

# Comparaison des apports de différentes méthodes d'enregistrement de la nasalité: étude préliminaire

Julie Montagu et Angélique Amelot

Laboratoire de Phonétique et Phonologie  
 Université Paris 3 & UMR 7018 – 19, rue des Bernardins – 75005 Paris  
 Tel.: ++33 (0)1 43 26 37 80 – Fax: ++33 (0)1 44 32 05 78  
 Mèl : [Julie\\_montagu@yahoo.com](mailto:Julie_montagu@yahoo.com)

## ABSTRACT

In this study, we compare onset and offset time of nasal airflow (DAN) and acoustic nasal signal (SAN) relative to those of acoustic signal (SAO) during nasal vowels. The results show that, on the one hand the time-lag between SAO and DAN, and SAO and SAN are relatively small at the onset, except with the context [l] where the both DAN and SAN anticipate SAO. On the other one, DAN persists after the nasal vowel offset and SAN stops before and in the same time than SAO respectively in right contexts [t] and [z]. We consider, therefore, that the temporal characteristics of DAN and SAN are comparable and give complementary information.

## 1. INTRODUCTION

Vu la complexité du langage, il apparaît nécessaire d'aborder chaque phénomène de parole de plusieurs points de vue, et de les mettre en confrontation. La production de la nasalité fait principalement intervenir les articulateurs suivants : le velum, la langue et les lèvres. Il existe de nombreuses instrumentations pour étudier la nasalité, plus ou moins invasives : méthode EMG, fibroscopique, aérodynamique, acoustique. Aucune de ces méthodes ne permet d'étudier seule les articulateurs dans leur ensemble. Il existe deux possibilités pour mener une étude multi-instrumentale : soit d'enregistrer les données simultanément, soit d'enregistrer le même corpus par un même locuteur avec différentes instrumentations, puis d'aligner les données. Amelot [1] a montré qu'une étude pluri-instrumentale de la nasalité apporte des informations nouvelles quant à la production et la perception de la nasalité vocalique. Comparativement aux études utilisant des données aérodynamiques (pour ne citer que Benguerel [4], Cohn [5], Delvaux [6]), il existe peu d'études qui ont utilisées des données acoustiques nasales (Tronnier [2] ; Feng [3]). Nous avons donc construit une étude préliminaire en enregistrant simultanément le signal acoustique nasal (SAN) et le débit d'air nasal (DAN) afin de déterminer dans quelle mesure les résultats obtenus avec ces deux méthodes sont complémentaires et/ou apportent des informations nouvelles.

## 2. METHODOLOGIE

Les données ont été enregistrées au LPP avec l'aide de B. Gautheron, sur le DASH 8 (Astro-med) qui contient une

carte d'acquisition et permet d'enregistrer simultanément jusqu'à 8 pistes. Fréquence d'échantillonnage : 25000 Hz.

### 2.1. Corpus

Le corpus se compose de 64 phrases répétées deux fois. Les items sont placés dans la phrase support : 'Dites C<sub>1</sub>V<sub>1</sub>CV<sub>2</sub>C<sub>1</sub>V<sub>1</sub> trois fois', avec C<sub>1</sub> = [t, l, z, n], V<sub>1</sub> = [i, a] et V<sub>2</sub> = [ɛ̃, ã, õ, i, a, ɔ, o, u] (la cible).

### 2.2. Locuteur

Un seul locuteur a subi l'expérimentation. Il s'agit d'un homme de 28 ans de langue maternelle française.

### 2.3. Instrumentation

#### Prise de données aérodynamiques

L'acquisition du débit d'air nasal (DAN) a été faite à l'aide d'un masque nasal relié au transducteur de débit d'air de PCQuier. Nous avons calibré l'enregistrement avec un filtre passe-bas à fréquence de 50 Hz pour capter uniquement les valeurs de débit.

#### Prises de données acoustiques

Le signal acoustique nasal (SAN) a été enregistré avec un micro nasal (Montagu [8]) placé à l'aide d'une olive nasale dans la narine gênant le moins le locuteur au moment de son cycle respiratoire.

Le signal acoustique oral (SAO) a été enregistré avec un micro cravate fixé sur le locuteur.

