

Nasalité en français spontané : Mesures aérodynamiques et fibroscopiques, études préliminaires

Angélique AMELOT¹, Patricia BASSET¹, Lise CREVIER-BUCHMAN^{2,1}, Bernard ROUBEAU³

¹UMR7018, ILPGA 19, rue des Bernardins, 75005 Paris

²Service d'Oto-Rhino-Laryngologie, Hôpital Européen Georges Pompidou, 20 rue Leblanc, 75015 Paris

³Service d'ORL et de chirurgie cervico-faciale, Hôpital Tenon, Paris

Mél: amelot@infonie.fr

ABSTRACT

The purpose of this study is twofold: (1) to set up a methodology for gathering aerodynamic and fibroscopic data in spontaneous speech; (2) to present preliminary results: (i) there is a tendency for nasal flow to start during the phoneme preceding the nasal and a strong propensity to spread after the phoneme following the nasal; (ii) differences between speakers concerning velar lowering. We found a few cases of complete denasalization of nasals and some cases of nasalization of orals.

1. INTRODUCTION

La nasalité est particulièrement intéressante à étudier en français car c'est une des 71 langues du monde sur les 451 référencées dans la base de données UPSID qui possède dans son inventaire phonologique, des voyelles nasales [Mad84].

Le tableau 1 recense quelques travaux qui montrent la diversité des techniques d'observations sur de la parole lue. En parole spontanée, Malécot & Metz [Mal72] ont étudié la coarticulation du point de vue acoustique et [Due95] du point de vue perceptif, en français.

Tableau 1 : Liste non exhaustive montrant la diversité des techniques utilisées pour étudier la nasalité en français lu.

acoustique	[Dur53]	nasographe	[Clu76]
palatographie	[Str65]	électromyographie	[Ben77a]
radiographie	[Del68]	fibroscopie	[Ben77b]
radiocinématographie	[Bri70]	Perception	[Ben81]
aérodynamique	[Ben74]	Modélisation	[Mae93]

Warren et al [War87] ont montré qu'il y avait une corrélation entre le degré d'ouverture du passage vélopharyngal (données fibroscopiques) et le débit d'air nasal (données aérodynamiques). La présence de flux nasal indique que le voile du palais est abaissé mais l'absence de flux nasal n'indique pas que le voile est relevé. Le mouvement du voile commence avant l'apparition de flux nasal [Ben77]. C'est pourquoi nous avons choisi de faire une étude à la fois aérodynamique et fibroscopique.

Les séquences de parole spontanée ont été obtenues durant les repos entre deux sessions d'enregistrement d'un corpus lu. Malgré le port d'un masque buccal par le locuteur lors de l'enregistrement, il est possible d'utiliser le signal obtenu pour construire des tests de perception. Les auditeurs ont pu distinguer les segments non nasals des segments nasals à plus de 80%, lors d'un test de perception.

2. ÉTUDE AÉRODYNAMIQUE

2.1 Matériel

Les données de flux d'air nasal et buccal, couplées avec des mesures électroglottographiques, ont été prises à l'aide de la station EVA2 [Gal89] et traitées par le logiciel Phonedit.

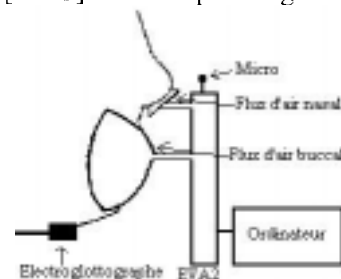


Figure 1 : Schéma de la station EVA2. Le flux d'air nasal est recueilli par des tubes courts maintenus au moyen de bouchons. Le masque buccal souple est indépendant.

2.2 Locuteurs et corpus

Les enregistrements se sont déroulés en deux séances. Trois femmes et un homme, français, âgés de 26 à 55 ans, ont lu un corpus. Durant les pauses, nous avons obtenu 11 minutes de parole spontanée sur des sujets tels que les vacances au bord de la mer, le manque de confort de la position devant la station EVA2 et les études sur la nasalisation. Les conversations ont été transcrites orthographiquement. Les locuteurs sont venus relire certains passages orthographiés de ce qu'ils avaient dit spontanément au cours de la première séance. Le signal audio, les courbes de débit d'air et le tracé glottographique ont été segmentés et étiquetés phonétiquement à l'aide de spectrogrammes comme nous le montrons sur l'exemple à la figure 2.

