

Vaissière, J., (1995), [Nasalité et phonétique](#), Le voile du palais et la parole, Conférence Tutorielle Invitée, Colloque sur le voile pathologique, Mai 1995, Lyon, publié par la Société Française d'Acoustique, paru en 1996.

COLLOQUE SUR LE VOILE PATHOLOGIQUE, LYON, 12 MAI 1995,
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHONIAITRIE
ET GROUPE FRANCOPHONÉ DE LA COMMUNICATION PARLÉE.

NASALITÉ ET PHONÉTIQUE

J. Vaissière

*URA 1027 et Institut de Phonétique
19 rue des Bernardins
75013 Paris*

INTRODUCTION

Cette communication résume un certain nombre de connaissances sur les aspects phonétiques et phonologiques concernant le voile du palais (VP).

Nous allons envisager successivement (i) l'utilisation du trait nasal pour les voyelles et les consonnes des langues du monde, (ii) les facteurs influençant les mouvements du voile du palais dans la parole continue, (iii) les aspects acoustiques et aérodynamiques liés au couplage des conduits nasal et buccal, (iv) et enfin les aspects perceptifs.

Une bibliographie relativement abondante permettra au lecteur intéressé de parfaire ses connaissances, car cette communication vise essentiellement à donner un court aperçu, donc nécessairement superficiel, de l'état des connaissances. La partie physiologique est très fortement influencée par ce que nous avons pu nous-mêmes observer sur les mouvements du voile du palais dans de la parole continue (en anglais) (Vaissière, 1989), grâce à des données obtenus par le "X-ray microbeam system" (Kiritani et al, 1975). Les autres parties sont basées essentiellement sur des articles. Nous recommandons fortement la lecture de l'excellent livre édité en 1993 par Huffman et Krakow "Nasals, nasalisation and the velum", et qui contient des articles écrits par les meilleurs spécialistes dans le domaine.

I. CONSONNES ET VOYELLES NASALES DANS LES LANGUES DU MONDE

Le mécanisme vélopharyngien permettant de contrôler la présence et le degré de couplage entre les cavités orale et nasal est utilisé dans les langues du monde pour créer un contraste binaire entre segments oraux et nasals, consonnes et voyelles. Ce contraste phonologique permet, par exemple, d'opposer phonèmes oraux et nasals, comme /b/ et /m/, /d/ et /n/, ou encore /A/ et /A·/.

a) Consonnes

La plupart des langues ont au moins une consonne nasale (97% des 317 langues de la base de données UPSID (Maddieson, 1984). L'API distingue sept lieux d'articulation pour ces consonnes. Les langues possèdent généralement une consonne nasale alvéolaire (anglais /n/), dans la plupart des cas une bilabiale (/m/), et moins fréquemment de vélaires (/4/, anglais "parking") et de palatales (/3/, français "agneau") (voir statistiques sur la tableau 1, tirées de Tubach et al, 1990). Le lieu d'articulation peut être également dental (français /n/), labiodental /+/, rétroflexe /\$/ et uvulaire /N/. Une particularité importante des consonnes nasales N est leur tendance à assimiler le lieu d'articulation de la consonne orale suivante C (/N/ -> [m] devant les bilabiales /b/ et /p/, et [n] devant les dentales et alvéolaires /t/, /d/) (Passy, 1890).

Les consonnes nasales sont en général *voisées*. De rares langues, comme le Birman, oppose quatre consonnes nasales *sourdes* (bilabiale /m/, alvéolaire /n/, palatale /3/ et vélaire /4/) avec les consonnes sonores correspondantes (démonstration sonore des 8 consonnes nasales du Birman à l'aide de SOWL de Peter Ladefoged, (Ladefoged, 1989). D'autres langues possèdent des occlusives et des fricatives *prénasalisées*, et des consonnes *postnasalisées* (Maddieson et Ladefoged, 1993).

