

Quelques statistiques sur la nasalité vocalique et consonantique

Solange ROSSATO

Institut de la Communication Parlée
Université Stendhal/INPG/CNRS, Grenoble, France
Mél: rossato@icp.inpg.fr

ABSTRACT

This paper deals with nasals consonants and nasal vowels. Nasal vowels come from underlying VN sequences. However, data from velar position during nasal consonant and nasal vowels show that an anticipatory lowering of the velum is not sufficient to explain the apparition of nasal vowels. Therefore we analyse the position of VN and V_n sequences in ULSID database. Results shows that VNC are preferred before plosives and fricatives with the same place of articulation. V_n is also found in final position.

1. INTRODUCTION

La nasalité, quelle soit vocalique ou consonantique, est réalisée grâce à l'abaissement du velum, ouvrant ainsi le passage vers les fosses nasales. Cependant, un velum abaissé n'implique pas forcément la nasalité. Dès les toutes premières radiographies, on constate que le velum peut être abaissé lorsqu'un locuteur produit la voyelle orale [a], et ceci même en dehors de tout contexte nasal. Durand [2] note une réalisation du [a] de *il l'a* avec un velum distant de 10 mm de la paroi pharyngale sur les radiographies de Clumsky (cité p34 par Durand [2]). Les mesures EMA que nous avons effectuées sur un locuteur français [6] montrent, pour la voyelle ouverte [a] en contexte oral, un velum abaissé qui atteint la position vers 10,5 cm, valeur observée pour certaines productions des consonnes nasales [m] et [n].

Les voyelles nasales du français sont réalisées avec une position du velum beaucoup plus basse que celle généralement observée pour les consonnes nasales, ainsi que le montre la figure 1. Une hauteur de 9.8 cm correspond à un velum abaissé, tandis que une hauteur du velum de 11 cm correspond à un velum très relevé. Teixeira et Vaz [7] étudient les voyelles nasales du portugais : pendant la voyelle nasale, le velum descend plus bas que pendant la réalisation de la consonne nasale en contexte vocalique orale (cf. [amamus] vs [am̃mus]). S'il semble évident que les voyelles nasales proviennent de une séquence VN, il nous semble que la simple anticipation de l'abaissement du velum ne permet pas de réaliser une voyelle nasale avant une consonne [m] ou [n]. En effet, les voyelles nasales du français et du portugais sont réalisées avec un geste du velum d'une amplitude bien plus grande

que celle nécessaire pour la production d'une consonne nasale [m] ou [n]. Il n'en est pas de même pour les consonnes nasales vélares. L'occlusion du conduit vocal se faisant au niveau du velum, le velum descend beaucoup plus bas que pour les consonnes [m] et [n] afin de faciliter l'occlusion vélaire ou uvulaire (cf p4 Dang et Honda [1]).

Maeda [4] a montré que l'ouverture du velum nécessaire à la perception de la nasalité est plus importante pour la voyelle ouverte [a] que pour les voyelles hautes [i] et [u]. Les voyelles nasales du français étant des voyelles moyennement ouvertes ou ouvertes, on peut penser que le velum est si bas afin d'obtenir l'ouverture du passage velopharyngé nécessaire à la perception de la nasalité. Il faut cependant noter que pour les voyelles nasales hautes du portugais, l'ouverture maximale du velum est comparable à celle des autres voyelles nasales (cf [7]).

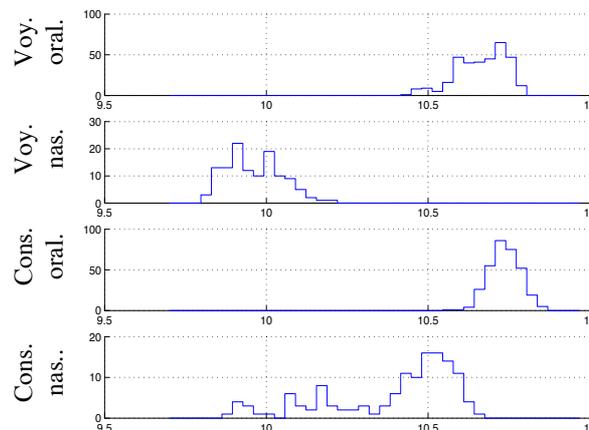


Figure 1 : Distribution de la hauteur du velum en cm pour les voyelles orales, les voyelles nasales, les consonnes orales et les consonnes nasales.

