

X Aspects aérodynamiques et acoustiques de la nasalité



Ecole d'Eté
Porquerolles
Septembre 2008

Jacqueline Vaissière
les nasalissants de LPP



**Simplicité articulatoire
Complexité acoustique et
aérodynamique**



Les nasalisants LPP »

- Amelot, Basset , Sabatier (français)
- Clements (phonologie)
- Maeda (acoustique)
- Montagu (FLE)
- Lovatto, De Santiago (portugais)
- Fougeron (hierarchie prosodique)
- Vaissière (anglais)
- Et des futurs



I) INTRODUCTION

76



I) INTRODUCTION

1) Place de ces deux aspects au sein des autres aspects



2) Définition de la nasalité ailleurs et ici

3) Les catégories phonétiques liées à la nasalisation

4) Problèmes de la perception et de la transcription des voyelles nasales

I) INTRODUCTION

1) Place de ces deux aspects au sein des autres aspects

76

2) Définition de la nasalité ailleurs et ici

3) Les catégories

4) Problèmes de la perception et de la transcription des voyelles nasales

Ia) Autres aspects de la nasalité?

76

Autres que acoustique et physiologique

Autres aspects de la nasalité?

- Oui ... beaucoup d'aspects ...
 1. **Phonologique**
 2. **Articulatoire**
 3. **Électromyographique**
 4. **Aérodynamique**
 5. **Acoustique**
 6. **Perceptif**
 7. **Voix saine/pathologique/apprentissage/acquisition**
 8. **etc**



Avantages et inconvénients des mesures aérodynamiques et acoustiques? Les **Avantages**

76

- **Avantages par rapport aux données articulatoires**
 1. moins invasives
 2. moins chères
- **donc**
 1. grande base de données,
 2. beaucoup de locuteurs, etc.)

Avantages et inconvénients des mesures aérodynamiques et acoustiques? Les **Inconvénients**

• **Inconvénients**

- difficulté de la modélisation acoustique et aérodynamique contraste avec la simplicité du geste : un simple abaissement du voile du palais.
- Pas de linéarité entre mesures acoustiques et aérodynamiques entre elles et avec les données articulatoires

I) INTRODUCTION

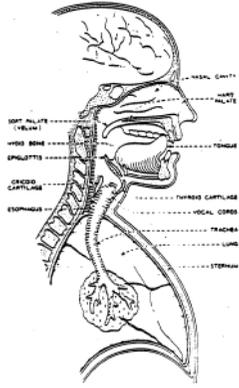
1) Place de ces deux aspects au sein des autres aspects

2) Définition de la nasalité ailleurs et ici

3) Les catégories

4) Problèmes de la perception et de la transcription des voyelles nasales





Définition ici

- Un son nasalisé phonétiquement est un son pour lequel il y a un couplage **suffisant** entre la cavité orale et la cavité nasale, à cause d'un port vélopharyngé ouvert, suffisant pour que la qualité nasale soit perçue.
- **Voyelles:** ok
- **Consonnes:**
 - « pour que la qualité nasale soit perçue. »
 - On perçoit la nasalisation des occlusives sonores car confusion phonologique (j'admets)
 - Surdité phonologique pour les autres (/l/, fricatives)

Définition « nasal » et « nasalisé »

- La définition de « nasal » et « nasalisé » varie d'un article à l'autre
- à l'intérieur d'un même article
- Parfois difficile de voir la frontière entre phonétique et phonologique

exemple

- « « la nasalisation anticipatoire en anglais est phonologique » (dans le sens de « contrôlé »)
- Mais pas »phonologique » (phonémique, contrastif »)
- « la nasalité n'est pas phonologique pour les voyelles en anglais »

Autres définitions de « nasalisé »

- *Articulatoire*
 - VP abaissé
 - Port ouvert
- *Perceptif*
 - Perçu comme « nasal »
- *Phonologique*
 - Contraste oral/nasal
- *Pathologique*
 - Nasonnement
 - Qualité de voix
- *Physiologique*
 - Suppression LP
- *Acoustique*
 - Zéros et formants supplémentaires