PHONEMES	% PHONEMES	RANG (/34)	EXEMPLE
m	3.30%	14	mont
n	2.79%	15	non
3	0.08	34	agneau
4	?	?	parking
Total	6,17		

Tableau 1: Consonnes nasales du français (Tubach et Boë, 1990)

b) Voyelles

Dans cette communication, nous opposons la notion de voyelle *nasale*, qui peut apparaître dans un contexte non nasal, et voyelle *nasalisée* qui est également réalisée avec un voile du palais abaissé, et qui est située avant une consonne nasale. Ce conditionnement phonétique, peut-être universel, est dû à un phénomène de coarticulation anticipatoire, qui se traduit par l'abaissement du VP durant la voyelle située avant une consonne nasale (le premier /a/ du mot "maman", par exemple, peut être plus ou moins nasalisé à du contexte nasal).

PHONEMES	% PHONEMES	RANG (/34)	EXEMPLE
A·	3.55%	13	banc
O·	1.95%	19	bon
E·	1.26%	25	brin
π·	0.54%	30	brun
Total	7,3		

Tableau 2: Voyelles nasales du français (Tubach et Boë, 1990)

Les langues qui ont des voyelles nasales V_n sont, par contre, minoritaires. 150 langues sur les 700 langues répertoriés par Ruhlen, 1975, ont des voyelles nasales phonologiques, c'est-à-dire des voyelles nasalisées en contexte oral (CV_nC). Le français possédait quatre voyelles nasales au début de ce siècle (dans les mots tels que "bon", "banc", "l'un", "lin"), mais la distinction entre des mots tels que "brin" et "brun" tend à s'estomper parmi la nouvelle génération de locuteurs. Le tableau suivant indique la fréquence et le rang des voyelles nasales parmi les 34 phonèmes du français.

Une langue comme l'anglais n'a pas de voyelles nasales. Les voyelles sont plus ou moins nasalisées lorsqu'elles sont immédiatement suivies d'une consonne nasale (comme dans le mot "tent" /tEnt/ -> [t^hEnt]). Il s'agit d'une nasalisation phonétique, contextuelle. Historiquement, la plupart des voyelles phonologiques nasales sont issues de voyelles orales phonétiquement nasalisées par la présence d'une consonne nasale subséquente qui a ensuite disparu. Le processus est, grosso modo, le suivant:

- Une consonne nasale /N/, quand elle n'est pas à l'initiale d'une syllabe (latin "campus"), tend à se rattacher à la voyelle qui la précède (VNC -> VN-C). Certains linguistes pensent que la nasalisation phonologique est teutosyllabique (il faut que la consonne nasale appartienne à la même syllabe).¹ La teutosyllabité favorise la nasalisation de la voyelle précédent la consonne nasale.
- N tend donc à nasaliser la voyelle V précédente, par anticipation de l'ouverture du port nasal (comme en anglais, dans un mot tel que "camp"), (VN -> VN).
- N tend alors, comme dans le passage du latin au français moderne, à se "déconsonantiser" et à disparaître, laissant comme seule trace la nasalisation de la voyelle (VN -> V).
- Cette nasalité devient alors un trait distinctif (permettant d'opposer des paires minimales (français "cas"/camp)).

Les voyelles longues, ouvertes, suivies d'une consonne nasale dans la même syllabe (teutosyllabité), et en fin de mot sont les plus sujettes à devenir les premières des voyelles nasales dans une langue, comme le montrent les études sur les changement diachroniques des sons. Puis le trait de nasalisation distinctive peut se propager sur d'autres voyelles. La voyelle /a/ en français a été la première à être nasalisée (au X^{ème} siècle, puis le /e/ au XI^{ème} siècle, et enfin le /o/, le /i/ et le /u/ au XIII^{ème} siècle).

On note également des cas de nasalisation dite "spontanée", c'est-à-dire dont l'origine ne peut être attribuée à la présence d'une consonne orale: c'est le cas de certaines voyelles en contexte aspiré ou suivi d'un coup de glotte (voir plus loin les explications acoustiques). Certaines nasalisations dans certains

¹ La nasalisation phonétique peut être teuto- ou hétérosyllabique.

mots sont créées par analogie avec d'autres mots, ou sont introduites par des emprunts.