2. LES CONTRAINTES DU VELUM

Le voile du palais n'intervient pas que pour la production des sons nasals et son oral ne signifie donc pas forcément velum relevé. Qu'en est-il exactement des contraintes appliquées sur le velum ?

Bien évidemment, les plosives sont nécessairement produites avec un velum relevé, qui ferme le passage vers les fosses nasales. Ces sons imposent donc des contraintes fortes : si le velum est trop bas, on obtient une consonne nasale. Ce mécanisme s'observe très bien sur la figure 2.

Pour produire une fricative, il faut une pression suffisante dans le conduit vocal, qui, si elle est généralement moindre que celle présente pour la réalisation de consonnes plosives, n'en est pas moins supérieur à la pression dans le conduit vocal lorsque le passage vers les fosses nasales est ouverte [5]. Les mesures effectuées en [7] sur un locuteur français sont cohérentes avec cette approche : le velum est très relevé pour les fricatives (légèrement moins cependant que pour les plosives). Il faut cependant noter que le mode fricatif et le mode nasal ne sont pas forcément incompatible : Honorof [3] a ainsi montré que les nasales de l'espagnol avait pour allophones des nasales fricatives en contexte vocalique.

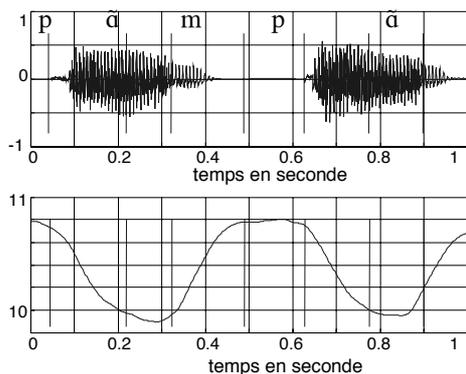


Figure 2 : Signal temporel (en haut) et hauteur du velum en cm pour la séquence [pāpā]. On observe entre la fin de la voyelle et la plosive bilabiale l'apparition d'un [m].

Les consonnes nasales sont réalisées, bien évidemment avec un velum abaissé mais n'imposent pas non plus une contrainte très forte sur la position du velum : le velum est plus ou moins haut suivant la hauteur de la voyelle contextuelle et il est très abaissé lorsque la consonne est entre deux voyelles nasales. Seule les nasales [ŋ] ou [N] ont une contrainte plus forte sur la position du velum car il faut également réalisé le contact entre le velum et la langue.

La hauteur du velum est corrélée avec la hauteur de la voyelle [6]. Parfois même, pour les voyelles ouvertes, le velum peut laisser un passage ouvert vers les fosses nasales. Cela ne produit pas pour autant une voyelle nasale : en Français, le velum est nettement plus bas pour la réalisation d'une voyelle nasale. Les voyelles nasales sont produites avec un velum très abaissé : un mouvement d'une amplitude d'environ 0.8 cm est mesuré par une petite bobine réceptrice fixée aux deux tiers du velum.

Les approximantes peuvent a priori être produites avec une légère ouverture au niveau du velum, tout comme les voyelles. Ce sont d'ailleurs des sons qui sont parfois noté comme nasalisés.

On peut alors classer les sons en fonction des contraintes qu'ils imposent sur le velum. Il faut un

velum relevé sont les plosives et les fricatives. Viennent ensuite les approximantes et les voyelles orales, et notamment les voyelles ouvertes pour lesquelles le velum peut être aussi bas que pour les consonnes nasales. Ces dernières imposent un velum ouvert mais qui peut-être plus ou moins ouvert, contrairement aux voyelles nasales qui imposent un velum très abaissé.

Ces différentes contraintes portant sur la position du velum font-elles que l'on retrouve des co-occurrences privilégiées parmi ces différentes catégories de sons ou d'autres, au contraire, défavorisées ?

3. CONSONNES ET VOYELLES NASALES

La base de données ULSID [8] est une base contenant des lexiques découpé en syllabes de 14 langues sur lesquelles nous avons effectué ces analyses. Ces langues proviennent de 11 familles linguistiques.