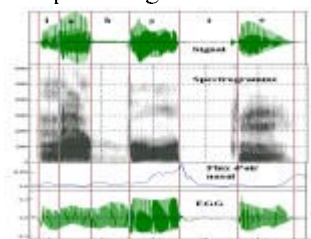


Figure 2 : [labõte] «la bonté», 1) signal acoustique, 2) spectrogramme, 3) flux d'air nasal, 4) EGG.

2.3 Résultats

Anticipation : (tableau 4)

Warren et al [War93] suggèrent que le temps durant lequel le velum reste ouvert (ou fermé) est un paramètre plus

important que le volume de l'air expiré par le nez. Nous avons mesuré l'**anticipation** et la **propagation**, en relevant la durée du souffle nasal sur le (ou les) phonème(s) précédant ou suivant le phonème nasal. Le tableau 4 présente les résultats de la recherche de flux nasal avant la nasale.

Pour le contexte d'une voyelle orale précédant une voyelle nasale [V-Vnas], on remarque une très légère tendance à l'anticipation du souffle nasal avant la production de la voyelle nasale.

Pour le contexte [C-Vnas], il y a une différence selon si C est sourde ou sonore. Si C est voisée, on constate, dans la majorité des cas, la présence de flux nasal avant la voyelle nasale (78% en parole spontanée et 80% en parole lue). La tendance est inversée, si C est sourde (66% en parole spontanée et 71% en parole lue). Ces résultats sont en accord avec les résultats trouvés pour l'Hindi [Oha91].

Pour le contexte [V-Cnas], les résultats sont : 46% d'anticipation en spontané et 54% en spontané.

La comparaison inter-style ne met pas en lumière une différence d'anticipation de flux d'air nasal entre la parole spontanée et la parole lue.

Propagation : (tableau 5)

Nous constatons que dans la majorité des cas et quel que soit le phonème qui suit la nasale, le flux nasal se propage après un phonème nasal, avec 89% de cas de propagation en parole spontanée et 94% en parole lue.

Dénasalisation :

En parole spontanée, nous avons trouvé quelques cas de dénasalisation complète en parole spontanée et en parole lue dans des entourages CVC [Occlusive sourde-Voyelle nasale-Occlusive sourde] (ex: « complètement, continue »).

Nasalisation de phonèmes oraux :

Nous avons observé des cas de nasalisation de [I] et de [ɛ] dans des contextes strictement oraux comme dans « alors, sur le rouge, d'accord ».

3. ETUDE FIBROSCOPIQUE

3.1 Matériel

Nous avons utilisé un nasofibroscope Olympus Enf-P3, relié à une source de lumière froide Olympus CLH 250 et une micro caméra Olympus OTV-SF. Le fibroscope a été introduit par la narine gauche, sans anesthésie locale, et l'extrémité était maintenue à l'orifice postérieur de la fausse nasale juste au-dessus de la face supérieure du voile. Les séquences vidéo étaient de 25 images par seconde.

3.2 Locuteurs et corpus

Deux locutrices françaises (28 et 52 ans) ont lu un corpus, celui-ci était entre-coupé de courtes séquences où les sujets parlaient librement. Le corpus spontané extrait est d'environ 2 minutes.

3.3 Méthode de calcul

La difficulté majeure a été de rendre compte des changements de positions du velum observés sur les

séquences vidéos. La caméra, utilisée prend 25 images par seconde (50 images par seconde dans [Ben77a], et 20 images par seconde dans [Aut89]). Nous avons fait un compromis entre la vitesse d'enregistrement et le temps nécessaire pour analyser manuellement chaque image. Nous avons pris en compte le fait que le velum est un articulateur relativement lent (50 ms pour passer d'une position ouverte à une position fermée [Oha75]). Par exemple, (figure 3), l'image correspond à 40 ms sur le signal, elle englobe le phonème [d] et le début du segment [ø].

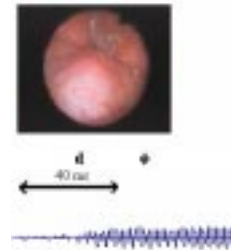


Figure 3 : Illustration du problème du nombre de séquences d'images par seconde. La flèche correspond à 40 ms.