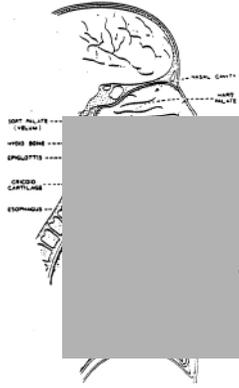
I) INTRODUCTION

- 1) Place de ces deux aspects au sein des autres aspects
- 2) Définition de la nasalité ailleurs et ici

76

3) Les catégories phonétiques

- 4) Problèmes de la perception et de la transcription des voyelles nasales



3) Les catégories nasales?

- nasal
 1. Phonologiquement ?
 2. Acoustiquement ?
 3. Aérodynamiquement ?
 4. Perceptivement?
- Nasal ou nasalisé? ...

76

Basset et al et autres articles

problème

- Les différents types de données peuvent être ou ne pas être en complet accord
- Ou même se contredire ...
- D'abord décrire la réalité, rien que la réalité
- Hypothèses > corpus > Faits > théorie

Commençons par 48 catégories

76



2 x 4 catégories x 2 x 3

2 phonologie

4 Spectro + perception

4 Autres mesures

- [+nasal]

76

- [- nasal]

- ++ On voit, on entend

- -- On ne voit pas, on n'entend pas

- +- On voit, on n'entend pas

- -+ on ne voit pas, on entend

2 perception
on entend:
Extrait ou pas

Basset et al et autres

Aérodynamique

+/-flux

Acoustique

+/-corrélats

Articulatoire

+/- abaissé

+/-ouvert

Style?

spontané

lu

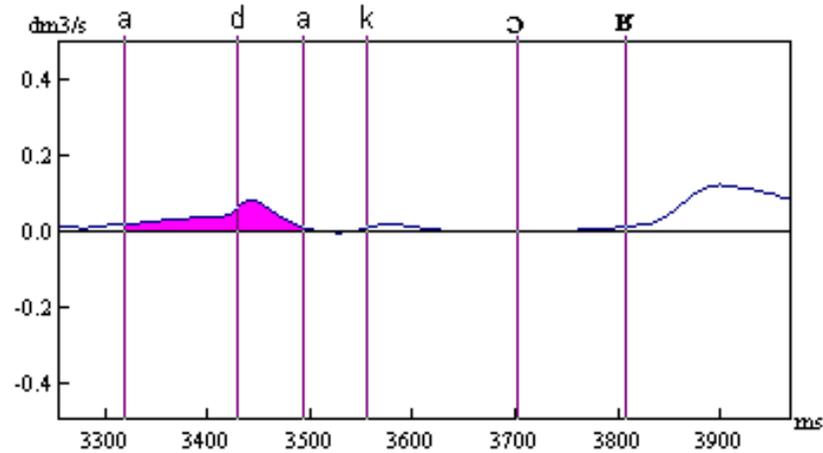
Exemple 1 et exemple 2

- Un son phonologiquement oral
- Est aérodynamique nasalisé (flux nasal présent)
- Une voyelle nasale
- Est aérodynamique orale (pas de flux)
- Parole spontanée et parole lue