II. MOUVEMENTS DU VOILE DU PALAIS DANS LA PAROLE

Le voile du palais est généralement relevé durant la parole, et il s'abaisse temporairement, à cause de la présence d'un phonème nasal (une consonne nasale, ou une voyelle nasale, comme en français). La présence du trait [+nasal] dans la représentation de certains phonèmes sous-jacents ne suffit pas à expliquer le cours temporel des mouvements du voile du palais (VP) dans la parole continue, bien que ce soit naturellement le facteur principal qui commande aux mouvements du VP.

a) Instruments et techniques utilisés

Un très grand nombre d'études ont concerné les aspects physiologiques, acoustiques, aérodynamiques et perceptifs des mouvements du VP. Le tableau de la page suivante mentionne la majorité des procédés utilisés, dont beaucoup ne sont pas inoffensifs (EMG, radiographie, etc.) Les quelques références incluses permettront au lecteur intéressé d'approfondir ses connaissances sur les divers procédés.

b) Principales observations

Voici listées ci-dessous un certain nombre d'observations acquises sur le comportement du VP.

1) Activité quasi continue du levator palatini durant la parole

En position de repos, le VP est baissé, permettant l'inspiration d'air. Durant l'acte de parole, le VP est généralement relevé, économisant ainsi l'effort respiratoire nécessaire à la production de parole (maintien de la pression intra-buccale nécessaire à la formation des sons, notamment pour les occlusives). Les sons non nasals présentent également une meilleure potentialité de discrimination que les sons nasals, car le couplage des cavités orales et nasales diminue la distance acoustique entre les sons (voir plus loin). La prise de parole s'accompagne donc d'une activité du levator palatini (LP), principal muscle responsable de l'élévation du VP. Ce geste d'élévation (speech ready gesture) est réalisé avant la réalisation du premier phonème de la phrase, même si le premier segment est nasal (Vaissière, 1986). La fin de la phrase est parfois marquée par un abaissement du VP, qui peut être interprété comme une relaxation de la tension du LP, ou comme un geste d'anticipation de l'ouverture du port nasal pour la prise de respiration.

2) Cessation d'activité du levator palatini pour les phonèmes nasals

Des études électromyographiques et fibroscopiques ont confirmé la grande corrélation (supérieur à 0.8) entre l'activité du LP et la hauteur du voile du palais (Bell-Berti et al, 1975). Dans la parole, les sons nasals sont l'exception, et on observe un abaissement temporaire du VP et une suppression de l'activité du LP concomitant à la présence d'un son nasal sous-jacent (voyelle

ou consonne nasale). La suppression d'activité du LP est suivie d'une augmentation de son activité pour relever le VP.

3) Participation d'autres muscles?

L'activité du palatoglossus contribue à l'ouverture du port nasal. Cette activité n'a pas été universellement observée lors de la production des nasales, mais elle a été au moins observée durant la production des voyelles nasales ouvertes (Benguerel et al, 1977). L'activité de ce muscle semble plutôt liée au geste lingual qu'à la nasalisation, ce qui expliquerait en partie la tendance des voyelles ouvertes à être prononcées avec un port nasal plus ouvert que les voyelles fermées. Aperture de la langue et ouverture du port nasal ne seraient donc pas orthogonaux du point de vue de la production.

La contribution des muscles laryngiens supérieurs pour la fermeture du port n'est pas uniformément établie. Le LP est donc bien le principal responsable des mouvements du VP.

PHYSIOLOGIE	A) activité des muscles à la source des mouvements	A1) <i>fermeture</i> : - levator palatini - constricteurs pharyngiens supérieurs A2) <i>ouverture</i> palatoglossus	-EMG intramusculaire	Bell-Berti, 93
	B) mouvements du voile du palais et de la paroi latérale pharyngienne	B1) forme globale	- Radiographie - MRI - Ultrasons - Fibres optiques	Kuehn et al, 76 Baer et al,, 91
		B2) suivi de quelques repères	- X-ray microbeam system -articulomètre électromagnétique -vélotrace - photodétection	Kiritani et al, 75 Perkell et al, 92 Horiguchi, 87 Ohala, 71
AÉRODYNAMIQUE	débit d'air pression		- microphone - nasomètre - accéléromètre	Lubker et al, 70 Flechter, 80 Horri, 80 Cohn, 1990
ACOUSTIQUE	formants antiformants changements dynamiques		-analyse spectrale - analogue électrique du conduit vocal - simulation de l'acoustique du conduit vocal	Glass et al, 85 Lonchamp, 88 House et al, 56 Maeda, 93
PERCEPTION			- couper-coller -synthèse à formants - - simulation de l'acoustique du conduit vocal	Maeda, 93

PATHOLOGIE	hyponasalité hypernasalité	
------------	-------------------------------	--

*Tableau 3: Principaux procédés pour l'étude des mouvements du voile du palais
(inspiré par la lecture de Krakow et al, 1993.*

4) Différentes intrinsèques de hauteur du VP entre les sons

Il est bien évident que le VP est abaissé pour les consonnes et voyelles nasales, et dans une position plus élevée pour les autres sons non nasals.