Pour chaque image, nous avons mesuré en pixel le mouvement d'élévation du velum à l'aide d'un programme développé sous Matlab (par Shinji Maeda). Une image où le velum a été considéré comme maximale abaissé a servi de point de référence (voir figure 4, image 1).

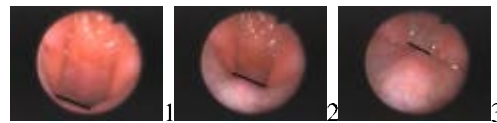


Figure 4 : Velum dans trois positions : 1 : très abaissé, 2 : à moitié relevé, 3 : très relevé.

Le degré d'abaissement du velum a été estimé par interpolation toutes les 10 ms. Pour chaque séquence, nous obtenons une série de points qui correspondent aux mouvements du voile du palais.

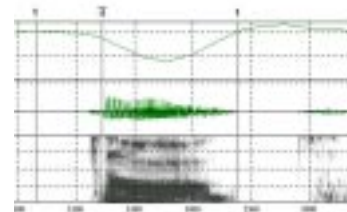


Figure 5 : Affichage en parallèle : 1 la courbe représentant les mouvements du velum, 2 Signal acoustique, 3 Spectrogramme (Phonedit)

3.4 Résultats

Différences de stratégies inter-locuteurs :

[Zwi74] a montré qu'il existe 4 stratégies différentes pour fermer le vélopharynx. Les deux locutrices que nous avons enregistrées ont deux stratégies distinctes. La locutrice 1 a une stratégie de type sphincter : le voile du palais se lève et les parois pharyngales se rapprochent. Pour la locutrice 2, le geste le plus important est le mouvement d'élévation du

velum, les parois vélopharyngales ne participant presque pas à la fermeture du conduit.

Différences intra et inter-locuteurs en parole lue :

Des mesures sur la hauteur du voile du palais ont été faites sur les voyelles [a, e, o, \tilde{a} , \tilde{o} , \tilde{e}] à l'isolée et dans les contextes : tVt, nVt, mVm, sVs, VsV, VtV, VnV et VmV. Les items ont été placés dans la phrase cadre : « Dites ___ deux fois ».

Tableau 2 : Valeurs de hauteur relative du velum (en pixel). cd = consonne dévoisée. Les valeurs en caractère gras indiquent une ouverture maximum du velum.

Loc1	\tilde{a}	\tilde{o}	\tilde{e}	a	e	o
isolée	104,62	43,69	80,34	218,81	285,08	283,67
cd V	137,52	112,5	128,88	221,67	246,05	248,13
V cd	143,89	93,02	134,7	210,59	259,86	248,16
V nasal	83,55	37,71	85,55	112,35	171,86	192,75
nasal V	72,28	34,16	75,67	122,05	142,65	184,75

Tableau 3 : Valeurs de hauteur relative du velum (en pixel). cd = consonne dévoisée.

Loc2	\tilde{a}	\tilde{o}	\tilde{e}	a	e	o
isolée	32,94	7,05	82,35	173	207	199,88
cd V	102,45	57,66	116,73	237,06	210	229,73
V cd	97,42	60,77	113,93	221,9	205	235,08
V nasal	93,46	25,51	87,32	164,5	198	219,43
nasal V	99,59	27,05	80,06	165,2	201	190,39

Voyelles orales :

La locutrice 1 a un abaissement plus important du voile du palais pour [a] que pour [e] et [o], ce qui confirme les résultats de [Pas63], [Clu76], [Mol62]. Les voyelles basses manifestent moins de fermeture vélaire que les voyelles hautes.

La locutrice 2 a un abaissement plus important pour le [a] à l'isolée et en contexte nasal. Dans le contexte [consonne sourde – V – consonne sourde] le velum est plus relevé pour [a] que pour [e] et [o].

Pour les locutrices 1 et 2, il y a une nette tendance à avoir un velum plus bas pour les voyelles précédées ou suivies par une consonne nasale, ce qui confirme les résultats de [Ben77a] trouvés sur le français. [Mol62] trouve pour l'anglais que les voyelles adjacentes à [n] manifestent une fermeture incomplète du voile du palais, les voyelles qui précèdent [n] ont moins de fermeture que celles qui suivent ce même segment. Ceci ne se vérifie pas dans nos résultats.

