

Utilisation d'un accéléromètre piézoélectrique pour l'étude de la nasalité du Français Langue Etrangère

Altijana Brkan, Angélique Amelot, Claire Pillot-Loiseau

Laboratoire de Phonétique et Phonologie (LPP) UMR7018, CNRS-Paris 3/Sorbonne Nouvelle
19 rue des Bernardins, 75005 Paris
brkan.altijana@gmail.com

RESUME

Le but de cette étude est de comparer la production des 3 voyelles nasales du français prononcées par 5 locutrices françaises natives et 5 locutrices bosniaques apprenantes du Français Langue Etrangère (FLE). Le bosniaque ne possède pas de voyelles nasales. Les enregistrements ont été réalisés avec un accéléromètre piézoélectrique capturant les vibrations nasales au niveau de l'os latéral du nez. Nous voulons connaître l'appart de cet instrument pour les analyses de nasalité en didactique du FLE.

Les résultats acoustiques montrent que [ã, ê, õ], sont plus longues que [a, e, o] chez tous les locuteurs et plus particulièrement chez les locutrices bosniaques. Les données quantitatives à partir du signal RMS (Root Mean Square) de l'accéléromètre piézoélectrique ne montrent pas de différences notoires entre les deux populations en ce qui concerne : (1) la distinction oral/nasal et (2) les différences entre les 3 voyelles nasales. L'accéléromètre piézoélectrique pourrait apporter des indications intéressantes en classe de langue.

ABSTRACT

Utilization of the piezoelectric accelerometer for the study of nasality in French as a Foreign Language

The aim of this paper is to compare the production of French nasal vowels pronounced by 5 French native speakers and 5 Bosnian learners of French. In Bosnian, phonological nasal vowels do not occur. To record our data, we used a piezoelectric accelerometer which captured nasal vibrations from the lateral bone of the nose. We wanted to see the contribution of this instrument to the analysis of nasality for didactic purposes. The acoustic data show that the length difference between [a, e, o] and [ã, ê, õ] is maintained in both languages by all speakers. Nasal vowels are longer than oral vowels. This difference is bigger in Bosnian than in French. Furthermore, our quantitative data from the mean percentage of RMS don't show significant difference between Bosnian and French speakers: (1) when it's about oral/nasal distinction and (2) difference between 3 nasal vowels. Piezoelectric accelerometer could provide interesting indications in a classroom.

MOTS-CLES : accéléromètre piézoélectrique, nasalité, RMS, vibration nasale, FLE (Français Langue Etrangère), voyelle nasale, pourcentage de nasalité

KEYWORDS : piezoelectric accelerometer, nasality, Root Mean Square (RMS), nasal vibration, French as a Foreign Language, nasal vowel, percentage of nasality

1 Introduction

La plupart des langues (97% sur les 317 répertoriées dans la base de données UPSID¹) utilisent la nasalité comme un trait distinctif pour créer un contraste entre les consonnes mais peu de langues (environ une langue sur cinq dont le français) utilisent le trait nasal pour distinguer voyelles orales et voyelles nasales (Maddieson, 1984). Le bosniaque, avec cinq voyelles orales ([i, e, a, o, u]), possède un système vocalique moins riche que celui du français qui comporte 12 voyelles orales et 3 voire 4 voyelles nasales ([ɛ̃], [ā], et [ɔ̃]). La voyelle nasale [œ̃] disparaît progressivement en français standard au profit de la voyelle nasale [ɛ̃].

L'analyse acoustique en termes formantiques des voyelles nasales (et de toutes les voyelles nasalisées en général) est souvent difficile du fait de l'ajout de résonances et d'anti-résonances dues à l'ouverture du port vélo-pharyngé et l'amortissement de certains formants qui sont parfois difficilement détectables dans les analyses acoustiques classiques (Lonchamp, 1988).

Il existe un grand nombre d'instruments pour étudier la nasalité ; beaucoup sont invasifs et ne pourraient pas être utilisés en classe de langue. L'accéléromètre piézoélectrique est non invasif et doit pouvoir permettre d'étudier des aspects temporels et quantitatifs de la nasalité en Français Langue Etrangère (FLE), avec en plus une visualisation en temps réel qui pourrait permettre de travailler en interaction, comme cela peut être utilisé en pathologie avec un système comme Kaynasometer². L'accéléromètre piézoélectrique a été utilisé pour étudier les phénomènes de nasalité (Stevens *et al.* 1975) mais il a été très peu employé pour l'étude de la production de la nasalité en FLE (Horii, 1980).

