contrôles et 87 patients ont été enregistrés (Woisard et al. 2020). Les enregistrements ont fait l'objet d'un test de jugement perceptif de l'intelligibilité au cours duquel des auditeurs naïfs avaient pour tâche de transcrire le « pseudo-mot perçu ». Pour chaque locuteur, un score d'intelligibilité a été calculé à partir de la confrontation de chacun des 52 pseudo-mots produits avec les transcriptions des auditeurs. Pour ce calcul, nous utilisons l'algorithme de Wagner-Fisher qui propose une distance entre la cible produite et la cible perçue. Le score de Déviation Phonologique Perçue (Score PPD) est exprimé en nombre moyen de traits altérés par phonème pour chaque locuteur. Pour une présentation détaillée des principes de construction du test, de la structure des pseudo-mots et des conditions des passations voir Lalain et al., (2020).

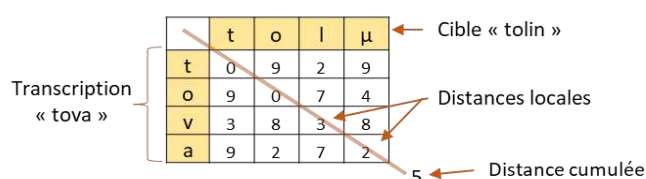


FIGURE 1 : Illustration de la méthode de calcul des scores PPD globaux et locaux. L'archiphonème symbolisé par /μ/ représente les phonèmes /ɛ̃/ et /œ̃/.

Pour une présentation détaillée de la matrice de coût et de la méthode de calcul des scores globaux voir Ghio et al., (2020). La méthode de calcul de ce score permet également de générer un score de Déviation Phonologique Perçue local, c'est-à-dire exprimant la distance entre chaque phonème cible et chaque phonème perçu au sein de chacun des 52 pseudo-mots. Ce score PPD local exprime donc le nombre de traits moyen altérés pour chaque phonème produit par les locuteurs.

PM Cible	PM Cible Phon.	Rep. Audit. Phon.	Cible / Phonème	Rep. / Phonème	Score PPD Local	Score PPD global
tolin	tolμ	tova	t	t	0	1,25
tolin	tolμ	tova	o	o	0	1,25
tolin	tolμ	tova	l	v	3	1,25
tolin	tolμ	tova	μ	a	2	1,25

TABLE 1 : Exemple de pseudo-mot et de sa forme phonétisée, la réponse phonétisée de l'auditeur, la décomposition de la cible et de la réponse phonème à phonème, les scores PPD locaux et globaux pour le pseudo-mot cible

Dans ces travaux, nous nous focaliserons sur les segments vocaliques, en gras dans la TABLE 1 ci-dessus. Ces segments constituent un ensemble de productions relativement homogènes (Meunier, 2007), au travers, notamment, du voisement. De plus elles sont décrites au travers d'un faisceau de traits articulatoires qui trouve écho dans une représentation bidimensionnelle au moyen du triangle vocalique. Ces atouts suggèrent que les segments vocaliques sont pertinents pour conduire une étude.

2 Méthodologie

A partir des réponses transcrites par les auditeurs, les scores PPD globaux par item ont été calculés. Nous avons ensuite extrait les scores PPD locaux pour chaque phonème cible. Nous avons sélectionné

les segments vocaliques comme objet d'étude dans ce travail. Au moyen d'une analyse statistique nous évaluerons les différences de scores PPD locaux moyens des segments vocaliques, pour deux groupes de locuteurs patient et contrôle, en fonction des caractéristiques articulatoires de ces segments.