L'activité de LP et la hauteur du VP ne sont cependant pas uniformes ni pour toutes les voyelles orales, ni pour toutes les consonnes non nasales. L'activité de LP est plus importante (et le VP plus élevé) pour les voyelles fermées que pour les voyelles ouvertes (il n'y a pas d'explications claires pour ce phénomène). Le VP est également plus relevé pour les consonnes occlusives et fricatives que pour les autres consonnes (voir explications "aérodynamiques" plus loin). Il peut être relevé ou abaissé pour les consonnes /l/ et /r/, le coup de glotte et l'aspiration, selon le contexte. L'ordre suivant a été généralement observé:

voyelles nasales < consonnes nasales < voyelles ouvertes < voyelles fermées < /l/, /r/ < occlusives < /s/

5) Autre facteurs influençant la hauteur du VP

En plus de ces valeurs intrinsèques, observables dans des logatomes, un certain nombre d'études sur de la parole continue ont permis de mettre en lumière les faits suivants:

a) phénomènes importants d'anticipation: d'ouverture du port nasal

Le VP s'abaisse durant la voyelle qui précède la consonne nasale. Cette anticipation implique une réorganisation du système moteur et a été observée de façon régulière dans toutes les langues étudiées. La nasalisation de la voyelle précédant une consonne nasale est la règle en anglais (où la nasalité ne joue pas de rôle distinctif pour les voyelles). Elle peut être observée également en français, où la nasalisation des voyelles joue pourtant un rôle distinctif. <Maman> peut être prononcé [mamA] ou [ma·mA].

b) faible importante des phénomènes de nasalisation progressive:

Les cas de propagation à droite (conservatrice) de nasalisation sont plus rares. il existe cependant des langues où le trait nasal d'un phonème s'étend aux autres voyelles du mot, et cette extension est bloquée par la présence d'occlusives (extraits sonores du soudanais, par exemple, SOWL de P. Ladefoged). La présence d'un [n] dans la prononciation du mot <Tonton> peut être considérés soit comme le non-achèvement de la perte de la nasale, ou comme un phénomène de nasalisation progressive (cf. également la prononciation de <lendemain> [lA·nmE·]) et <maintenant> [mE·nmA·]), où le /d/ nasalisé par son contexte n'est plus perçu).

c) influence de la position des phonèmes dans la syllabe, le mot, et la phrase

Toutes choses égales par ailleurs, le VP est plus élevé, pour les sons oraux V et C et nasals N et V_n:

- en *position initiale de syllabe* (dans C₁VC₂, C₁ plus élevé que C₂, et dans N₁VN₂, N₁ plus élevé que N₂) (Vaissière, 1989). Ce qui signifie que consonne nasale en position initiale est phonétiquement moins nasalisée qu'une consonne finale.

- en *position initiale de mot*, VP est plus élevé et il semble que ce soit dû à une contraction de l'ensemble des muscles, le LP compris.

- en *position initiale de phrase*: le VP est légèrement plus élevé vers le début de la phrase que vers la fin. Certains chercheurs parlent de "déclinaison" du voile du palais (par analogie à la déclinaison de la fréquence du fondamental). A mon avis, on ne peut parler véritablement de déclinaison: cet abaissement progressif du voile du palais a été observé dans les phrases composées de syllabes répétées, et la répétition de la même syllabe peut introduire un biais.

d) influence de l'accent

L'effet de position est plus important dans les syllabes *accentuées*. que dans les syllabes *inaccentuées*. Dans une syllabe accentuée CVN, par exemple, C est plus élevé, V est plus nasalisée et VP durant N est plus bas que dans une syllabe inaccentuée.

e) le débit

Quand le débit s'accélère, la différence de hauteur du VP entre sons oraux et nasals, et les différences intrinsèques diminuent

f) le locuteur

Il existe des stratégies individuelles de contrôle de la hauteur du voile du palais, et les locuteurs établissent des compromis différents entre la vitesse des mouvements et les cibles à atteindre.