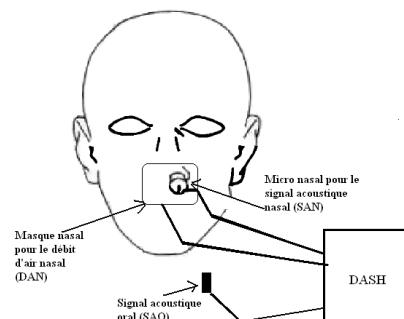


Figure 1 : Schéma des différents capteurs reliés à l'enregistreur multi-pistes DASH 8.

Remarque : il n'y a ni de DAN ni de SAN quand la voyelle cible est une voyelle orale.

## 2.4. Mesures temporelles

### Décalage au début de la voyelle nasale :

Nous avons mesuré d'une part le décalage temporel (en millisecondes) entre le début de la courbe de DAN et le début du SAO de chaque voyelle cible du corpus ( $V_2$ ), et d'autre part le décalage temporel entre le début du SAN et le début du SAO. Les mesures positives correspondent à une anticipation de la nasalisation pendant la production des sons précédents (contexte gauche) et les mesures négatives correspondent à un retard de nasalisation au début de la voyelle nasale.

### Décalage à la fin de la voyelle nasale :

Nous avons mesuré le décalage temporel (en ms) entre la fin du DAN et la fin du SAO d'une part et d'autre part le décalage entre la fin du SAN et celle du SAO. Les mesures positives indiquent un retard (persévération) de nasalisation, soit que du DAN ou du SAN continue de passer par le nez après la fin de la voyelle, pendant la production des sons suivants (contexte droit). Les mesures négatives (observée sur le SAN uniquement) correspondent à un arrêt des vibrations acoustiques nasales avant la fin de la voyelle nasale.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Décalage au début de la voyelle nasale

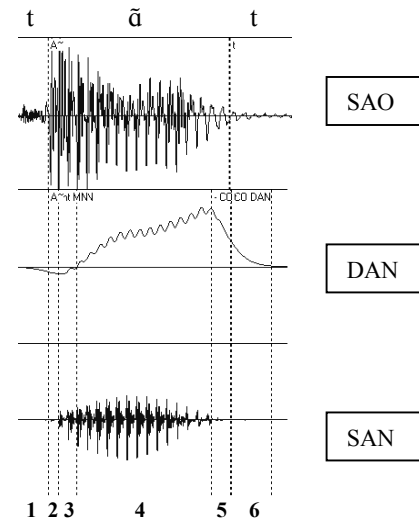
**Table 1 :** Mesures d'anticipation en ms, du DAN à gauche et de SAN à droite, classées par voyelle nasale.

$\tilde{v}$	Items	DAN (ms)	SAN (ms)
$\tilde{e}$	tatēta	-19	-13
	titēti	17	21
	zazēza	18	0
	zizēzi	0	0
	lalēla	24	36
	lilēli	27	27
	<i>moyenne</i>	<i>12,83</i>	<i>12,16</i>
$\tilde{a}$	tatāta	-19	-7
	titāti	13	16
	zazāza	13	0
	zizāzi	0	0
	lalāla	40	40
	lilāli	0	11
	<i>moyenne</i>	<i>7,83</i>	<i>10</i>
$\tilde{o}$	tatōta	5	10
	titōti	0	0
	zazōza	0	0
	zizōzi	0	0
	lalōla	0	0
	lilōli	3	3
	<i>moyenne</i>	<i>1,33</i>	<i>2,16</i>

D'une manière générale, nous observons (Table 1) que les phénomènes d'anticipation et de retard de nasalisation au début des voyelles nasales semblent dépendants du contexte consonantique précédent (gauche) et/ou de la voyelle nasale elle-même, comme le cas de [ō] pour laquelle il n'y a pratiquement pas de décalage sur la consonne précédente dans les contextes étudiés.