Dans notre étude, par soucis de compatibilité des symboles entre les différents langages informatiques, nous n'avons pu reprendre les symboles de l'API. Nous avons utilisé les conventions de transcription de Lexique.org. Les phonèmes /i/, /y/, /u/ et /a/ sont identiques. Les phonèmes /e/, /ə/, /ɛ/, /ø/, et /o/, /ɔ/ sont regroupés sous les archiphonèmes /E/ et /Ô/. Les phonèmes nasalisés /ã/ et /ẽ/, /õ/ sont respectivement symbolisés par /@/ et /μ/. Les symboles retenus dans cette présente étude sont donc /i/, /y/, /u/, /a/, /E/, /Ô/, /@/ et /μ/. Nous présenterons les résultats des comparaisons de scores PPD locaux moyens entre les voyelles orales et voyelles nasales, puis nous nous focaliserons sur les voyelles orales en comparant les scores PPD locaux moyens des voyelles antérieures vs voyelles postérieures (Antériorité) et des voyelles hautes, moyennes et basses (Hauteur). Nous effectuerons ces comparaisons au travers d'analyses statistiques.

3 Résultats

Ces analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel RStudio. Nous avons effectué une analyse descriptive de chaque variable. Le test de normalité a montré une distribution non gaussienne des données. Nous avons donc dû nous orienter vers des tests non paramétriques. Le test de Wilcoxon a été utilisé pour tester les variables par paires (Voyelles orales vs Voyelles nasales, Voyelles antérieures vs Voyelles postérieures, ...). Afin d'évaluer la taille des éventuels effets nous avons calculé le coefficient 'd' de Cohen.

3.1 Voyelles nasales vs voyelles orales

Les scores PPD moyens par voyelle montrent que les segments /@/ et /μ/ présentent les scores PPD moyens les plus élevés, dans les deux groupes de locuteurs. Ils ont pour caractéristique commune d'être des voyelles comportant le trait de nasalité. Les segments restants /i/, /y/, /u/, /a/, /E/ et /Ô/ constituent le groupe des voyelles orales. Dans le groupe contrôle, le score PPD local moyen Nasal ($\mu = 1,09$, $sd = 2,44$) est plus de trois fois supérieur à celui des Oral ($\mu = 0,28$, $sd = 0,95$). Dans le groupe patient le score PPD local moyen des voyelles nasales (Nasal, $\mu = 1,96$, $sd = 2,92$) est plus de deux fois supérieur à celui des voyelles orales (Oral, $\mu = 0,81$, $sd = 1,57$) (FIGURE Figure 2).

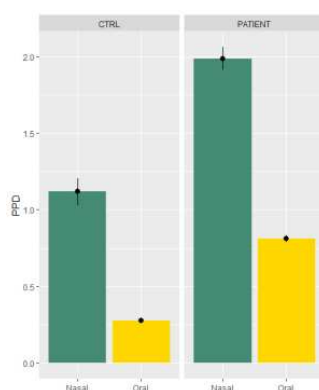


FIGURE 2 : Scores PPD locaux moyens par sous classe phonémique voyelles nasales et voyelles orales, pour des locuteurs patients et contrôles

Les scores PPD locaux des voyelles nasales sont plus élevés que les scores PPD locaux des voyelles orales pour les deux groupes de locuteurs. La différence de score observée entre les voyelles orales et les voyelles nasales est significative pour les deux groupes de locuteurs patients ($p < 0.001$) et contrôles ($p < 0.001$). Le calcul du coefficient 'd' de Cohen, qui évalue la taille de l'effet, montre un effet 'moyen' pour les patients ($d = 0,59$) et pour les contrôles ($d = 0,57$). Cela signifie que pour les contrôles, comme pour les patients, l'intelligibilité des voyelles nasales est plus altérée.

3.2 Voyelles orales

Les scores PPD locaux moyens de chacune des voyelles du corpus varient entre 0.18 et 0.48 pour les locuteurs contrôles et entre 0.40 et 1.37 pour les patients (FIGURE Figure 3). Globalement, les scores sont donc plus élevés pour chacun des segments vocaliques chez les patients, pour qui l'intelligibilité est donc plus altérée.

