

Quand nasal est plus que nasal : L'articulation orale des voyelles nasales en français

Christopher Carignan^{1,2}

(1) University of Illinois at Urbana-Champaign

(2) GIPSA-lab, Université Stendhal-Grenoble 3

ccarign2@illinois.edu

RESUME

Cet article rend compte des résultats préliminaires de l'étude des articulations linguales et labiales des voyelles orales et nasales de trois locuteurs de français métropolitain (FM) enregistrées avec un système EMA. La variation inter-locuteur des articulations orales des voyelles est interprétée en terme d'équivalence motrice dans la dispersion acoustique des systèmes vocaliques : les locuteurs témoignent des réalisations acoustiques similaires, mais ils utilisent des stratégies articulatoires différentes pour y parvenir.

ABSTRACT

When nasal is more than nasal: Oral articulation of French nasal vowels

Lingual and labial articulations of oral and nasal vowels of three Metropolitan French (FM) speakers were recorded using an EMA system. Inter-speaker variation in these oral articulations suggest that the role of motor equivalence is important in the acoustic dispersion of this vowel system: the speakers have a similar acoustic output, but use different articulatory strategies to achieve this output.

MOTS-CLES : Nasalisation vocalique, production vocalique, français, articulation, EMA

KEYWORDS : Vowel nasalization, vowel production, French, articulation, EMA

1 Introduction

L'étude des aspects phonétiques et phonologiques de la nasalisation vocalique remonte à un certain temps mais l'articulation orale des voyelles nasales a été souvent ignorée dans la littérature phonétique et phonologique internationale. Dans une grande partie de la recherche sur la nasalisation vocalique, on a tendance à analyser les paires des voyelles orales et nasales (e.g. [ɛ] et [ɛ̃]) comme si elles ne se différenciaient qu'en couplage entre les conduits naso-pharyngal et oral-pharyngal (Morais-Barbosa, 1962 ; Narang & Becker, 1971 ; Paradis & Prunet, 2000). Une telle analyse suppose que les voyelles nasales se produisent avec la même configuration linguale et labiale que leurs équivalents oraux, et donc que les effets acoustiques de la nasalisation ne sont attribuables qu'au couplage vélo-pharyngal. Etant donné que les effets acoustiques de la nasalisation – tels que les transitions des formants, les largeurs de bande augmentées, et l'introduction des anti-formants – obscurcissent la configuration orale d'une voyelle nasale (Hawkins & Stevens, 1985 ; Fónagy, 1989 ; Maeda, 1993 ; Feng & Castelli, 1996), la déduction de la configuration orale d'une voyelle nasale en utilisant uniquement le signal acoustique peut être un problème intraitable.

Pour les sons oraux, les valeurs des formants peuvent être liées à la configuration du conduit vocal (Stevens, 1998 ; Iskarous, 2010), mais le couplage naso-pharyngal

introduit des changements spectraux qui obscurcissent la configuration des articulateurs oraux. Ainsi, l'observation directe de la position et du mouvement des articulateurs du conduit oral est essentielle pour comprendre plus en profondeur la production des voyelles nasales. Un grand nombre de recherches articuloires suggèrent désormais que l'articulation des paires de voyelles orales et nasales varient bien plus qu'à l'égard de la présence ou l'absence du couplage naso-pharyngal (Zerling, 1984 ; Bothorel et al., 1986 ; Arai, 2004 ; Engwall et al., 2006 ; Carignan et al., 2011 ; Shosted et al., 2012;). A l'aide des calques radiographiques et des profils des conduits vocaux de deux locuteurs du français métropolitain (FM), Zerling (1984) a observé que la masse de la langue a été légèrement plus rétractée pour la production des voyelles nasales [ã] et [õ] que pour celle de leurs contreparties orales [a] et [o]. Bothorel et al. (1986) ont utilisé les calques des images radiographiques et les labiogrammes pour examiner les articulations linguales et labiales de deux locuteurs et deux locuteurs de FM pendant la production des paires /ɔ/-/õ/, /œ/-/œ̃/, et /ɛ/-/ɛ̃/. Ces calques suggèrent que trois locuteurs sur quatre ont la masse linguale plus rétractée pour /ɔ/ que pour /õ/, ce qui contredit partiellement les résultats de Zerling (1984). Une étude MRI (Engwall et al., 2006) de deux locuteurs et deux locuteurs français belges suggère que quelques-uns de ces locuteurs utilisent l'articulation orale d'une façon compensatoire en raison des différences de configuration de leur conduit nasal. Des différences linguales et labiales entre les voyelles phonémiques orales et nasales du hindi ont été également observées (Shosted et al., 2012). En outre, la coarticulation orale de la nasalisation vocalique ne se limite pas aux langues avec des voyelles nasales phonémiques : les locuteurs de l'anglais américain ont tendance à élever la langue pour /i/ et la rabaisser pour /a/ quand celles-ci subissent une nasalisation co-articulaire avant une consonne nasale. Cet effet fut interprété comme une compensation possible pour les effets acoustiques, et donc aussi perceptuels, de la nasalisation (Arai, 2004 ; Carignan et al., 2011).