On trouvera dans Vaissière (1989) un essai de reconstruction par règles de la hauteur du VP dans des phrases anglaises, et une illustration de la plupart des effets ci-dessus.

III. ASPECTS ACOUSTIQUES ET AERODYNAMIQUES

a) Voyelles

Les conséquences acoustiques du couplage entre conduit oral et conduit nasal sont surtout importantes dans la zone du premier formant (donc dans les basses fréquences BF). Ce couplage se traduit essentiellement par une augmentation de la largeur de bande du premier formant et une diminution de son amplitude, ce qui résulte en un aplatissement du spectre dans les BF. L'effet acoustique varie avec la fréquence de la première résonance du conduit oral,

donc de l'identité de la voyelle, et de l'ampleur du couplage (démonstration sonore faite grâce au programme de Maeda (Maeda, 1993).

b) Consonnes

Consonnes orales:

La formation de pression intra-orale nécessaire pour les obstruantes (occlusives et fricatives) nécessite donc un port nasal fermé. L'ouverture du port nasal est en général de 0.03 cm² durant les fricatives et les occlusives (0,1 cm² suffirait, Warren et al, 1993). La hauteur du VP est variable durant les consonnes /l/ et /r/, que certains considèrent comme non marqués du point de vue de nasalité.

Consonnes nasales:

Le VP est obligatoirement abaissé durant les consonnes nasales. Les consonnes nasales doivent leur structure fréquentielle aux résonances des cavités pharyngienne et nasale (de dimension et de forme variables selon la morphologie du locuteur) et aux antiformants de la cavité orale (Fujimura, 1962). Le lieu d'articulation de la consonne nasale (bilabiale, alvéolaire, etc...) modifie la forme de la cavité buccale et donc systématiquement les caractéristiques du murmure (tenue de la consonne). La forme de cette cavité dépend également en partie du contexte vocalique de la consonne, et les caractéristiques acoustiques du murmure nasal est donc dépendant de la voyelle suivant la nasale. Le lieu d'articulation modifie les caractéristiques du spectre au relâchement de la consonne (Stevens et al, 1978) et les transitions des formants vers la voyelle (qui sont les mêmes que pour les consonnes orales correspondantes).

Consonnes voisées;

Les traits de nasalité, d'"occlusivité" et de voisement ne sont pas orthogonaux. La nasalité favorise le voisement, mais elle est antagoniste au caractère occlusif. D'une part, les consonnes occlusives sourdes, surtout les aspirées, nécessitent un voile du palais quasi fermé, dès la fermeture du conduit buccal. Les traits [occlusif] et [sourd] vont dans le sens d'une fermeture du conduit nasal, et les données confirment que le VP est élevé pour les occlusives sourdes. En ce qui concerne les occlusives voisées, deux forces contradictoires s'exercent. Le trait [occlusif] va dans le sens d'une occlusion du port nasal. Le trait [voisé] nécessite le maintien d'un flux transglottique (quand la pression buccale atteint le niveau de la pression sous-glottique, le flux transglottique - et le voisement- s'arrêtent). Un passage de l'air par la voie nasale facilite le maintien de ce flux, donc du voisement. Ce type d'explication permet de rendre compte de la variabilité observée. Soit VP est élevé durant les occlusives voisées, et cette élévation contribue à augmenter le volume de la cavité supraglottique et va dans le sens du maintien de la pression transglottique, du moins durant un certain laps de temps. Soit VP est abaissé, permettant à une partie de l'air de s'échapper par le nez et de maintenir

également un flux transglottique (Bell-Berti, 1975): le voisement peut être maintenu facilement, mais la consonne peut être perçue comme nasalisée. Les occlusives vélares sonores (pour lesquelles le volume de la cavité supraglottique est réduit) sont souvent nasalisées (et sont perçues comme des nasales vélares). La nasalisation de l'occlusive semble également plus plausible dans des mots comme <lendemain> ou <maintenant>, où l'occlusive entre les nasales est voisée, que dans un mot comme <lentement>, où elle est sourde.