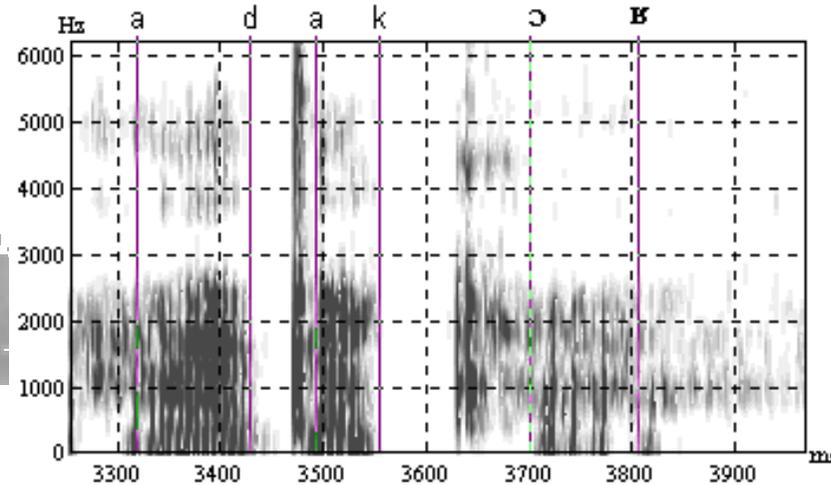
Sons oraux, phonétique nasalisé sans contexte nasal



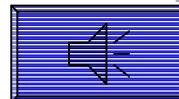
Spontaneous



« D'accord »



76



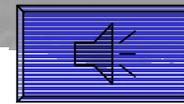
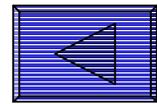
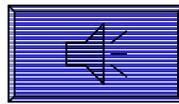
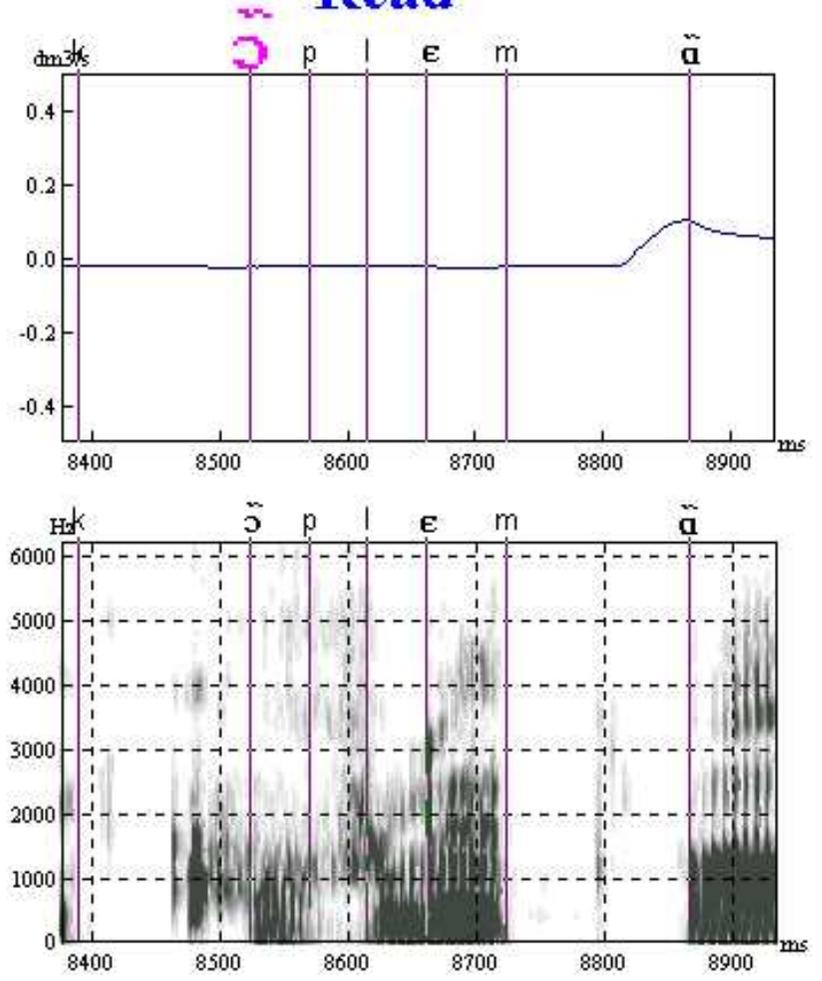
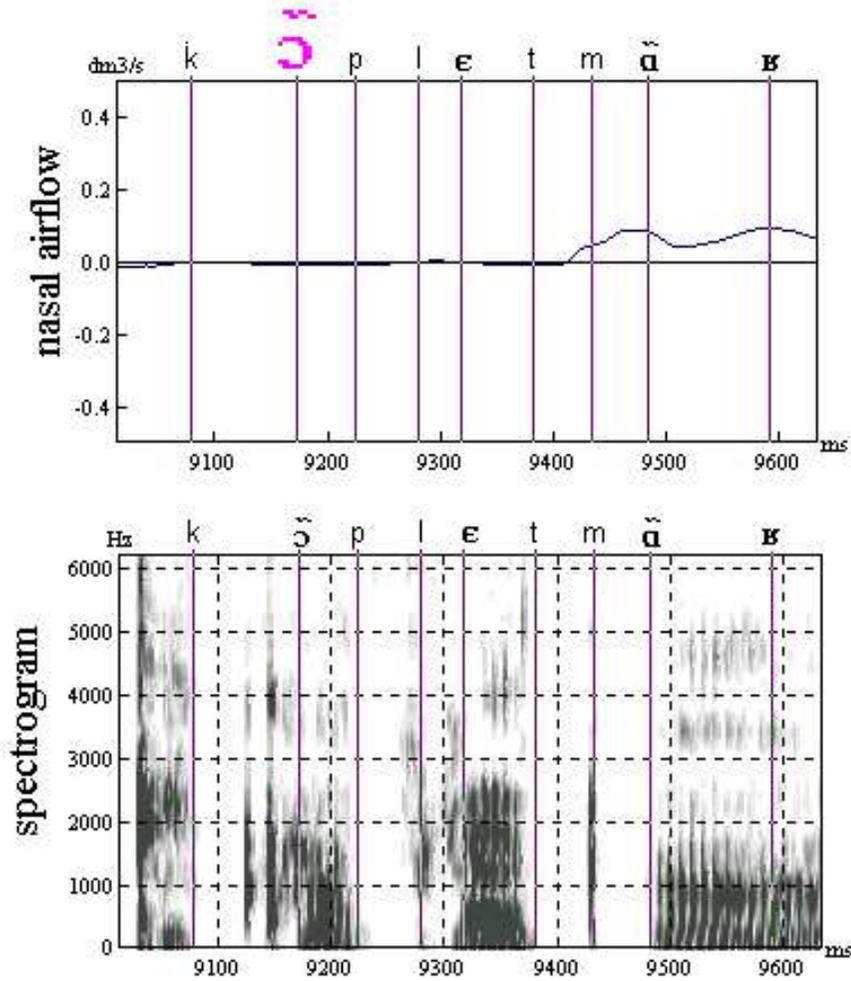