3.1. Attaques et Codas

Les attaques de syllabes sont des plosives dans environ 50% des syllabes (entre 40 et 62 % suivant les langues). On ne peut pas vraiment extraire ensuite un ordre de préférence entre les fricatives, les nasales, et les approximantes et les vibrantes (ces deux dernières catégories sont regroupés).

Seules 3 langues disposent de voyelles nasales : le Kannada, le Navaho et le !Xoo. Pour ces 3 langues, la même proportion de plosives s'observe devant les voyelles nasales.

Le pourcentage de syllabes avec coda dépend fortement des langues et varie entre 18 et 45 % des syllabes (figure 3). Le Ngizim, le Kannada et le !Xoo, sont les trois langues qui ont moins de 20 % de syllabes CVC parmi les langues de la base de données ULSID. En coda, on ne retrouve pas la prédominance des plosives observée en attaque. Les pourcentages moyens montrent environ 30% de plosives et 30 % de nasales mais les écart-types sont très importants.

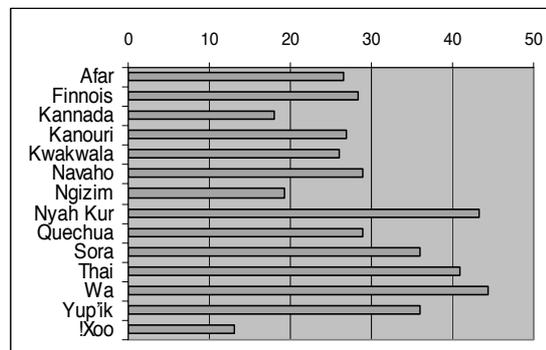


Figure 3 : Pourcentage de syllabe fermée dans le lexique de chaque langue de la base ULSID.

Le Kannada et le !Xoo n'ont jamais de syllabes CVC contenant une voyelle nasale. Les voyelles nasales du

Navaho sont suivies d'une coda qui est soit une plosive, soit une fricative mais on ne retrouve ni nasale ni approximante ou vibrante.

3.2. Environnement consonantique

La consonne nasale est-elle une consonne favorisée dans les clusters ? Et avec quelle type de consonne la retrouve-t-on le plus souvent ? Y a-t-il assimilation de lieu au sein d'un même cluster ? Retrouve-t-on des comportements similaires pour les séquences VNC et V_nC ?

Notons que dans les analyses qui suivent, les frontières syllabiques ne sont plus prises en compte.

Clusters C1_C2

Le nombre d'occurrences observées est comparé au nombre d'occurrences théoriques. Le nombre d'occurrences théoriques d'un cluster Plos_Nas est obtenu à partir de la probabilité d'avoir une plosive en première position dans un cluster et de la probabilité d'avoir une nasale en deuxième position. Un rapport entre les occurrences observées et théoriques supérieur à 1 indique que le nombre d'occurrence observées est supérieur à celui attendu. On parle de clusters favorisés. La table 1 montre le nombre de langues qui favorise le cluster en question. Il ressort de cette analyse des clusters très nettement favorisés (test du Khi-deux $p < 0.01$) : Fric_Plos ; Nas_Plos ; Vi,Ap_Fric ; Vi,Ap_Nas ; Plos_Vi_Ap Vi,Ap_Vi,Ap. D'autres sont particulièrement défavorisés (test du Khi-deux $p < 0.01$) : Plos_Nas ; Fric_Nas ; Fric_Vi,Ap ; Nas_Vi,Ap.

Table 1 : La table ci-dessous présente pour chaque type de cluster C1_C2 le nombre de langues qui montrent un ratio supérieur à 1 (cf. texte), sur le nombre total de langues impliquées.

C1 \ C2	_Plos.	_Fric.	_Nas.	_Vi,Ap	_#
Plos_	6/13	6/13	2/13	8/14	5/14
Fric_	8/12	5/12	4/12	2/13	5/13
Nas_	9/13	6/13	5/13	3/14	7/14
Vi,Ap	6/13	9/13	11/13	9/13	4/13

Plosives, fricatives, nasales puis approximantes ou vibrantes : c'est l'ordre de préférence des modes de production de la consonne qui suit une nasale. L'ordre inverse est observé lorsque la nasale est en deuxième position. Il apparaît que le mouvement de fermeture du velum NC est préféré au mouvement d'ouverture CN pour le passage entre deux consonnes qui impliquent des contraintes différentes et fortes sur la position du velum.