2 Méthodes

Cette étude traite de l'articulation linguale et labiale des voyelles nasales du français métropolitain (FM). La parole de trois locuteurs féminins (FM1-FM3) a été enregistrée. Ces locuteurs ont produit un nombre égal de voyelles nasales et orales /a,ã,ɛ,ɛ̃,o,õ/ dans des syllabes CV de mots français monosyllabiques et dissyllabiques réels où C est une plosive non-voisée vélaire, alvéolaire, ou bilabiale (ex : *pain* /pɛ̃/ et *paix* /pɛ̃/). Les mots cibles ont été placés dans la phrase porteuse *Il retape X parfois*, et ils ont été présentés aux locuteurs sur un écran d'ordinateur. La position de la langue et des lèvres a été capturée à l'aide du système AG500 Electromagnetic Articulograph (EMA) de Carstens.

Trois bobines ont été placées le long de la ligne médiane de la langue : à l'apex (TT), au milieu (TM) et au dos (TB). Les mesures de la dimension *z* (le déplacement vertical) et la dimension *x* (le déplacement horizontal) ont été utilisées pour déduire la position de TT, TM, et TB. Afin d'observer l'articulation labiale, quatre bobines ont été placées autour de la bouche : à la ligne médiane de la lèvre supérieure (LS) et inférieure (LI), et aux deux coins de la bouche. L'ouverture labiale (AL) a été estimée en calculant la superficie du polygone créé par les dimensions *z* et *y* de ces quatre bobines¹. La dimension *x* des

¹ Pour le lecteur FM3, la bobine LS a manifesté trop d'erreurs pour être incluse dans l'analyse. Ainsi, nous

bobines LS et LI a donné une estimation de l'avancement des lèvres. Le signal acoustique a été enregistré en utilisant un microphone directionnel attaché près du coin de la bouche. La fréquence d'échantillonnage des signaux articulatoires était 200 Hz, et celle du signal acoustique était 16 kHz. Les signaux articulatoires et acoustique ont été synchronisés automatiquement.

Les voyelles cibles ont été segmentées manuellement selon le signal acoustique. La première limite a été placée au début de la voyelle, soit le commencement de la périodicité dans la forme d'onde, et la deuxième limite a été placée à la fin de la voyelle, soit la dernière période à dépasser un seuil établi empiriquement (i.e. 20% de l'amplitude maximum de la voyelle). Les signaux articulatoires ont été divisés automatiquement en 10 parties contiguës (chacune 1/10 la longueur de la voyelle) avec Matlab 7.11. La moyenne des données de chaque partie a été calculée; ainsi, chaque voyelle avait 10 échantillons après la normalisation. La moyenne des cinquième et sixième parties a été utilisée comme valeur médiane de la voyelle. Pour chaque mesure articulatoire, la moyenne de la voyelle entière est indiquée par *moy* et la valeur médiane est indiquée par *méd* dans les Tables 1, 2 et 4 ci-dessous. Pour les mesures acoustiques, LPC a été appliquée sur une FFT 512-point centrée au milieu de la voyelle. Pour la mesure LPC, il y avait 14 pôles pour les voyelles orales, et 28 pôles pour les voyelles nasales. Les valeurs de F1 et F2 générées par le LPC ont été comparées aux spectres FFT et ont été corrigées s'il le fallait (cf. Gordon & Maddieson, 2004).