On remarque la même dynamique pour les deux groupes : la voyelle /u/ présente le score PPD local moyen le plus élevé, puis les voyelles hautes /i/ et /y/, suivies des voyelles moyennes postérieures /Ô/. Enfin, les voyelles basses /a/ et moyennes antérieures /E/ présentent les scores les plus faibles. Ces observations nous conduisent à examiner les dégradations des segments vocaliques en fonction de deux caractéristiques articulatoires : la position de la langue sur l'axe antéro-postérieur (Antériorité) et sur l'axe d'aperture (Hauteur).

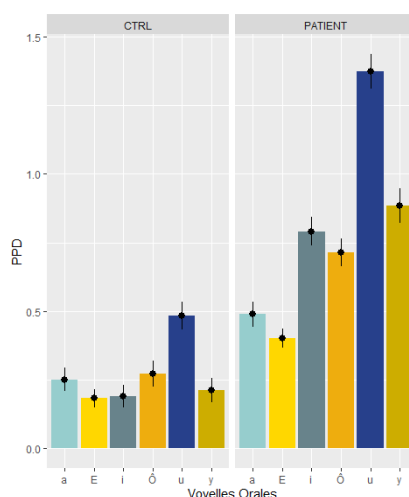


FIGURE 3 : Illustration scores PPD locaux moyens par voyelle orale, pour des locuteurs patients et contrôles. Une couleur différente a été attribuée à chaque segment vocalique.

Pour chaque segment vocalique oral nous avons calculé le Delta (Δ) PPD (patient – contrôle) afin de rendre compte des difficultés de production des patients, par rapport au groupe contrôle. Celui-ci s'est révélé positif pour chaque segment vocalique, montrant que l'intelligibilité des patients est bien dégradée. Cette différence est plus élevée pour le segment /u/ ($\Delta = 0,89$), suivi des segments /y/ ($\Delta = 0,67$) et /i/ ($\Delta = 0,60$). Ensuite viennent les segments /Ô/ ($\Delta = 0,44$), puis /a/ ($\Delta = 0,24$) et /E/ ($\Delta = 0,22$). Ces différences suggèrent que les segments hauts (/u/, /y/, /i/) sont plus difficiles à identifier, suivis par les segments postérieurs (/Ô/).

3.2.1 Antériorité

L'axe antéro-postérieur est représentatif de la position de la langue dans la cavité buccale lors de la production de segments vocaliques. Les analyses relatives à l'antériorité nous conduisent à distinguer

deux classes de segments : les segments antérieurs, réalisés à l'avant ('Front' : /i/, /y/ et /E/) et les segments postérieurs, réalisés à l'arrière de la cavité buccale ('Back' : /u/ et /Ô/).

Une analyse descriptive des variables 'Front' et 'Back' montre que, pour les patients le score PPD local Back moyen ($\mu = 1,06$, $sd = 1,7$) est plus élevé que le score PPD local Front moyen ($\mu = 0,75$, $sd = 1,52$). La même tendance s'observe chez le groupe contrôle ('Back' $\mu = 0,39$, $sd = 1,05$ supérieur à 'Front' $\mu = 0,19$, $sd = 0,82$) (Figure 4). Les voyelles d'avant 'Front' sont mieux reconnues et identifiées que les voyelles d'arrière 'Back', pour les deux groupes de locuteurs.