### Comparaison des mesures du décalage DAN-SAO et SAN-SAO, par contexte

a. En contexte gauche /tatv̄ta/, nous observons des mesures négatives de DAN et de SAN, soit du retard de nasalisation au début des voyelles nasales [ē] et [ā] (Figure 2 : segments 2 et 3). Ce phénomène correspond à une contrainte aérodynamique lors de la production de l'occlusive sourde : le bruit d'explosion à l'occlusion nécessite une augmentation de la pression d'air dans la cavité orale qui suppose qu'il n'y en ait pas de fuite d'air par la cavité nasale, le /t/ agit donc comme un « retardateur » de la nasalité sur la voyelle nasale subséquente (Ohala [7], Montagu [8]).



- 1 = [t]
- 2 = retard d'anticipation SAN
- 2+3 = retard d'anticipation DAN
- 4 = [ē]
- 5 = retard de persévération SAN
- 6 = persévération DAN
- 6+7 = [t]

**Figure 2 :** SAO, DAN et SAN de l'item /tatv̄ta/.

En contexte /titv̄ti/, contrairement au précédent, on observe un pic de DAN et du SAN pendant le relâchement du [t] précédant les nasales [ē] (Figure 3 : 3) et [ā]. Ce phénomène de « fuite nasale » pendant le relâchement de l'occlusive pourrait correspondre à un abaissement du velum anticipé et dépendant du contexte /ti/.

Les mesures du DAN et du SAN sont complémentaires pour l'observation de ces phénomènes en contexte /t/.

b. En contexte gauche /zv̄<sub>1</sub>zv̄z<sub>v1</sub>/, on observe une absence de décalage du SAN à la fin des trois nasales et dans 2 cas seulement de DAN. Nous confirmons en cela les résultats de Delvaux [6] et Amelot [1]. Ce phénomène pourrait être

lié à la contrainte aérodynamique suivante : comme avec les occlusives, la nasalisation est peu compatible avec les fricatives voisées. Ohala [7] explique d'une part, que puisque le bruit de friction à la constriction nécessite une augmentation de la pression d'air dans la cavité orale, il ne doit pas y avoir de fuite d'air par la cavité nasale. D'autre part, s'il est possible de produire les fricatives sourdes avec une petite fuite vélaire, il est extrêmement peu probable que les fricatives voisées puissent être produites avec une quantité de nasalisation détectable.

c. En contexte gauche /lv<sub>1</sub>lv<sub>1</sub>lv<sub>1</sub>/, on observe de l'anticipation de nasalisation de DAN et de SAN dans les mêmes proportions, car des trois consonnes orales c'est celle qui nécessite le moins de contrainte aérodynamique et qui est produite avec l'aperture la plus importante Warren [9], ce qui favorise l'abaissement du velum pour la production de la voyelle nasale.

### 3.2. Décalage à la fin de la voyelle nasale

**Table 2 :** Moyenne du décalage (en ms) à la fin des voyelles nasales, pour les mesures de DAN à gauche et de SAN à droite.

C	Items	DAN (ms)	SAN (ms)	
ē	tatēta	36	-12	
	tītēti	27	-29**	
	zazēza	22	0	
	zizēzi	24	0	
	lalēla	70 (58+12)*	45	
	lilēli	80 (72+8)*	65	
	<i>moyenne</i>	<i>43,16</i>	<i>16,33</i>	
v̄	Items	DAN (ms)	SAN (ms)	
	ā	tatāta	23	-13
		tītāti	33	-25**
		zazāza	22	0
		zizāzi	27	0
		lalāla	75 (58+17)*	58
		lilāli	81 (77+4)*	66
<i>moyenne</i>	<i>43,5</i>	<i>18,5</i>		
ō	tatōta	18	-5	
	tītōti	24	-31**	
	zazōza	22	0	
	zizōzi	26	0	
	lalōla	65 (52+13)*	52	
	lilōli	83 (66+17)*	66	
<i>moyenne</i>	<i>39,66</i>	<i>17,83</i>		