Les erreurs des signaux articulatoires ont été détectées en plaçant les trajectoires séparément selon chaque voyelle dans chaque condition de consonne d'attaque. Les trajectoires aberrantes ont été sélectionnées, notées, et supprimées de l'ensemble de données. Le taux d'erreur pour une bobine donnée était moins de 10% en moyenne. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide d'ANOVAs « one-way » dans R 2.11.1. Les données linguales et labiales ont été séparées en fonction du locuteur et de la voyelle. Pour chaque ANOVA, la mesure articulatoire ou acoustique était la variable dépendante et la nasalité de la voyelle (orale/nasale) était la variable indépendante.

3 Résultats

Les Tables 1-4 présentent les résultats d'ANOVA pour les mesures linguales, pour les mesures acoustiques, et pour les mesures labiales. Ces résultats indiquent que tous les locuteurs maintiennent une dispersion acoustique similaire, bien qu'ils utilisent les configurations articulatoires différentes pour atteindre ces distinctions acoustiques. En règle générale, les configurations linguales (Tables 1-2) peuvent expliquer la plupart des différences acoustiques (Table 3). Pour / ϵ / par rapport à / ε /, tous les trois lecteurs ont une valeur F1 statistiquement plus élevée et une position linguale plus abaissée, ainsi qu'une valeur F2 plus basse et une position linguale plus rétractée. Pour / \bar{o} / par rapport à / o /, FM3 a une valeur F1 plus basse et une position linguale plus élevée, tandis que FM1 a une valeur F2 plus basse et une position linguale plus rétractée. Pour / \bar{a} / par rapport à / a /, FM1 et FM3 ont une valeur F2 plus basse et une position linguale plus rétractée ; FM3 a aussi une valeur F1 abaissée et une position linguale élevée.

n'avons pas pu calculer AL pour ce lecteur, et présentons ici seulement la dimension x de LI.

	Paire	TB méd	TB moy	TM méd	TM moy	TT méd	TT moy
FM1	/ɛ/-/ɛ̃/	abaissée F(1,52)=529 ***	abaissée F(1,52)=452 ***	abaissée F(1,52)=224 ***	abaissée F(1,52)=219 ***	abaissée F(1,52)=41 ***	abaissée F(1,52)=28 ***
	/o/-/õ/	abaissée F(1,52)=154 ***	abaissée F(1,52)=173 ***	abaissée F(1,50)=85 ***	abaissée F(1,50)=80 ***		
	/a/-/ã/	abaissée F(1,49)=17 ***	abaissée F(1,49)=11 ***	abaissée F(1,47)=97 ***	abaissée F(1,47)=73 ***	abaissée F(1,48)=13 ***	abaissée F(1,48)=7 *
FM2	/ɛ/-/ɛ̃/	abaissée F(1,56)=17 ***	abaissée F(1,56)=18 ***	abaissée F(1,54)=31 ***	abaissée F(1,54)=37 ***		
	/o/-/õ/						
	/a/-/ã/	élevée F(1,56)=8 **	élevée F(1,56)=6 *				
FM3	/ɛ/-/ɛ̃/	abaissée F(1,56)=28 ***	abaissée F(1,56)=22 ***	abaissée F(1,58)=12 ***	abaissée F(1,58)=10 ***		
	/o/-/õ/			élevée F(1,57)=35 ***	élevée F(1,58)=28 ***	élevée F(1,56)=67 ***	élevée F(1,57)=48 ***
	/a/-/ã/	abaissée F(1,55)=14 ***	abaissée F(1,55)=10 ***	abaissée F(1,58)=6 ***			

TABLE 1 – Résultats d'ANOVA de l'articulation linguale (dimension z). La position linguale est donnée pour la voyelle nasale en relation à sa contrepartie orale. Les niveaux de significativité sont indiqués ainsi : * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), *** ($p < 0.001$).