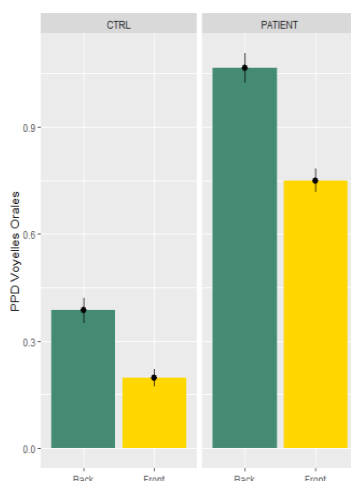


FIGURE 4 : Illustration des scores PPD locaux moyens en fonction de l'antériorité (avant 'Front' vs arrière 'Back') et de deux groupes de locuteurs patients et contrôles

L'analyse statistique de ces variables montre que la différence de scores PPD local moyen Front vs Back est significative pour les patients ($p < 0.001$) et les contrôles ($p < 0.001$). Pour estimer la taille de cet effet nous avons calculé le coefficient 'd' de Cohen, l'effet observé se révèle faible pour les patients ($d = 0,19$) et pour les contrôles ($d = 0,20$). Néanmoins, l'effet d'antériorité est confirmé ; les voyelles d'avant sont mieux reconnues et identifiées que les voyelles d'arrière, dans les deux groupes de locuteurs.

3.2.2 Hauteur

L'axe d'aperture est représentatif de la position de la langue dans la cavité buccale, au travers de la hauteur. Dans cette analyse relative à la hauteur, nous distinguons trois catégories de segments, les segments réalisés avec une position linguale basse ('Low' : /a/), moyenne ('Medium' : /E/ et /Ô/) ou haute ('High' : /i/, /y/ et /u/).

Une analyse descriptive des variables montre une tendance claire dans le groupe patient, les segments 'Low' présentent le score PPD local moyen le moins élevé ($\mu = 0,49$, $sd = 1,36$), suivi des segments 'Medium' ($\mu = 0,61$, $sd = 1,21$). Les segments 'High' présentent le score PPD local moyen le plus élevé ($\mu = 1,02$, $sd = 1,75$). Ces derniers sont les moins bien identifiés par les auditeurs. Dans le groupe contrôle, ce sont également les segments 'High' qui présentent le score PPD local moyen le plus élevé ($\mu = 0,30$, $sd = 0,98$). En revanche, on observe une faible différence de score PPD local moyen pour les segments 'Low' ($\mu = 0,25$, $sd = 0,92$) et 'Medium' ($\mu = 0,24$, $sd = 0,83$), au bénéfice de ces derniers (FIGURE Figure 5). Dans les deux groupes de locuteurs, il apparaît que ce sont les segments 'High' qui sont les plus altérés.

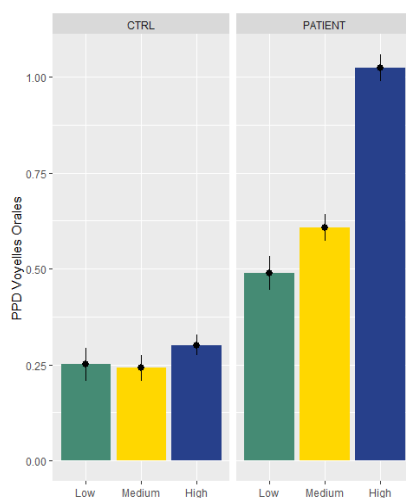


FIGURE 5 : Illustration des scores PPD locaux moyens en fonction de la hauteur (Low, Medium, High) pour deux groupes de locuteurs patients et contrôles

Les résultats des analyses statistiques montrent que dans le groupe patient, les segments ‘High’ sont significativement plus altérés que les segments ‘Medium’ ($p < 0.001$) et ‘Low’ ($p < 0.001$). Les segments ‘Low’ sont significativement mieux identifiés que les segments ‘Medium’ ($p < 0.001$). Tous les contrastes testés sont significatifs. Le calcul du coefficient ‘d’ de Cohen pour chaque contraste a montré que les effets repérés étaient faibles ($d = [0,26 ; 0,32]$), mais néanmoins présents. Dans le groupe contrôle, les segments ‘Low’ sont significativement moins altérés que les segments ‘Medium’ ($p < 0.001$) et ‘High’ ($p = 0.005$). En revanche, aucun effet n’est relevé entre les segments ‘Medium’ et ‘High’ ($p = 0.15$). Le calcul du coefficient ‘d’ de Cohen, pour les contrastes significatifs, a montré des effets faibles (Low – Med ‘d’ = 0,25 et Low – High ‘d’ = 0,30), mais qui, comme dans le groupe patient, sont bien présents.