IV. ASPECTS PERCEPTIFS

L'aspect perceptif de la nasalisation est un des aspects les plus difficiles à étudier. Les principales moyens d'investigation sont des expériences de "couper-coller" effectuées sur le signal original, l'utilisation de programmes de synthèse qui permet de contrôler, entre autres, largeur de bandes, nombre et hauteur des formants et les programmes de simulation de l'acoustique dans le conduit vocal, comme le programme de Maeda (1993).

Quand le VP est suffisamment bas, un couplage se produit, ce qui conduit à la perception de la nasalité. Le degré de couplage nécessaire à la perception d'une nasalité dépend des phonèmes sous-jacent.

a) Voyelles

La démonstration sonore illustre la figure extraite de Maeda, 1993, concernant le degré de nasalité perçue durant les voyelles /i/, /a/ et /u/ en fonction du degré du couplage. Cette démonstration perceptive confirme la plus grande efficacité perceptive de l'ouverture du port nasal pour la voyelle fermée /i/ que pour la voyelle /a/. House et Stevens (1956) avaient déjà montré que pour /a/ une ouverture de 2,5 cm² conduit à une perception de nasalité dans 50% des cas, alors que pour /u/ une ouverture de 1 cm² est suffisant pour que la nasalité soit perçue dans 75% des cas. La voyelle orale ouverte /a/ est la voyelle pour laquelle le VP est intrinsèquement le plus bas, d'une part, et pour laquelle l'abaissement du VP est le moins efficace du point de vue perceptif, d'autre part. Il peut sembler paradoxal que ce soit en général la première voyelle nasalisée dans les langues.

Le couplage du conduit oral/nasal influence la *hauteur perçue* des voyelles (Beddor et al, 1982). La voyelle ouverte /a/ est perçue comme moins ouverte et les voyelles fermées comme plus ouvertes. Ceci s'explique sans doute par le déplacement vers le bas (voyelles ouvertes) ou vers le haut (voyelles fermées) du centre de gravité dans les basses fréquences.

Cette perte de degrés de hauteur perçue va dans le sens d'une moins grande discriminabilité entre les voyelles nasales, qui ont un *timbre moins clair*. Le trait de nasalité n'est donc sans doute pas orthogonal aux autres traits des voyelles, d'aperture, d'antériorité et de labialisation, ce qui expliquerait les modifications du lieu d'articulation des nasales au cours du temps, leur manque de stabilité et les variations synchroniques (voir Zerling, 1984, pour

une illustration de la position des articulateurs dans les voyelles orales et nasales françaises).

Les voyelles phonétiquement nasalisées sont perçues comme plus nasalisées quand elles sont extraites de leur contexte nasal et insérées dans un contexte oral (Delattre et Monnot, 1968). Une plus grande longueur favorise également la perception de la nasalité.

La voix *breathy* peut également donner l'impression d'être nasalisée. L'ouverture de la glotte durant h aspiré provoque un affaiblissement considérable de l'énergie dans la zone du premier formant, une caractéristique commune avec l'ouverture du port nasal.

b) Consonnes

La perception du trait nasal des consonnes est liée:

- aux propriétés acoustiques du murmure nasal (présence de formants et antiformants).
- à la nasalisation des 10-20 millisecondes de parole suivant le relâchement d'une occlusive, qui suffit également à percevoir la consonne comme nasale (Stevens et Blumstein, 1978; voir aussi Kurowski et al, 1987).
- à la nasalisation de la voyelle précédente, qui, dans le cas de VN, peut être le corrélât acoustique majeur de la présence sous-jacente d'une consonne nasale (comme en anglais, dans le mot "tent", Malécot, 1960; [t^hE·] -> /tENt/)..

L'identification du lieu d'articulation de la consonne nasale dépend des propriétés acoustiques du murmure nasal (Malécot, 1956), mais ce corrélât est perceptivement moins important que la forme du spectre au relâchement de la consonne (selon Stevens et Blumstein, 1978, la forme spectrale au relâchement serait efficace à 85% environ pour différencier entre nasales labiale, dentale et vélaire). Les transitions vers la voyelle, en particulier le mouvement de F2, sont généralement suffisantes pour identifier le lieu d'articulation de la consonne, mais ces transitions sont moins efficaces dans le cas des voyelles fermées telles que /i/ où l'ampleur des mouvements est réduite: /mi/ et /ni/ sont souvent confondus.