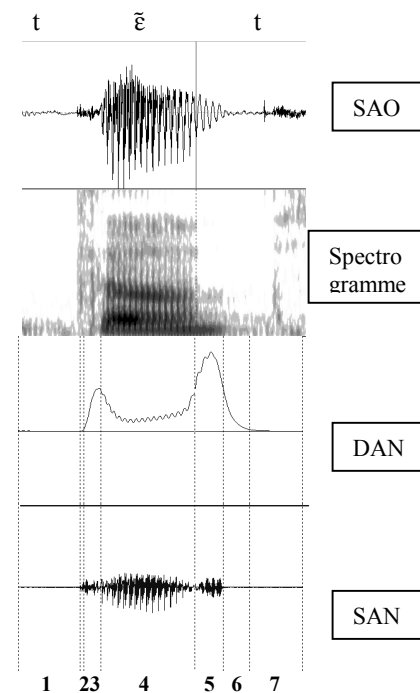
\*durée totale de la consonne suivante plus propagation sur le phonème qui suit \*\*queue nasale

#### Comparaison des mesures de persévération du DAN et du SAN par contexte

a. En contexte droit /tatv̄ta/, nous observons en DAN du retard de nasalisation après la fin de toutes les voyelles nasales alors que les mesures du SAN indiquent un arrêt du SAN avant la fin de la voyelle (Table 2). Comme au

début de la voyelle dans ce contexte, c'est la contrainte aérodynamique liée à la production de la consonne occlusive sourde qui influe sur le SAN de la voyelle nasale précédente, en la stoppant avant la fin de la SAO. Les données du DAN montrent seulement que de l'air continue de s'échapper par la cavité nasale après la fin de la voyelle nasale (Benguerel [4]).

On peut remarquer en contexte droit /titv̄ti/, une « queue nasale » à la fin de la voyelle (Figure 3 : 5). Celle-ci se manifeste par des vibrations dans les basses fréquences visibles sur le spectrogramme, par un pic de DAN et par du SAN. Ce phénomène correspond au temps d'arrêt des vibrations des cordes vocales entre la voyelle nasale et consonne occlusive sourde. L'explication physiologique est que l'impédance dans le conduit buccal augmente avec le geste de fermeture pour produire la consonne occlusive et il se produit une fuite de pression d'air par la cavité nasale, assez importante pour créer une turbulence détectée par le micro nasal.



1+2+3 = [t] (1 = silence, 2 = explosion, 3 = relâchement)  
 4+5 = [ē]  
 5 = queue nasale  
 6 = persévération DAN  
 7 = [t]

**Figure 3 :** SAO, spectrogramme, DAN et SAN de l'item /titv̄ti/.

Les données du DAN et du SAN se complètent dans l'observation du phénomène de la queue nasale, mais le SAN apporte des informations nouvelles sur l'influence du /t/ en contexte droit à la fin des voyelles nasales.

b. En contexte droit /zv<sub>1</sub>zṽzv<sub>1</sub>/, nous observons une absence de décalage du SAN à la fin des trois nasales, la nasalisation s'arrête en même temps que le SAO de la nasale suivie de /z/. Nous retrouvons le même phénomène que pour les mesures au début, soit que la fricative voisée

ne semble pas être nasalisée par la voyelle, qu'elle soit placée avant ou après celle-ci.

Par contre, les mesures du DAN indiquent du retard de nasalisation pour toutes les voyelles nasales.

c. En contexte droit /lv<sub>1</sub>lv<sub>1</sub>/, d'après les mesures du SAN, la nasalisation s'étend au maximum sur la totalité du /l/ suivant. D'après les mesures du DAN, la nasalité de la voyelle nasale s'étend au delà de la liquide latérale suivante, sur la voyelle encore suivante.

### 3.3. Comparaison des données DAN et SAN en fonction de la hauteur relative du velum

Nous avons comparé les données du SAN avec les hauteurs relatives du velum fournies par Rossato [10] et Amelot [1] (données fibroscopiques et EMMA) dans les mêmes contextes. Nous observons que les consonnes nasales (velum peu ouvert) sont les phonèmes qui sont produits avec le moins de SAN (quantitativement) et le plus de DAN. Et inversement, la voyelle nasale /ɛ/ (velum le plus abaissé) est produite avec plus de SAN que de DAN. Le SAN semble donc mieux corrélé avec la surface de l'aire du port vélo-pharyngé que le DAN. Ceci peut s'expliquer du fait que plus le port vélo-pharyngé est ouvert, plus il est facile de capter les vibrations venant de la glotte. La quantité de DAN quant à elle est proportionnelle à l'aperture buccale, qui implique une plus grande impédance dans le conduit oral (Amelot [1]).