Notre objectif est de déterminer si l'accéléromètre piézoélectrique donne des informations intéressantes sur la production des voyelles nasales du français et de savoir comment celles-ci sont produites par des locutrices bosniaques apprenant le français.

2 Protocole expérimental

2.1 Corpus

Le corpus est composé de 2 parties :

- Lecture de logatomes dans 18 phrases du type : « Vous dites VCV plus que $V_n CV_n$ six fois » où $V = [a, \varepsilon, o]$, $C = [p, b, m, t, d, n]$, $V_n = [\tilde{a}, \tilde{\varepsilon}, \tilde{\varepsilon}]$, par exemple « Vous dites apa plus que anpan six fois », (lues 2 fois).
- Lecture de phrases du type : « Vous dites V de CVC plus que V_n de $CV_n C$ six fois » où $V = [a, \varepsilon, o]$, $C = [p, b, m, t, d, n]$, $V_n = [\tilde{a}, \tilde{\varepsilon}, \tilde{\varepsilon}]$, par exemple « Vous dites a de pap plus que an de pamp », (18 phrases lues 2 fois).

Les voyelles orales contenues dans le VCV ont été choisies comme étant les

¹ The *UCLA Phonological Segment Inventory Database*

² www.kavelemetrics.com

correspondantes orales d'après l'Alphabet Phonétique International bien que des études récentes ont montré qu'elles se distinguent de par l'ouverture labiale et la position de la langue (Zerling, 1984). Nous cherchions surtout à avoir une voyelle orale servant de seuil dans le cadre de mesures temporelles d'apparition de la nasalité. Les voyelles ciblées dans cette étude sont entourées dans la phrase cadre par des consonnes sourdes ([t], [k] et [s]) qui exigent une position haute du voile du palais (Ohala, 1975) et nous assurent, du fait de leur caractéristique non voisée, d'une absence de vibration visible sur les données de l'accéléromètre piézoélectrique avant la production de la voyelle.

2.2 Locuteurs

Nous avons enregistré 5 locutrices françaises natives parlant un français standard et n'ayant pas de pathologie de la voix ou de la parole (Moyenne d'âge : 31.8) et 5 locutrices bosniaques apprenantes du FLE (2^{ème} ou 3^{ème} année, université de lettres à Sarajevo, département de langues romanes (Moyenne d'âge : 21.4). Le niveau de français de deux étudiantes est C1³ (locbos1, locbos5) et B2³ pour les trois autres étudiantes (locbos2, locbos3 et locbos4) le français est la 1^{ème} langue étrangère de deux étudiantes (locbos4 et locbos5) et 2^{ème} langue étrangère de trois étudiantes (locbos1, locbos2 et locbos3). Tous les sujets affirment avoir des difficultés pour prononcer les voyelles du français. Les étudiantes ont eu en moyenne 15 heures d'enseignement de français par semaine pendant 2 ou 3 ans à l'université.

2.3 Recueil et analyse des données

Les données des locutrices françaises ont été enregistrées au LPP en chambre sourde et dans des conditions semblables à Sarajevo pour les locutrices bosniaques.

L'accéléromètre piézoélectrique (K&K Sound), pourvu de deux pastilles d'un diamètre de 0,5 cm, est fixé au moyen d'un adhésif double face de chaque côté de l'os latéral du nez (Lippman, 1981). Le principe de l'accéléromètre piézoélectrique est de capter les vibrations, la localisation devrait permettre donc d'enregistrer les vibrations venant de la cavité nasale. Il est relié à un préamplificateur (40 dB), lui-même relié à une carte d'acquisition (MOTU UltraLite mk3 hybride) et à un ordinateur. Le signal acoustique nasal issu de l'accéléromètre piézoélectrique est enregistré en simultané avec le signal acoustique oral issu d'un microphone serre-tête (AKG C420L).

Avant l'enregistrement du corpus, nous avons calibré les signaux. Ainsi les gains des deux canaux sont réglés indépendamment afin que le niveau du signal acoustique oral durant une séquence orale [papapa] corresponde au niveau du signal acoustique nasal durant une séquence nasale [mãmãmã].