Ces résultats indiquent que dans les deux groupes de locuteurs, les segments ‘High’ présentent les scores PPD locaux moyens les plus élevés, par rapport aux segments ‘Low’ et ‘Medium’. Ils sont significativement plus altérés et moins bien identifiés par les auditeurs, et ce pour les locuteurs patients et contrôles.

4 Discussion / Conclusion

Dans cette étude, l’objectif était de qualifier les segments vocaliques au travers de leurs spécificités articulatoires et au moyen des scores PPD locaux. Les résultats ont montré que les segments vocaliques oraux sont moins altérés que les segments vocaliques comportant le trait de nasalité. Les segments réalisés à l’avant de la cavité buccale sont moins altérés que ceux se réalisant en arrière de la cavité buccale. Les segments bas et moyens sont moins altérés que les segments hauts. Ces contrastes sont significatifs pour les deux groupes de locuteurs. Ces résultats sont en accord avec les observations des scores PPD locaux moyens pour chaque segment oral qui indiquent que le segment haut et postérieur /u/ est le plus altéré. De plus, les scores moyens des patients sont significativement plus élevés que ceux des contrôles pour tous les contrastes testés. Les effets observés sont majorés par la pathologie.

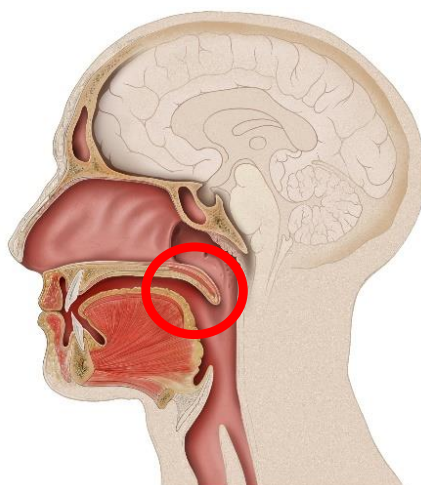


FIGURE 6 : Coupe sagittale, le cercle rouge entoure la zone postérieure haute de la cavité buccale, identifiée comme la zone dans laquelle les PPD locaux sont les plus élevés¹

Ces résultats, mis en perspective avec la physiologie de la production de la parole (FIGURE Figure 6), suggèrent que ce sont les segments nécessitant un mouvement de recul et d'élévation de la masse linguale dans la cavité buccale qui sont perçus comme étant les plus altérés. C'est également le cas des segments nasalisés qui impliquent un abaissement du voile du palais. Il semble donc que pour tous les locuteurs, les productions des segments réalisés vers l'arrière et le haut du conduit vocal impliquent des gestes articulatoires dont la réalisation semble plus éloignée des productions prototypiques attendues. De ce fait, ces réalisations sont perçues comme altérées. De même, l'implication du découplage des cavités buccale et nasale, semble également source de productions plus altérées.

Néanmoins, ces résultats sont questionnables : Est-ce parce que ces segments sont altérés dans leur production qu'ils sont moins bien identifiés ou est-ce que ces segments possèdent des propriétés acoustiques spécifiques les rendant moins saillants pour un auditeur ? Au regard de cette étude, on peut supposer que les conditions de production (patient versus contrôle) différencient la perception des segments vocaliques. Nous ne pouvons apporter plus de contribution à cette problématique, néanmoins, elle constitue une perspective de recherche fondamentale intéressante. Des analyses acoustiques sur ces mêmes segments vocaliques pourraient permettre d'éclairer d'avantage cette relation complexe.