CONCLUSION

Les recherches phonétiques et phonologiques sur la nasalisation ont atteint une certaine maturité. Les études anciennes avaient bien établies les différences de hauteur intrinsèque du VP parmi les phonèmes. Les études les plus récentes ont permis de découvrir l'effet des paramètres suprasegmentaux, tels que l'accent et la position des segments, sur les mouvements du VP, de révéler des différences de stratégies entre locuteurs, et l'importance des changements de la forme spectrale au cours du temps.

Il est toujours relativement peu commode d'obtenir des données physiologiques et la prise de données cinéradiographiques (irremplaçables) devient de plus en plus problématique. Le perfectionnement d'autres méthodes (IRM, programmes de simulation) permettront de faire encore progresser les connaissances par l'accumulation de nouvelles données. Il est plus que jamais nécessaire de combiner plusieurs méthodes d'investigation, et chaque étude devrait, dans la mesure du possible, traiter du plus nombre d'aspects possibles, phonologiques, physiologiques, aérodynamiques, acoustiques et perceptifs et étudier en particulier la coordination entre les mouvements de plusieurs articulateurs, voile du palais compris.

L'étude du voile du palais s'est révélée être un bon terrain d'entente entre phonologues et phonéticiens, et c'est également un domaine propice à la collaboration entre médecins O.R.L. et phonéticiens, car les pathologies sont également une source importante d'information (par exemple, François, 1994), insuffisamment exploités par les phonéticiens.

Il manque très certainement des études concernant le français, pour lequel il est dangereux d'extrapoler trop librement les données obtenues sur d'autres langues, en particulier de l'anglais. Des efforts entrepris pour mettre à la disposition d'un plus grand nombre de chercheurs des données physiologiques (comme *Physiologia* de Bernard Teston, par exemple) permettront sans doute de faire progresser nos connaissances sur le comportement du voile du palais en français.

RÉFÉRENCES

- Baer, T. & al, (1991). Analysis of vocal tract shape and dimensions using Magnetic Resonance Imaging. *JASA*, 5, 1-7.
- Beddor, P. S. & Strange, W. (1982). Cross-language study of perception of the oral-nasal distinction. *JASA*, 71, 1551-1561.
- Bell-Berti, F. (1993). Understanding velic motor control: studies of segmental context. In M. K. Huffman & R. A. Krakow (Eds.), *Nasals, nasalisation and the velum* (pp. 63-86). San Diego: Academic Press.
- Bell-Berti, F., & Hirose, H. (1975). Palatal activity in voicing distinctions: a simultaneous fiberoptic and EMG study. *J. Phon.*, 3, 69-74.
- Benguerel, A., Hirose, H., Sawashima, M., & Ushijima, T. (1977). Velar coarticulation in French: An electromyographic study. *J. Phon.*, 5, 159-167.
- Cohn, A., (1990), *Phonetic and phonological rules of nasalization* Ph. D., UCLA et UCLA Working Papers in Phonetics, 76.
- Delattre, P., & Monnot, M. (1968). The role of duration in the identification of French nasal vowels. *IRAL*, VI(3), 276.
- Flechler, S. G. (1970). Theory and instrumentation for quantitative measurement of nasality. *Cleft Palate Journal*, 7, 601-609
- François, M. (1994), *Paramètres acoustiques ou aérodynamiques pris en compte dans le traitement d'une rhinolalie ouverte*. DEA de Phonétique, Université de la Sorbonne Nouvelles.
- Fujimura, O. (1962). Analysis of nasal consonants. *JASA*, 34, 1865-1875.
- Glass, J. R., & Zue, V. (1985). Detection of nasalized vowels in American English. In International Conference of Acoustic, Speech and Signal Processing (ICASSP) 85.