³ Le niveau C1 est le niveau « Autonome » selon l'échelle des niveaux du CECR (Cadre européen commun de référence pour les langues). Les six niveaux de compétence vont de A1 (niveau « Introductif ») au C2 (niveau « Maîtrise »). Le niveau B2 est le niveau « Avancé ou Indépendant ».

2.4 Mesures

Les données ont été segmentées et étiquetées de façon semi-automatique à l'aide du logiciel PRAAT (Boersma et Weenink, 2011) et à l'aide du script EasyAlign⁴. Ensuite, une vérification manuelle a été effectuée.

La visualisation et les mesures à partir des valeurs de Root Mean Square (RMS) a été choisie pour le signal acoustique nasal et signal acoustique oral (Horii, 1980, Ramig *et al.* 1990, figure 1).

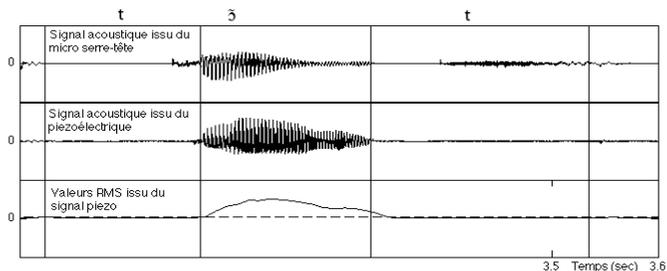


FIGURE 1 – de haut en bas : signal acoustique oral, signal acoustique nasal, valeur RMS issu du signal nasal

Nous avons mesuré la durée des voyelles orales et nasales.

La mesure classique faite avec l'accéléromètre piézoélectrique (RMS nasal/RMS oral, Horii et Lang, 1981) nécessite d'avoir exactement le même niveau d'enregistrement pour le signal acoustique oral par rapport au signal acoustique nasal, elle est privilégiée quand un accéléromètre piézoélectrique est utilisé également pour l'acoustique orale. Cette mesure fonctionne très bien pour les consonnes nasales car la sortie acoustique orale est moindre. Pour ces raisons, nous avons considéré les mesures de nasalité en terme de pourcentage. Il s'agit de récupérer dans les mots de calibration [mõmõmõ], la valeur maximum obtenue sur le RMS durant la production des consonnes [m]. Cette valeur va nous servir de référence pour un 100% de nasalité.

Ensuite les pourcentages de nasalité ont été extraits au début (1/3), milieu (1/2) et fin (2/3) des voyelles cibles, ainsi que la moyenne en % du RMS durant sur la voyelle cible.

⁴ <http://latntic.unige.ch/phonetique/easyalign.php>

3 Résultats

3.1 Durée des voyelles: comparaison locuteurs bosniaques vs locuteurs français

Nous avons mesuré la durée des voyelles orales et des voyelles nasales en millisecondes pour les deux populations. Nous observons :

- L'effet des variables indépendantes « langue maternelle » et « voyelle nasale » augmentant significativement la durée : une durée plus importante des voyelles françaises produites par les bosniaques par rapport aux francophones est observée, et la différence est plus importante entre bosniaques et françaises pour les voyelles nasales (figure 2). En effet, une Anova à deux facteurs montre que la différence entre les deux groupes de locutrices est significative ($p < 0,0001$) : $F_{pho}(5,3153) = 45$; $F_{langue}(1,3153) = 791$; $F_{pho*langue}(5, 3153) = 20$.

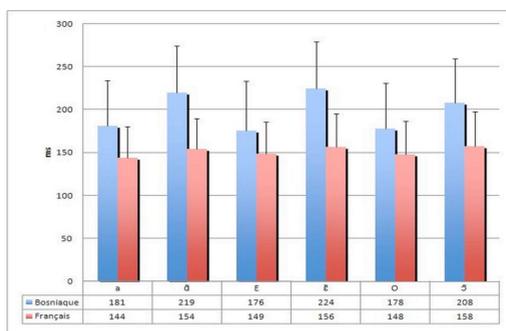


FIGURE 2 – Durée des voyelles (msec) : comparaison locuteurs bosniaques / français

3.2 Pourcentage de nasalité à partir de la moyenne en % du RMS durant la voyelle

Ce pourcentage est significativement plus élevé pour chaque voyelle nasale par rapport à son équivalente orale pour les deux populations. Chez les françaises, cette moyenne est de 20 ($n=873$) pour les voyelles orales, et de 39 ($n=860$) pour les voyelles nasales ; ($p < 0,0001$; $F(1,1731) = 388$). Pour les bosniaques, la moyenne en % du RMS est égale à 21 ($n=723$) pour les voyelles orales, et 42 ($n=709$) pour les voyelles nasales ($p < 0,0001$; $F(1,1430) = 579$).