«
voyelles nasales aérodynamiquement orales

complètement »

Spontaneous

Read



Exemple 3 et exemple 4

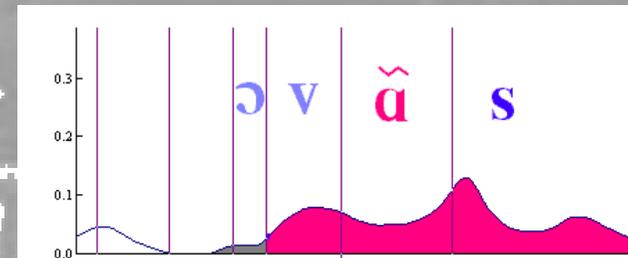
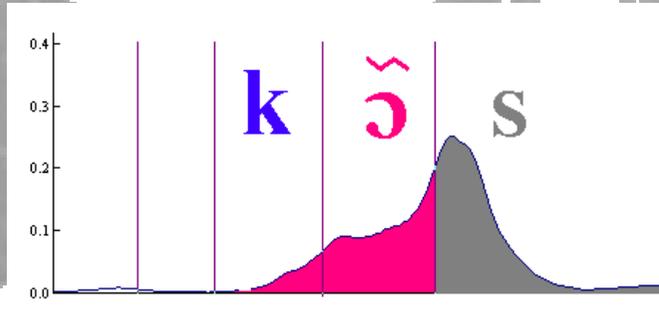
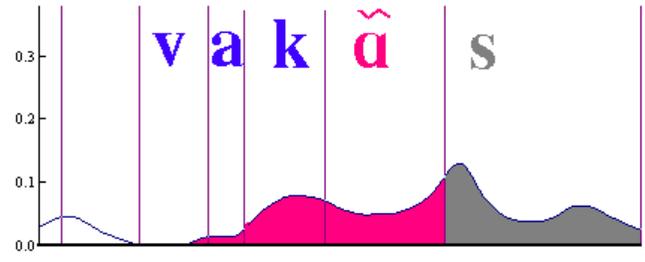
- 
- **Consonnes orales
aérodynamiquement
nasales**
 - **par nasalisation
contextuelle**
 - **Non perçues comme
nasales**