Les voyelles nasales :

- [\tilde{e}] : est produit avec le velum plus bas que pour [\tilde{a} , \tilde{o}] (loc.1 et loc.2).

- Tendance à avoir un velum plus haut quand les voyelles nasales sont adjacentes à des consonnes dévoisées.

Nasalisation de phonèmes oraux :

Les données aérodynamiques ont révélé la présence de souffle nasal sur trois occurrences du mot « alors » prononcé par la locutrice 1. Lors de l'enregistrement fibroscopique, pour la seule occurrence de « alors », prononcé par la même locutrice, nous avons observé que le velum reste relativement bas avec un maximum de fermeture sur la voyelle [ɔ].

Dénasalisation :

Pour le mot « continue », (locutrice 2), les données fibroscopiques indiquent que le velum reste en position haute durant la voyelle nasale. Nous avons observé que la voyelle [ɔ̃] est prononcée avec le velum très haut quand elle se situe entre deux consonnes dévoisées (voir tableau 2 et 3).

4. Conclusion

Ces premières expériences montrent qu'il est possible de prendre des données physiologiques, aérodynamiques et fibroscopiques durant parole spontanée. Les différences de stratégie de fermeture du passage vélopharyngal mettent en lumière la nécessité de collecter des données sur des locuteurs représentatifs des quatre modes de fermeture afin de mesurer l'influence de ces différentes stratégies sur la production des phonèmes nasals. L'analyse des premiers résultats indique une tendance à la propagation du souffle nasal avant et après la nasale. Ces résultats sont à confirmer en fibroscopie. Nous avons observé des cas de nasalisation de phonèmes oraux et des de dénasalisation. Pour faire le lien entre hauteur du velum et souffle d'air nasal expiré, il est souhaitable de prendre ces données de façon simultanée. Ce qui va être fait dans l'avenir.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tout particulièrement Madame le Professeur Jacqueline Vaissière, pour ses conseils et ses encouragements, Monsieur Shinji Maeda, Directeur de Recherche au CNRS, et Monsieur Serge Fleury pour leur aide précieuse lors l'élaboration d'une méthodologie d'exploitation des résultats.

BIBLIOGRAPHIE

- [Aut89] Ausseterre, D., B. Galindo, et al. (1989) "Movement of the lips and velum in speech : variations in aerodynamic parameters", Paris, Eurospeech, pp. 437-440.
- [Bas01] Basset P., Amelot A., Vaissière J., Roubeau B. (2001) Nasal airflow in French Spontaneous Speech, Journal of the International Phonetic Association (JIPA), sous presse.
- [Ben74] Benguerel A. P. (1974), Nasal airflow patterns and velar coarticulation in French, Speech Wave Processing and Transmission, Stockholm, Almqvist & Wiksell.
- [Ben77a] Benguerel, A. P. & H. Hirose, et al. (1977a), "Velar coarticulation in French : a fiberoptic study", Journal of phonetics, Vol. 5, pp. 149-158.
- [Ben77b] Benguerel, A. P. H. Hirose, et al. (1977b), "Velar coarticulation in French : an electromyographic study", Journal of phonetics, Vol. 5, pp. 159-168.