Pour les deux populations, la voyelle nasale [ɔ̃] a le pourcentage de nasalité le plus élevé (45% en français et 48% en bosniaque), ensuite [ɑ̃] (39% pour les françaises et 41% pour les bosniaques) et finalement [ɛ̃] (33% pour les françaises et 37% pour les bosniaques (figure 3).

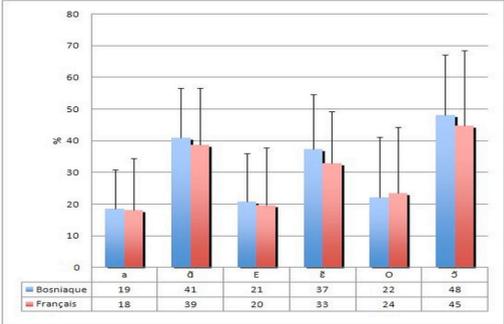


FIGURE 3 – Pourcentage de nasalité à partir de la moyenne en % du RMS durant la voyelle : comparaison entre les locutrices bosniaques et les locutrices françaises

3.3 Pourcentage de nasalité à partir de la moyenne en % du RMS durant la voyelle au début, milieu et fin

Pour les locutrices françaises, [ɑ̃] et [ɛ̃] ont le pourcentage de nasalité le plus élevé à la fin de la voyelle et le moins élevé au début, mais l'augmentation de la nasalité entre le début et le milieu de la voyelle est plus importante qu'entre le milieu et la fin de celle-ci où elle n'est significative que pour [ɑ̃] (tests t appariés comparant le pourcentage de nasalité au milieu et à la fin de chaque voyelle nasale : pour [ɑ̃] : $t_{283} = -4,4$; $p < 0,0001$; pour [ɛ̃] : $t_{284} = -1,4$; $p = 0,15$; pour [ɔ̃] : $t_{290} = 0,8$; $p = 0,42$). [ɔ̃] a le pourcentage de nasalité le plus élevé au milieu de la voyelle et le moins au début de la voyelle (figure 4).

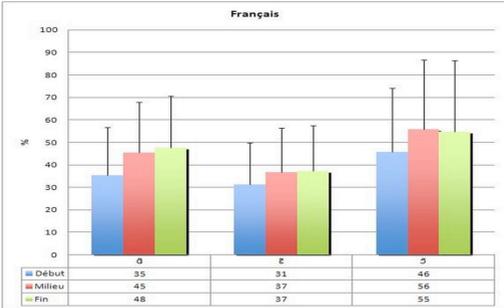


FIGURE 4 – Pourcentage de nasalité à partir de la moyenne en % du RMS durant la voyelle au début, milieu et fin pour les 5 locutrices françaises

Concernant les cinq locutrices bosniaques, toutes les voyelles nasales ont le pourcentage de nasalité le plus élevé à la fin de la voyelle et le moins élevé au début de celle-ci (figure 5). Contrairement aux françaises, l'augmentation de ce pourcentage est équivalente entre le début au milieu de chaque voyelle et entre le milieu et la fin de celle-ci où cette augmentation est toujours significative (tests t appariés comparant le pourcentage de nasalité au milieu et à la fin de chaque voyelle nasale : pour [ã] : $t_{234} = -6,1$; $p < 0,0001$; pour [ɛ̃] : $t_{237} = -6,5$; $p < 0,0001$; pour [ɔ̃] : $t_{235} = -3,5$; $p = 0,0006$).

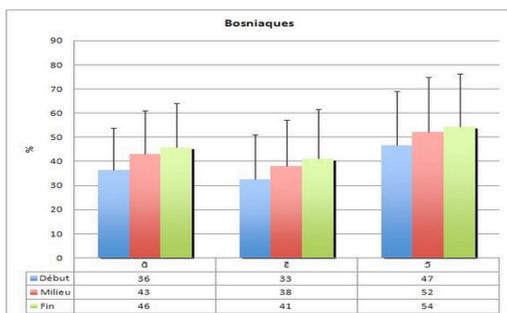


FIGURE 5 – Pourcentage de nasalité à partir de la moyenne en % du RMS durant la voyelle au début, milieu et fin pour les 5 locutrices bosniaques