- **Consonnes orales
aérodynamiquement
nasales**
- **par nasalisation
contextuelle**
- **perçues comme
nasales**

Consonnes orales aéro-dynamiquement nasales par nasalisation contextuelle Non perçues comme nasales



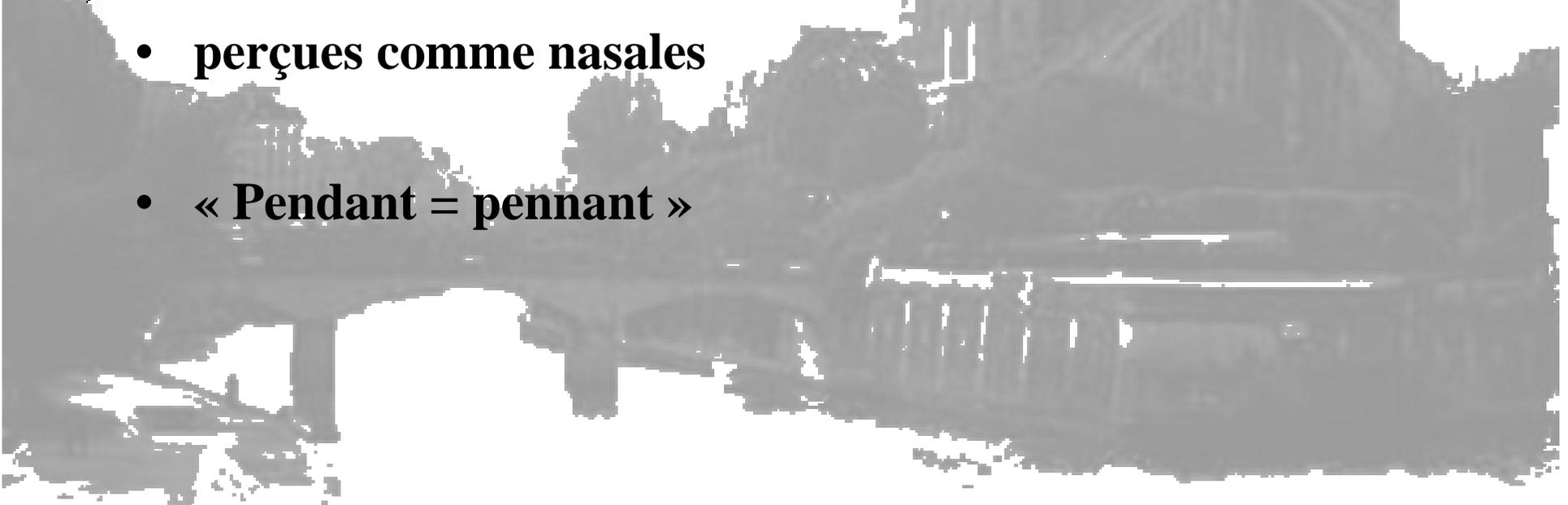
76





Exemple 5 et exemple 6

- **Consonnes orales
aérodynamiquement
nasales**
- **par nasalisation
contextuelle**
- **perçues comme nasales**
- **« Pendant = pennant »**