- [Ben81] Benguerel, A.-P. and A. Lafargue (1981), "Perception of vowel nasalization in French", *Journal of Phonetics*, Vol. 9, pp. 309-321.
- [Bri70] Brichler-Labaeye M. (1970), *Les voyelles françaises. Mouvements et positions articulatoires à la lumière de la cinéradiographie*, Klincksiek, Paris.
- [Clu76] Clumeck, H. (1976). "Patterns of soft palate movements in six languages", *Journal of Phonetics*, Vol. 4: pp. 337-351.
- [Del68] Delattre P. (1968), *La radiographie des voyelles françaises et sa corrélation acoustique*. The French Review.
- [Due95] Duez D. (1995), "On Spontaneous French Speech : aspects of the reduction and contextual assimilation of voiced stops", *Journal of Phonetics*, Vol. 23, pp.407-427.
- [Dur53] Durand M. (1953), "De la formation des voyelles nasales", *Studia Linguistica*, Vol. 7, pp. 33-53
- [Gal89] Galindo et Teston (1989), "Physiologia, une station de travail qui étudie des paramètres physiologiques de la parole", *Travaux de l'Institut de Phonétique d'Aix*, Vol. 13, pp. 197-217.
- [Mad84] Maddieson J. (1984), *Patterns of Sounds*, Cambridge University Press.
- [Mae93] Maeda S. (1993) Acoustic of vowel nasalisation and articulatory shifts in French nasal vowels, *Nasals, Nasalisation and the Velum*, Academic Press, pp. 147-167.
- [Mal72] Malécot A. & Metz G. (1972), "Progressive Nasal Assimilation in French", *Phonetica*, Vol. 26, pp.193-209.
- [Mol62] Moll, K. L. (1962). "Velopharyngeal Closure on Vowels", *Journal of Speech and Hearing Research*, Vol. 5(1), pp. 30-37.
- [Oha75] Ohala, J. J. (1975) "Phonetic explanations for nasal sound patterns", *Nasalfest: Papers from a symposium on nasals and nasalization*, C. A. Ferguson, L. M. Hyman and J. J. Ohala. Stanford, Language Universals, pp. 289-316.
- [Oha91] Ohala M. & Ohala J. (1991) "Nasal Epenthesis in Hindi", *Phonetica*, Vol. 48, pp. 20-220.
- [Pas63] Passavant, G. (1863) *Ueber die Verschliessung des Schlundes beim Sprechen*. Frankfurt a. M : J.D. Sauerländer. F. in Huffman, M.K. Krakow, R.A. (1993) *Phonetics and Phonology*, Vol. 5, pp. 64.
- [Str65] Straka G. (1965), *Album Phonétique*, Les Presses de l'Université Laval, Quebec.
- [War87] Warren D.W, Hinton V.A., Pillsbury H. C. & Hairfield W.M. (1987), "Effects of the size of the nasal airway on nasal airflow rate", *Archives of Otolaryngology*, Vol. 113, pp. 405-408.
- [Zwi74] Zwitman H. D., Sonderman J.C., Ward P.H. (1974) "Variations in Velopharyngeal Closure assessed by endoscopy", *Journal of Speech and Hearing Disorders*, Vol. 3, pp. 366-372.

Tableau 4 : Anticipation du flux nasal. Résultats regroupant tous les phonèmes nasals du corpus de parole spontanée et de parole lue. Les voyelles nasales (Ṽ) et les consonnes nasales (N) sont classées en fonction de la nature du phonème qui précède. Pour chaque style de parole, nous avons recensé le nombre d'occurrences où nous avons trouvé ou non la présence de souffle nasal avant le phonème (anticipation, pas d'anticipation). Pour chaque résultat nous avons indiqué les pourcentages. Les résultats détaillés ont été publiés [Bas01].

Contexte	Parole spontanée				parole lue			
	anticipation		sans anticipation		anticipation		sans anticipation	
	occurrences	%	occurrences	%	occurrences	%	occurrences	%
[V -Vnas]	9	56	7	46	9	56	7	46
[C voisées -Vnas]	38	78	12	22	40	80	10	20
[C non voisées -Vnas]	18	34	27	66	13	29	32	71
[V-Cnas]	33	46	48	54	42	52	39	48
Total	98	51	94	49	104	54	88	46

Tableau 5 : Propagation du flux nasal. Résultats regroupant tous les phonèmes nasals du corpus de parole spontanée et de parole lue. Les voyelles nasales (Ṽ) et les consonnes nasales (N) sont classées en fonction de la nature du phonème qui précède. Pour chaque style de parole, nous avons recensé le nombre d'occurrences où nous avons trouvé ou non la présence de souffle nasal après le phonème nasal (pas de propagation, propagation). Pour chaque résultat nous avons indiqué les pourcentages.

Contexte	Parole spontanée				parole lue			
	pas de propagation		propagation		pas de propagation		propagation	
	occurrences	%	occurrences	%	occurrences	%	occurrences	%
[Vnas-V]	5	45	6	55	4	36	7	64
[Vnas-C]	13	11	107	89	7	6	116	94
[Cnas-V]	3	5	58	95	1	2	60	98
Total	21	11	171	89	12	6	183	94