NC : même lieu ?

Les clusters NC sont problématiques car ils supposent un changement du lieu d'articulation qui soit réalisé simultanément avec l'instant de fermeture du conduit

nasal. Il semble donc logique que les clusters NC de même lieu d'articulation soit favorisés.

Les lieux d'articulations labial, coronal, palatal et vélaire ont été distingués pour les nasales. Les mêmes lieux sont considérés pour les consonnes (on ne fait pas là de distinction de mode), auxquels il faut ajouter une catégorie « autres » regroupant les lieux glottal, épiglottal et pharyngal. Les résultats montrent très clairement la préférence pour les clusters NC de même lieu (test du Khi-deux $p < 0.01$). La figure 4 montre, pour les nasales bilabiales, coronales et vélares, la répartition des consonnes suivantes en fonction de leur lieu d'articulation (moyenne des répartitions des 14 langues). Lorsque le lieu n'est pas le même, la deuxième consonne est le plus souvent réalisée avec un lieu plus en arrière dans le conduit vocal, à l'exception des vélares. Cela est très nette pour les coronales ou la deuxième consonne, si elle est de lieu différent sera préférentiellement une palatale ou une vélaire et non une bilabiale. Une explication est la possible anticipation de l'articulation de la deuxième consonne dans la première : on peut anticiper un [d] dans un [m], mais non un [p] dans un [n]. Dans une séquence NC, le passage de la nasale à la consonne se réalise donc principalement avec la remontée du velum, l'occlusion orale étant souvent de même lieu.

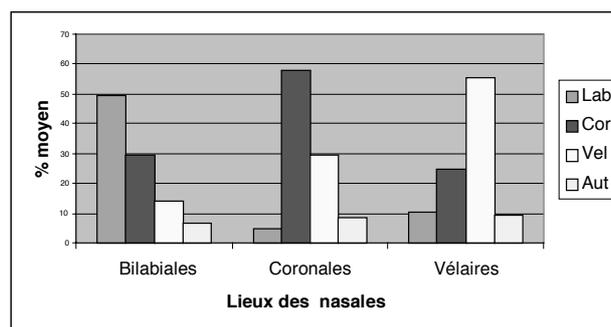


Figure 4 : Répartition (moyenne sur les 14 langues) des consonnes en fonction de leur lieu après des nasales bilabiales, coronales et vélares.

Voyelles nasales

La base de données ULSID contient 3 langues qui ont des voyelles nasales. Parmi ces trois langues, deux, le Kannada et le !Xoo, n'ont pas de voyelles nasales dans des syllabes avec coda. Pour le Navaho, la coda d'une syllabe avec voyelle nasale est soit une plosive soit une fricative, mais ni nasale, ni approximantes ou vibrantes, type de consonnes pourtant présent après une voyelle orale. On peut se demander alors si les voyelles nasales, tout comme les consonnes nasales, n'ont pas tendance à être suivies d'une plosive ou d'une fricative. La table 2 présente les ratios entre le nombre de séquences voyelle nasale+consonne observées sur le nombre de séquences théoriques en fonction du mode de production de la consonne. Un nombre supérieur à 1 indique que cette séquence est favorisée. Les trois langues favorisent la position finale pour les voyelles

nasales. Notons que les séquences VN ne sont pas particulièrement favorisées en position finale (cf table 1), mais ne sont pas non plus défavorisées.

On retrouve les résultats obtenus lors de l'analyse syllabique : seul le Navaho fait suivre les voyelles nasales d'une consonne plosive ou fricative. Les deux autres langues n'ont de voyelles nasales qu'en finale. Il faut cependant noter que le !Xoo est une langue principalement monosyllabique qui contient moins de 20% de syllabes CVC. Le Kannada est une langue majoritairement dissyllabique pour laquelle la position finale pour les voyelles nasales semble être une règle spécifique, tandis qu'on retrouve en position interne des séquences VNC pour lesquelles la nasale est majoritairement de même lieu que la consonne suivante. Le Navaho présente des voyelles nasales qui sont soit en finale, soit avant une plosive soit avant une fricative mais par contre, il ne présente aucune séquence VNC.

Table 2 : Ratios observées/théoriques en fonction du mode de la consonne qui suit la voyelle nasale.