	Paire	TB méd	TB moy	TM méd	TM moy	TT méd	TT moy
FM1	/ɛ/-/ɛ̃/	rétractée F(1,52)=290 ***	rétractée F(1,52)=251 ***	rétractée F(1,52)=26 ***	rétractée F(1,52)=25 ***	rétractée F(1,52)=75 ***	rétractée F(1,52)=51 ***
	/o/-/õ/	rétractée F(1,52)=15 ***	rétractée F(1,52)=10 **			rétractée F(1,53)=6 ***	
	/a/-/ã/	rétractée F(1,49)=85 ***	rétractée F(1,49)=62 ***	rétractée F(1,47)=90 ***	rétractée F(1,47)=64 ***	rétractée F(1,48)=67 ***	rétractée F(1,48)=53 ***
FM2	/ɛ/-/ɛ̃/			rétractée F(1,54)=35 ***	rétractée F(1,54)=31 ***	rétractée F(1,56)=5 **	rétractée F(1,56)=5 **
	/o/-/õ/	avancée F(1,56)=5 *					
	/a/-/ã/						
FM3	/ɛ/-/ɛ̃/	rétractée F(1,56)=103 ***	rétractée F(1,56)=75 ***	rétractée F(1,58)=180 ***	rétractée F(1,58)=141 ***	rétractée F(1,58)=148 ***	rétractée F(1,58)=106 ***
	/o/-/õ/			avancée F(1,57)=11 ***	avancée F(1,58)=8 ***	avancée F(1,56)=15 ***	avancée F(1,57)=12 ***
	/a/-/ã/	rétractée F(1,55)=85 ***	rétractée F(1,55)=74 ***	rétractée F(1,58)=131 ***	rétractée F(1,58)=105 ***	rétractée F(1,58)=48 ***	rétractée F(1,58)=37 ***

TABLE 2 – Résultats d'ANOVA de l'articulation linguale (dimension x). La position linguale est donnée pour la voyelle nasale en relation à sa contrepartie orale. Les niveaux de significativité sont indiqués ainsi : * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), *** ($p < 0.001$).

	/ɛ̃/-/ɛ̃/		/o/-/ō/		/a/-/ā/	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
FM1	élevé 441 - 953 F(1,58)=4301 ***	abaissé 2604 - 1449 F(1,58)=1181 ***	abaissé 429 - 281 F(1,58)=149 ***	abaissé 916 - 662 F(1,58)=174 ***	abaissé 948 - 819 F(1,58)=136 ***	abaissé 1786 - 1005 F(1,58)=697 ***
FM2	élevé 648 - 861 F(1,57)=133 ***	abaissé 1983 - 1262 F(1,57)=676 ***	abaissé 561 - 351 F(1,58)=101 ***	abaissé 996 - 691 F(1,58)=101 ***	850 - 863	abaissé 1632 - 1202 F(1,57)=152 ***
FM3	élevé 669 - 870 F(1,58)=68 ***	abaissé 2131 - 1367 F(1,58)=301 ***	abaissé 469 - 326 F(1,58)=106 ***	abaissé 898 - 731 F(1,58)=58 ***	abaissé 830 - 783 F(1,58)=30 ***	abaissé 1630 - 1071 F(1,58)=318 ***

TABLE 3 – Résultats d'ANOVA des valeurs des formants fournies par LPC. La valeur est donnée pour la voyelle nasale en relation à sa contrepartie orale. La valeur pour la voyelle orale est à gauche et celle pour la voyelle nasale est à droite. Les niveaux de significativité sont indiqués ainsi : * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), *** ($p < 0.001$).