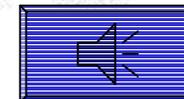
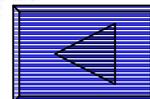
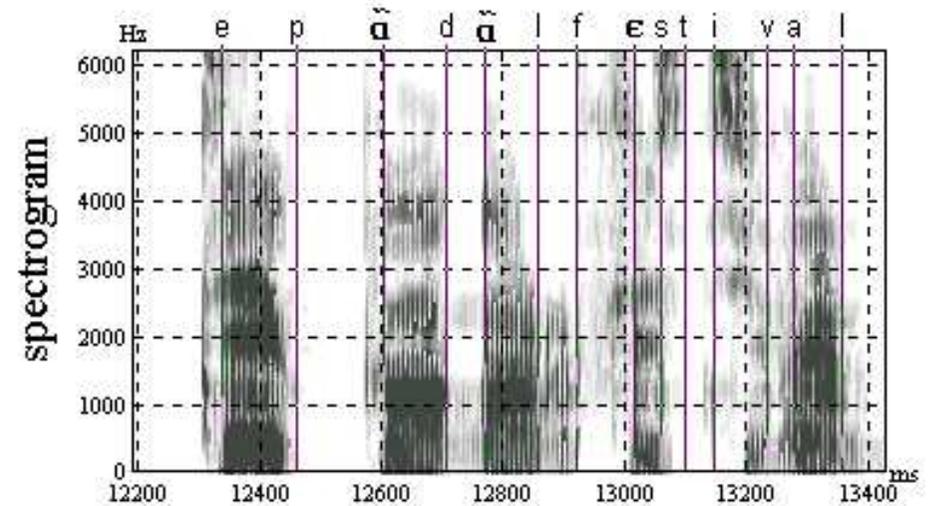
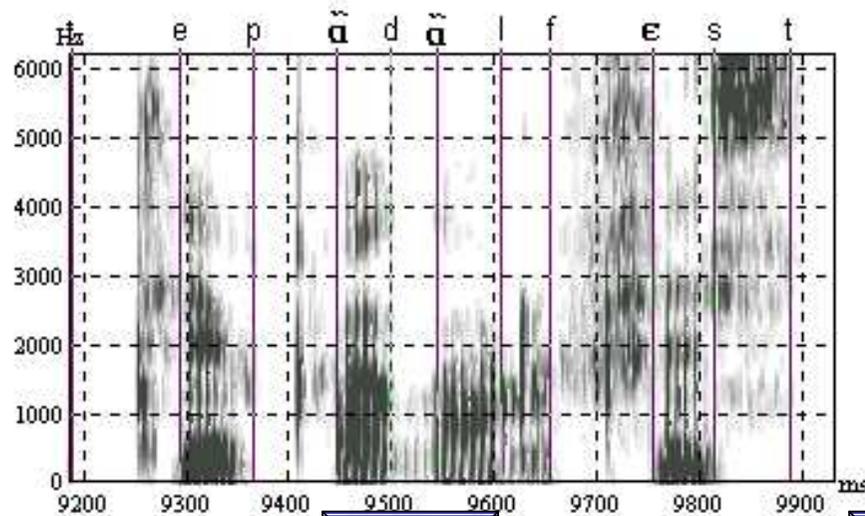
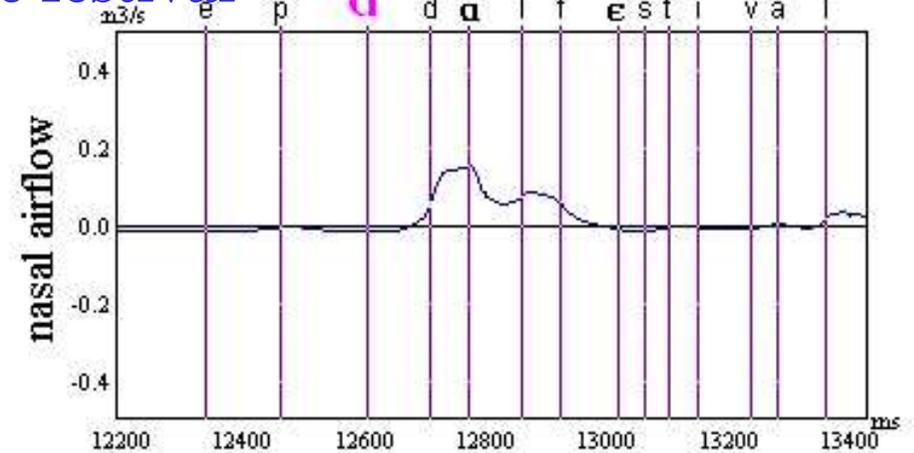
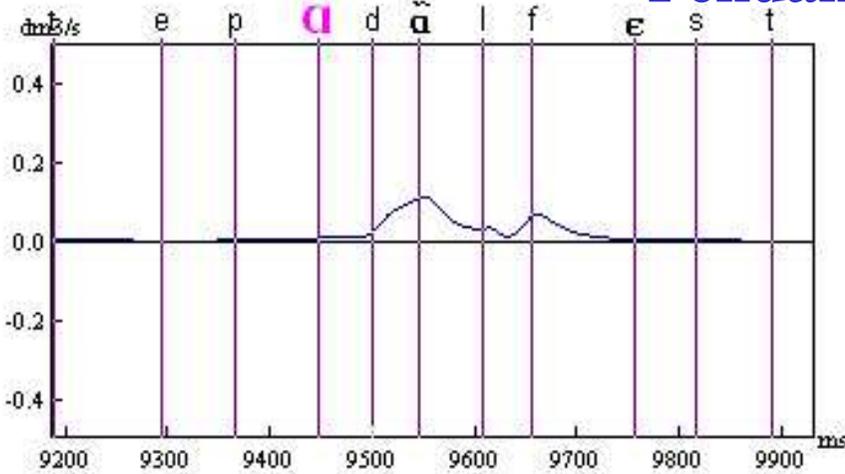