Cons	_Plos.	_Fric.	_Nas.	_Vi,Ap	_#
Kannada	0.02	0	0	0.07	2.97
Navaho	1.29	1.23	0.01	0.07	1.06
!Xoo	0.5	0.9	0.06	0.02	1.57

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

L'analyse des tendances sur la base ULSID montre que la consonne nasale tend à se réaliser au même lieu que la consonne suivante ou bien permet la réalisation anticipée de ce lieu. On pourrait de la même façon imaginer une séquence CN de même lieu. Or ce schéma est nettement défavorisé : une consonne nasale suivra plus facilement une consonne réalisée avec une faible pression à l'intérieur du conduit vocal. On peut supposer qu'une forte pression dans le conduit vocal aurait tendance à ce que le velum remonte. Ce mouvement peut tout à fait être volontaire et participer, dans le cas de plosives voisées par exemple, à l'augmentation du volume du conduit oral afin de maintenir le voisement. Générer une pression supérieure à la pression atmosphérique dans le conduit vocal va à l'encontre d'un mouvement d'abaissement du voile du palais mais plutôt dans le sens d'une remontée du velum. Pour ce qui est des voyelles nasales, elles ne sont observées ni avant des nasales, ni des approximantes ou vibrantes mais plutôt devant des sons qui imposent un velum relevé (plosives ou fricatives) ou en finale de mot, donc pouvant être placé devant une plosive ou une fricative du mot suivant (ces observations restent à confirmer en raison du petit nombre de langue contenant des voyelles nasales).

La nasalité qu'elle soit vocalique ou consonantique semble donc être favorisée lorsqu'elle est devant une consonne qui impose un velum complètement relevé,

plutôt que devant une consonne qui n'a pas cette contrainte. Le mouvement de remontée du velum permet en effet une opposition de mode perceptivement saillante. Par contre l'instant de fermeture n'est pas parfaitement contrôlé, il faut donc une certaine tolérance. Pour cela, deux stratégies sont observées : 1) l'abaissement du velum commence au début de la voyelle --de façon spécifique à chaque langue pour réaliser une voyelle nasale--, la remontée commençant vers la fin de la voyelle amenant la fermeture complète à se réaliser au début de l'occlusion du conduit vocal, créant parfois une consonne nasale éphémère, due à une fermeture du velum postérieure à la fermeture du conduit vocal ; 2) l'abaissement du velum a lieu en fin de voyelle, puis l'occlusion orale est réalisée pour produire la consonne nasale, le velum est ensuite relevé pendant l'occlusion amenant la réalisation de la plosive orale. Il serait intéressant de faire des mesures articulatoires pour préciser le déroulement temporel et l'amplitude des mouvements du velum pour ces séquences VNC et V_nC. Reste à expliquer pourquoi le Navaho choisi toujours la stratégie 1) tandis que le Kannada opte pour la stratégie 2) en interne de mots.

REMERCIEMENTS

Merci à Isabelle Rousset pour son aide dans les traitements effectués sur la base ULSID.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. Dang and K. Honda. Investigation of the acoustic characteristics of the velum for vowels. *ICSLP*, 1994.
- [2] M. Durand. De la formation des voyelles nasales In *Sudia Linguistica VII*, pages 33-53, 1954.
- [3] D. Honorof. Articulatory evidence for nasal de-occlusivization in Castilian. *ICPhS*, Barcelona, Spain, 2003.
- [4] S. Maeda. Acoustics of vowel nasalization and articulatory shifts in French nasal vowels. In *Nasals, Nasalisation and the Velum*, pages 147-167, Academic Press, 1993.
- [5] J.J. Ohala. Phonetic explanations for nasal sound patterns. *Nasalfest: Papers from a Symposium on Nasals and Nasalization*. C.A. Ferguson, L.M. Hyman & J.J. Ohala, pages 289-316 Language Universal Project, 1975.
- [6] S. Rossato and P. Badin. Velar movements in French: an articulatory and acoustical analysis of coarticulation. *ICPhS*, Barcelona, Spain, 2003.
- [7] A. Teixeira and F. Vaz. European Portuguese Nasal Vowels: an EMMA study. *Eurospeech Scandinavia*, 2001.
- [8] N. Vallée, I. Rousset et L.J. Boe. Des lexiques aux syllabes des langues du monde. *Colloque Typologie*, Nanterre, Paris, 2000.