En outre, les résultats ci-dessus confirmer certaines conclusions linguales précédentes (Zerling, 1984 ; Bothorel et al., 1986 ; Engwall et al., 2006) et ils suggèrent l'existence d'un changement en chaîne (*chain shift*) des réalisations des trois voyelles nasales /ɛ̃/, /ā/ et /ō/ (Maddieson, 1984 ; Walker, 1984 ; Fónagy, 1989 ; Hansen, 2001). Pour la plupart, les positions de la langue peuvent expliquer cette rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre des valeurs acoustiques : la voyelle nasale /ɛ̃/ se centralise dans l'espace articulatoire lingual par rapport à /ā/ qui se postériorise et se ferme proche d'une configuration de /ō/, qui, à son tour, se ferme.

Bien que la configuration linguale puisse expliquer la plupart de la dispersion acoustique de ces locuteurs, il y a quelques décalages entre les configurations linguales et les sorties acoustiques. Dans ce cas, la configuration labiale (Table 4) ainsi que l'effet acoustique de l'abaissement du vélum peuvent expliquer la distinction acoustique entre chaque paire de voyelles. Pour /ā/ par rapport à /a/, FM1 a une valeur F1 significativement plus basse mais aussi une position linguale plus basse, une articulation qui aurait comme effet d'augmenter F1. Pourtant, FM1 a produit /ā/ avec une ouverture labiale plus réduite par rapport à /a/, soit plus arrondie, une configuration qui abaissera F1. Pour FM2, /ā/ a une position linguale plus élevée par rapport à /a/, sans changement de valeur F1. Pourtant, ce locuteur a également produit /ā/ avec une ouverture labiale plus ouverte par rapport à /a/, soit moins arrondie, une configuration labiale qui peut compenser l'abaissement de F1 par la position linguale élevée. Étant donné qu'une constriction aux lèvres ou un avancement des lèvres abaissera tous les formants (Stevens, 1998), les configurations labiales de ces locuteurs peuvent ainsi expliquer les changements acoustiques entre /ā/ et /a/ que les configurations linguales ne permettent pas d'interpréter. Pour /ō/ par rapport à /o/, FM1 a une valeur F1 plus basse mais aussi une position linguale plus basse ; il n'y a pas de changement par rapport à l'articulation labiale. FM2 a des valeurs F1 et F2 plus basses mais une position linguale plus avancée ; il n'y a pas de changement par rapport à l'articulation labiale. FM3 a une valeur F2 plus basse mais une position linguale plus avancée. En outre, la lèvre inférieure est plus avancée. Tous les trois locuteurs ont une valeur F2 plus basse pour /ō/ par rapport à /o/, bien qu'ils n'aient pas tous une configuration orale qui peut expliquer ce changement acoustique. Pourtant, étant donné que /ō/ est une voyelle postérieure, l'abaissement du

vélum crée une constriction vélaire contre la langue postériorisée, une articulation qui aurait comme effet acoustique d'abaisser la valeur F2 (Stevens, 1998).

	Paire	AL méd	AL moy	LS méd	LS moy	LI méd	LI moy
FM1	/ɛ/-/ẽ/	arrondie $F(1,42)_{***}=183$	arrondie $F(1,42)_{***}=178$				
	/o/-/õ/						
	/ɑ/-/ã/						
FM2	/ɛ/-/ẽ/	ouverte $F(1,45)_{*}=6$				avancée $F(1,57)_{**}=10$	avancée $F(1,57)_{**}=8$
	/o/-/õ/						
	/ɑ/-/ã/						
FM3	/ɛ/-/ẽ/	N/A	N/A	N/A	N/A	avancée $F(1,57)_{***}=30$	avancée $F(1,58)_{**}=25$
	/o/-/õ/	N/A	N/A	N/A	N/A	avancée $F(1,58)_{*}=6$	
	/ɑ/-/ã/	N/A	N/A	N/A	N/A		

TABLE 4 – Résultats des ANOVA de l'articulation labiale pour l'aperture (AL) et dans la dimension x (LS, LI). Pour chaque mesure statistiquement significative, la position linguale est donnée pour la voyelle nasale en relation à sa contrepartie orale. Les niveaux de significativité sont indiqués ainsi : * ($p < 0.05$), ** ($p < 0.01$), *** ($p < 0.001$).