## 4. CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Les données obtenues avec ces deux méthodes d'enregistrement de la nasalité, bien que prises toutes les deux à la sortie de l'orifice nasal ne donnent pas les mêmes informations car elles ne sont pas corrélées aux mêmes phénomènes physiologiques. Les mesures temporelles de DAN et de SAN effectuées s'avèrent complémentaires dans certains cas, pour expliquer notamment les échanges de pression entre voyelle et consonne.

Les données de DAN et de SAN sont comparables pour le décalage temporel au début des voyelles nasales, mais le SAN apporte des informations nouvelles sur les effets de nasalisation entre la fin des voyelles nasales et les trois consonnes orales étudiées. A savoir, l'occlusive sourde /t/ stoppe la nasalisation avant la fin de la voyelle nasale, la fricative voisée /z/ arrête la nasalisation à la fin de la voyelle et la liquide latérale /l/ est totalement nasalisée. Ces résultats corroborent d'une part ceux observés au début des voyelles nasales (pour les mesures de DAN et de SAN) et concordent d'autre part avec l'échelle de nasalité fournie par Clements [11] qui établit que les occlusives sont les plus résistantes à la propagation de la nasalité, puis les fricatives et enfin les liquides sont les plus perméables.

Nos données semblent montrer qu'il existe une bonne corrélation entre le mouvement vélaire et le SAN. Alors qu'il existerait une bonne corrélation entre l'impédance

dans le conduit vocal et le DAN. Il est nécessaire de prendre des données simultanées de SAN et de mouvement du velum pour confirmer l'hypothèse selon laquelle le SAN serait corrélé à l'ouverture du port vélo-pharyngé.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Amelot, A. *Etude aérodynamique, fibroscopique, acoustique et perceptive des voyelles nasales du français*. Thèse de Phonétique, Université Paris 3, 203 pp, 2004.
- [2] Tronnier, M. *Nasals and Nasalisation in Speech Production - With special emphasis on Methodology and Osaka Japanese*, Lund, 1998.
- [3] Feng, G. et Kotenkoff, C. Vers un nouveau modèle acoustique des nasales basé sur l'enregistrement bouche - nez séparé, *JEP (Journées d'Etude sur la Parole)*, Fez (Maroc), 2004.
- [4] Benguerel, A.P. Nasal airflow patterns and velar coarticulation in French. *Speech Wave Processing and Transmission*. Almqvist & Wiksell, Stockholm, pp. 105-112, 1974.
- [5] Cohn, A. Phonetic and Phonological Rules of Nasalization. *Working Papers of the University of California, Los Angeles*, 76, 1990.
- [6] Delvaux, V. *Contrôle et connaissance phonétique: Les voyelles nasales du français*. Thèse de Phonétique-Phonologie, Université Libre, Bruxelles, 288 pp., 2003.
- [7] Ohala, J.J. Phonetic explanations for nasal sound patterns. In: C.A. Ferguson, *Nasalfest: Papers from a symposium on nasals and nasalization*, pp. 289-316, 1975.
- [8] J. Montagu. Les sons sous-jacents aux voyelles nasales en français parisien : indices perceptifs des changements. In *XXVèmes Journées d'Etude sur la Parole*, pages 385-388, Fès, Maroc, 24-27 Avril 2004.
- [9] Warren, D.W. *Regulation of Speech Aerodynamics*. In: Lass (Editor), *Principles of Experimental Phonetics*. Mosby, pp. 46, 1996.
- [10] Rossato, S., Badin, P. and Bouaouini, F. Velar movements in French: An articulatory and acoustical analysis of coarticulation, *ICPhS. University of Barcelona, Barcelona*, pp. 3141-3144, 2003.
- [11] Clements, G.N. and Sylvester, O. Patterns of nasality and obstruction in Ikwere, an african language with nasal harmony, *Atas do 1º Encontro internacional do GTLI da ANPOLL/UFPA. Linguas Indigenas Brasileiras: Fonologia, gramatica e histori*, Belem, 2001.