Remerciements

Ce travail de recherche a été réalisé dans le cadre d'un contrat doctoral soutenu par la Ligue Contre le Cancer (2018-2021). Ce travail s'inscrit dans le cadre de projets de recherche soutenus par la subvention n ° 2014-135 de l'Institut National pour le Cancer (INCA) projet C2SI et par la subvention ANR-18-CE45-0008 de l'Agence Nationale de la Recherche en 2018 Projet RUGBI

¹ © Patrick J. Lynch; illustrateur; C. Carl Jaffe; MD; cardiologist. Le cercle rouge a été ajouté sur la figure originale.

Références

- AUZOU, P. ET ROLLAND-MONNOURY, V. (2006): *Batterie d'évaluation clinique de la dysarthrie*. Ortho Edition. France: ORTHO.
- BALAGUER, M. ET AL. (2019): «Assessment of impairment of intelligibility and of speech signal after oral cavity and oropharynx cancer», *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 136(5), p. 355-359. doi: 10.1016/j.anorl.2019.05.012.
- BLANC, E. ET AL. (2014): «Adaptation en français du test d'intelligibilité de la version révisée du « Frenchay Dysarthria Assessment » (FDA-2)», in *Congrès de la Société Française de Phoniatry*. Paris, France. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01615204>.
- GHIO, A. ET AL. (2018): «Une mesure d'intelligibilité par décodage acoustico-phonétique de pseudo-mots dans le cas de parole atypique», in *XXXIII Journées d'Études sur la Parole*. Aix-en-Provence, France: ISCA, p. 285-293. doi: 10.21437/jep.2018-33.
- GHIO, A. ET AL. (2019): «Application d'un test d'intelligibilité à partir de pseudo- mots dans le cas de patients post traitement de cancers des VADS», in *Journées de Phonétique Clinique*. Mons, Belgium. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02098836>.
- GHIO, A. ET AL. (2020): «How to Compare Automatically Two Phonological Strings: Application to Intelligibility Measurement in the Case of Atypical Speech», in *12th Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2020)*. Marseille, France: ELRA, p. 1682-1687. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02482615>.
- GRATALOUP, C. ET AL. (2009): «Speech Restoration: An Interactive Process», *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52(4), p. 827-838. doi: 10.1044/1092-4388(2008/06-0235).
- LALAIN, M. ET AL. (2020): «Design and Development of a Speech Intelligibility Test Based on Pseudowords in French: Why and How?», *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 63(7), p. 2070-2083. doi: 10.1044/2020_JSLHR-19-00088.
- MEUNIER, C. (2007): «Phonétique acoustique», in *Les dysarthries*. Solal, p. 164-173.
- PECKELS, J. ET ROSSI, M. (1973): «Le Test de diagnostic par paires minimales : adaptation au français du Diagnostic Rhyme Test de Voiers», *Revue d'acoustique*, (27), p. 245-262.
- REBOURG, M. ET AL. (2020): «Évaluer l'intelligibilité, mots ou pseudo-mots ? Comparaison entre deux groupes d'auditeurs», in *6e conférence conjointe Journées d'Études sur la Parole (JEP, 31e édition), Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN, 27e édition), Rencontre des Étudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues (RÉCITAL, 22e édition)*. Nancy, France: ATALA, p. 543-551. Disponible sur: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02798584>.
- WARREN, R. M. (1984): «Perceptual restoration of obliterated sounds», *Psychological Bulletin*, 96(2), p. 371-383. doi: 10.1037/0033-2909.96.2.371.
- WOISARD, V. ET AL. (2020): «C2SI corpus: a database of speech disorder productions to assess intelligibility and quality of life in head and neck cancers», *Language Resources and Evaluation*. Springer Verlag. doi: 10.1007/s10579-020-09496-3.
- YORKSTON, K. M. (1992): «Intelligibility measurement as a tool in the clinical management of dysarthric speakers», in *Intelligibility in Speech Disorders: Theory, Measurement, and Management*. John Benjamins Publishing.