- Horiguchi, S., & Bell-Berti, F. (1987). The Velotrace: A device for monitoring velar position. Cleft Palate Journal, 24, 104-111.
- Horri, Y. (1980). An accelerometric measure as a physical correlate of perceived hypernasality in speech. Cleft Palate Journal, 17, 254-261.
- House, A. S., & Stevens, K. N. (1956). Analog studies of the nasalization of vowels. J. Speech Hear. Dis., 21, 218-232.
- Huffman, M. K., & Krakow, R. A. (Eds.).(1993). Nasals, nasalisation and the velum (pp. 3-62). San Diego: Academic Press.
- Kiritani, S., Itoh, K., & Fujimura, O. (1975). Tongue-pellet tracking by a computer-controlled x-ray microbeam system. JASA, 57(6), 1516-1520.
- Krakow, R. A., & Huffman, M. K. (1993). Instruments and technique for investigating nasalisation and velopharyngeal function in the laboratory: an introduction. In M. K. Huffman & R. A. Krakow (Eds.), Nasals, nasalisation and the velum (pp. 3-62). San Diego: Academic Press.
- Kuehn, D. P., & Moll, K. L. (1976). A cineradiographic study of VC and CV articulatory velocities. J. Phon., 4, 303-320
- Kurowski, K. M., & Blumstein, S. E. (1987). Acoustic properties for place of articulation in nasal consonants. JASA, 81, 1917-1927
- Ladefoged, J. (1989). The UCLA Hypercard language data base. UCLA WPP, 72, 177-179.
- Lonchamp, F. (1988) Etudes 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.
- Lubker, J. F., & Parris, P. J. (1970). Simultaneous measurements of intraoral pressure, force of labial contact, and labial electromyographic activity during production of the stop consonant cognates /p/ and /b/. JASA, 47, 625-633.
- Maddieson, I. (1984). Patterns of sound. Cambridge.
- Maddieson, I., & Ladefoged, P. (1993). Phonetics of partially nasal consonants. In M. K. Huffman & R. A. Krakow (Eds.), Nasals, nasalisation and the velum (pp. 251-302). San Diego: Academic Press.
- Maeda, S. (1993). Acoustics of Vowel Nasalization and articulatory shifts in French Nasal Vowels. In M. K. Huffman & R. A. Krakow (Eds.), Nasals, nasalization, and the velum (pp. 147-170). San Diego: Academic Press.
- Malécot, A. (1956). Acoustic cues for nasal consonants, an experimental study involving a tape-splicing technique. In Language, 32, 274-284.
- Malécot, A. (1960). Vowel nasality as a distinctive feature in American English. Language, 36(2), 222-229.
- Nord, L. (1976). Perceptual experiments with nasals. STL-QPSR, 1976(2-3), 5-
- Ohala, J. J. (1971). Monitoring soft palate movement in speech. UCB Phonology Laboratory Project on Linguistic Analysis Report, 13, J01-J015.
- Passy, P. (1890). Etudes sur les changements phonétiques. Paris, Firmin-Didot.
- Perkell, J., & al, (1992). Electromagnetic midsagittal articulometer (EMMA) systems for transducing speech articulatory movements. JASA, 92, 3078-3096.
- Stevens, K. N., & Blumstein, S. (1978). Invariant cues for place of articulation in stop consonants. JASA, 64: 1358-1368.
- Ruhlen, M., (1975), A Guide to the Languages of the World, Stanford, California, Stanford University Press.
- Tubach, J.-P., & Boë, L.-J. (1990). Un corpus de transcription phonétique (300 000 phones): constitution et exploitation statistiques, Télécom Paris No. 90D 002.
- Vaissière, J. (1986). Comment on 'Invariance and variability in speech production: a distinction between linguistic intent and its neuromotor implementation' by J. H. Abbs. In J. Perkell & D. N. Klatt (Eds.), Invariance and Variability in Speech Processes (pp. 220-222). Lawrence Erlbaum Associates.

- Vaissière, J. (1989). Prediction of articulatory movement of the velum from phonetic input. Phonetica, 45, 122-139.
- Warren, D. W., Dalston, R. M., & Mayo, R. (1993). Aerodynamics of nasalization. In M. K. Huffman & R. A. Krakow (Eds.), Nasals, nasalisation and the velum (pp. 119-146). San Diego: Academic Press.
- Zerling, J.-P. (1984). Phénomènes de nasalité et de nasalisation vocaliques: étude cinéradiographique pour deux locuteurs. Travaux de l'Institut de Phonétique de Strasbourg, 16, 241-266.