Conclusion et perspectives

Les résultats de cette étude ont montré que la distinction de durée entre les voyelles nasales et les voyelles orales est maintenue pour les deux populations. Ces résultats sont en accord avec les résultats obtenus par Amelot (2004) à partir de données aérodynamiques. Les locutrices bosniaques semblent maîtriser une distinction entre les 3 voyelles nasales et elles se rapprochent de la production des locutrices françaises, probablement du fait de leur niveau de français avancé (B2 et C1). Les seules différences se situent au niveau de la longueur des voyelles nasales (plus longues pour les locutrices bosniaques) et par le schéma de nasalisation : en français, les voyelles atteignent leur maximum de nasalité dès le milieu de la voyelle et y restent tandis qu'en bosniaque, la nasalité ne cesse d'augmenter au fur et à mesure que la voyelle continue. Ces résultats doivent nécessairement être complétés par des mesures similaires auprès d'apprenantes bosniaques débutantes. Notre prochain but est d'enrichir ces données avec d'autres analyses, notamment : 1) l'analyse du pourcentage de nasalité en fonction de la position de la voyelle pour étudier le comportement de coarticulation nasale, 2) celle de l'influence de la position prosodique de la nasale (ces autres facteurs peuvent en effet expliquer les grands écarts-types obtenus dans nos résultats), 3) l'analyse des mesures temporelles de l'apparition de la nasalité. Nous travaillerons également sur d'autres tâches enregistrées avec les mêmes locutrices : corpus contenant des voyelles isolées, des

phrases répétées et lues, du texte lu et de la parole spontanée. Les locutrices bosniaques choisies ont été officiellement évaluées comme ayant un bon niveau de français : le fait que l'accéléromètre piézoélectrique nous montre ici que leur production des voyelles nasales soit proche de celle des locutrices françaises nous conforte dans l'idée que cet appareil non-invasif et transportable peut apporter des informations intéressantes sur l'évaluation de la production des voyelles nasales du français en didactique du FLE.

Références

AMELOT, A. (2004). Etude aérodynamique, fibroscopique,acoustique et perceptive des voyelles nasales du français, *thèse de doctorat de l'Université Paris 3*.

BOERSMA, P. ET WEENINK, D. (2011). Praat: doing phonetics by computer (Version 5.1.07), [en ligne] <www.praat.org> (consult. 1/10/2011).

HORII, Y. (1980). An accelerometric Approach to Nasality Measurement: a preliminary report. *Actes de CPJ 1980 (Cleft Palate Journal)*, volume 17 (3), pages 254-261.

HORII, Y., LANG, J.E. (1981). Distributional Analyses of an Index of Nasal Coupling (HONC) in simulated Hypernasal Speech. *Actes de CPJ 1981 (Cleft Palate Journal)*, volume 18 (4), pages 279-285.

LIPPMAN, R.P. (1981). Detecting nasalization using a low cost miniature accelerometer. *Actes de JSHR 1981 (Journal of Speech and Hearing Research)*, volume 24, pages 314-317.

LONCHAMP, F. (1988). Etude sur la production et la perception de la parole : les indices acoustiques de la nasalité vocalique : la modification du timbre par la fréquence fondamentale, *thèse d'Etat, Nancy II*.

MADDIESON, I. (1984). Patterns of sounds. *Cambridge University Press*.

OHALA, J.J. (1975). Phonetic explanations for nasal sound patterns, In *Nasalfest : (Papers from a symposium on nasal and nasalization)*, pages 289-316.

RAMIG, L.O., SCHERER, R.C., KLASNER, E.R. TITZE, I.R., HORII, Y. (1990). Acoustic analysis of voice in amyotrophie lateral sclerosis. *Actes de JSHR 1990 (Journal of Speech and Hearing Research)*, volume 5, pages 2-14.

STEVENS, K.N., KALIKOW, D.N., WILLEMMAIN, T.R. (1975). A miniature accelerometer for detecting glottal waveforms and nasalization. *Actes de JSHR 1990 (Journal of Speech and Hearing Research)*, volume 18, pages 594-599.

ZERLING, J.P. (1984). Phénomènes de nasalité et de nasalisation vocalique : Etude cinéradiographique pour deux locuteurs, *Travaux de l'Institut de phonétique de Strasbourg*, volume 16, pages 241-266.