4 Discussion et Conclusion

Les résultats de cette étude corroborent certaines des résultats articulatoires précédemment observées en français métropolitain (Zerling, 1984 ; Bothorel et al., 1986 ; Engwall et al., 2006), et contribuent aux recherches actuelles sur la dispersion des systèmes vocaliques et sur la nasalité en général. Nous avons observé une variabilité entre les locuteurs en ce qui concerne les configurations linguales et labiales des voyelles orales et nasales. Néanmoins, la dispersion acoustique était similaire pour chaque locuteur. Ce décalage entre l'articulation et ses conséquences acoustiques suggère qu'un des mécanismes importants pour la dispersion acoustique de l'espace vocalique française peut être l'équivalence motrice, i.e., « la capacité d'un système moteur d'atteindre la même sortie en ayant toujours une variation considérable dans les parties individuelles qui contribuent à cette sortie » (Hughes & Abbs, 1976, *traduction par l'auteur*).

Les résultats de cette étude suggèrent aussi que l'équivalence motrice peut être importante pour la nasalité vocalique en tant que telle. Due à la centralisation linguale de la voyelle /ɛ/ en FM, l'élévation de F1 et l'abaissement de F2 peuvent augmenter la perception de nasalité (Wright, 1975, 1986 ; Delvaux et al., 2004 ; Delvaux et al., 2008 ; Delvaux, 2009). Engwall et al. (2006) ont trouvé qu'un des quatre locuteurs dans leur étude n'a produit guère de différence en aperture vélo-pharyngale entre les productions

de / $\bar{\epsilon}$ / et / ϵ /. Les auteurs montrent que ce locuteur a modifié les configurations labiales de ses articulations de deux voyelles pour établir une distinction « inattendue » : au lieu de nasaliser / ϵ / en / $\bar{\epsilon}$ /, il a produit / $\bar{\epsilon}$ / avec plus de constriction labiale que / ϵ /. Dans une étude aérodynamique des voyelles nasales du français belge, Delvaux et al. (2008) n'ont observé aucune différence significative entre / $\bar{\epsilon}$ / par rapport à / ϵ / en ce qui concerne la moyenne du débit nasal proportionnel parmi les environnements phonétiques NV, N \bar{V} , et NVN. Les auteurs suggèrent que les différences en configuration linguale peuvent garder le contraste entre nasal / $\bar{\epsilon}$ / et oral / ϵ /, malgré la réduction du couplage naso-pharyngal pour ce premier, étant donné que les effets acoustiques de l'articulation linguale de / $\bar{\epsilon}$ / par rapport à celle de / ϵ / (i.e. plus ouverte et moins avancée) peuvent augmenter la perception de la nasalité. Celle-ci est précisément la configuration linguale observée pour les trois locuteurs de FM dans cette étude.

En outre, les résultats de cette étude confirment certaines conclusions linguales précédentes (Zerling, 1984 ; Bothorel et al., 1986 ; Engwall et al., 2006) et ils suggèrent l'existence d'un changement en chaîne des réalisations des trois voyelles nasales / $\bar{\epsilon}$ /, / \bar{a} / et / \bar{o} / (Maddieson, 1984 ; Walker, 1984 ; Fónagy, 1989 ; Hansen, 2001). En ce qui concerne la production de / \bar{o} / et / o /, la variation inter locuteur observée peut aider à expliquer les résultats contradictoires de Zerling (1984) et Bothorel et al. (1986).

Remerciements

Une partie de cette recherche a été soutenue par National Science Foundation Doctoral Dissertation Research Grant #1121780.

Références

- ARAI, T. (2004). Comparing Tongue Positions of Vowels in Oral and Nasal Contexts. http://www.splab.net/papers/2004/2004_25.pdf
- BOTHEREL, A., SIMON, P., WIOLAND, F., & ZERLING, J.-P. (1986). Cinéradiographie des voyelles et consonnes du français. *Travaux de l'Institut de Phonétique de Strasbourg* 18.
- CARIGNAN, C., SHOSTED, R., SHIH, C., & RONG, P. (2011). Compensatory articulation in American English nasalized vowels. *Journal of Phonetics* 39, 668–682.
- DELVAUX, V. (2009). Perception du contraste de nasalité vocalique en français. *Journal of French Language Studies* 19, 25-59.
- DELVAUX, V., DEMOLIN, D., SOQUET, A., & KINGSTON, J. (2004). La perception des voyelles nasales du français. *XXVèmes Journées d'étude sur la parole, Fès*, 157-160.
- DELVAUX, V., DEMOLIN, D., HARMEGNIES, B., & SOQUET, A. (2008). The aerodynamics of nasalization in French. *Journal of Phonetics* 36, 578-606.
- ENGWALL, O., DELVAUX, V., & METENS, T. (2006). Interspeaker variation in the articulation of nasal vowels. *Proceedings of the 7th ISSP*, 3-10.
- FENG, G., & CASTELLI, E. (1996). Some acoustic features of nasal and nasalized vowels: a target for vowel nasalization. *Journal of the Acoustical Society of America* 99(6), 3694-3706.

- FONAGY, I. (1989). Le français change le visage. *Revue Romaine* 24(2), 225-254.
- GORDON, M., & MADDIESON, I. (2004). The phonetics of Paicî vowels. *919 Oceanic Linguistics* 43, 296-310.
- HANSEN, A. (2001). Lexical Diffusion as Factor of Phonetic Change: The Case of Modern French Nasal Vowels. *Language Variation and Change* 13(2), 209-252.
- HAWKINS, S., & STEVENS, K. N. (1985). Acoustic and perceptual correlates of the non-nasal distinction for vowels. *Journal of the Acoustical Society of America* 77(4), 1560-1575.
- HUGHES, O.M., & ABBS, J.H. (1976). Labial-mandibular coordination in the production of speech: Implications for the operation of motor equivalence. *Phonetica* 44, 199-221.
- ISKAROUS, K. (2010). Vowel Constrictions are Recoverable from Formants. *Journal of Phonetics* 38, 375-387.
- MADDIESON, I. (1984). *Patterns of Sounds*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MAEDA, S. (1993). Acoustics of vowel nasalization and articulatory shifts in French nasal vowels. In: M. K. Huffman, R. A. Krakow (eds), *Phonetics and phonology: Vol. 5: Nasals, nasalization and the velum*. New York: Academic Press, 147-167.
- MORAIS-BARBOSA, J. (1962). Les voyelles nasales portugaises: interprétation phonologique. In *Proceedings of the Fourth International Congress of Phonetic Sciences. (Helsinki 1961)*. The Hague: Mouton, 691-708.
- NARANGG, C., & BECKER, D. (1971). Aspiration and nasalisation in the generative phonology of Hindi-Urdu. *Language* 47, 646-667.
- PARADIS, C., & PRUNET, J.-F. (2000). Nasal vowels as two segments: evidence from borrowings. *Language*, 76(2), 324-357.
- SHOSTED, R., CARIGNAN, C. & RONG, P. (2012). Managing the distinctiveness of phonemic nasal vowels: Articulatory evidence from Hindi. *Journal of the Acoustical Society of America* 131(1), 455-465.
- STEVENS, K. N (1998). *Acoustic phonetics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- WALKER, D.C. (1984). The Pronunciation of Canadian French. Ottawa, University of Ottawa Press. <http://people.ucalgary.ca/~dcwalker/PronCF.pdf>
- WRIGHT, J. T. (1975). Effects of vowel nasalization on the perception of vowel height. In: Ferguson, C.A., Hyman, L.M., Ohala, J.J. (eds), *Nasálfest. Papers from a symposium on nasals and nasalization*. Stanford University: Language Universals Project, 373-388.
- WRIGHT, J. T. (1986). Nasalized vowels in the perceptual vowel space. In: Ohala, J.J., Jaeger, J.J. (eds.), *Experimental Phonology*. Orlando: Academic Press, 45-67.
- ZERLING, J. P. (1984). Phénomènes de nasalité et de nasalization vocaliques: Étude cinéradiographique pour deux locuteurs. *Travaux de l'Institut de Phonétique de Strasbourg* 16, 241-266.