Consonnes orales aéro-dynamiquement nasales par nasalisation contextuelle perçues comme nasales

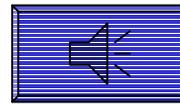
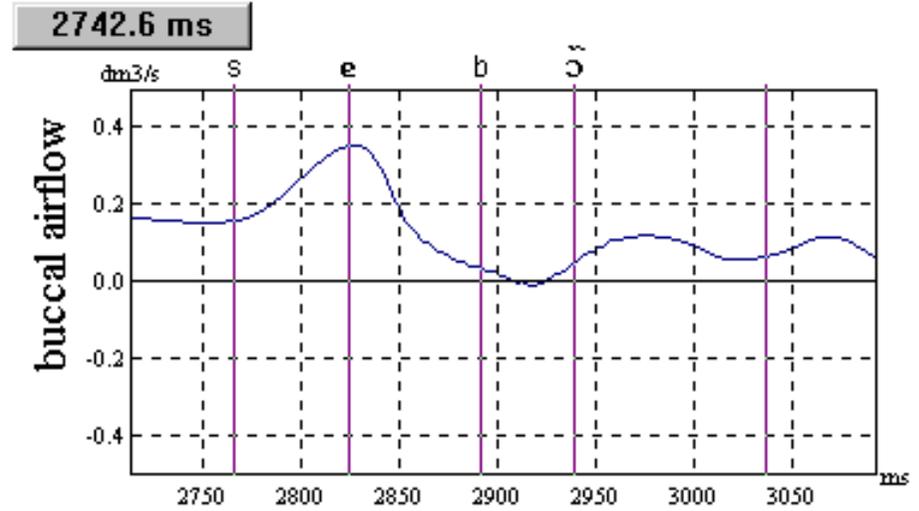
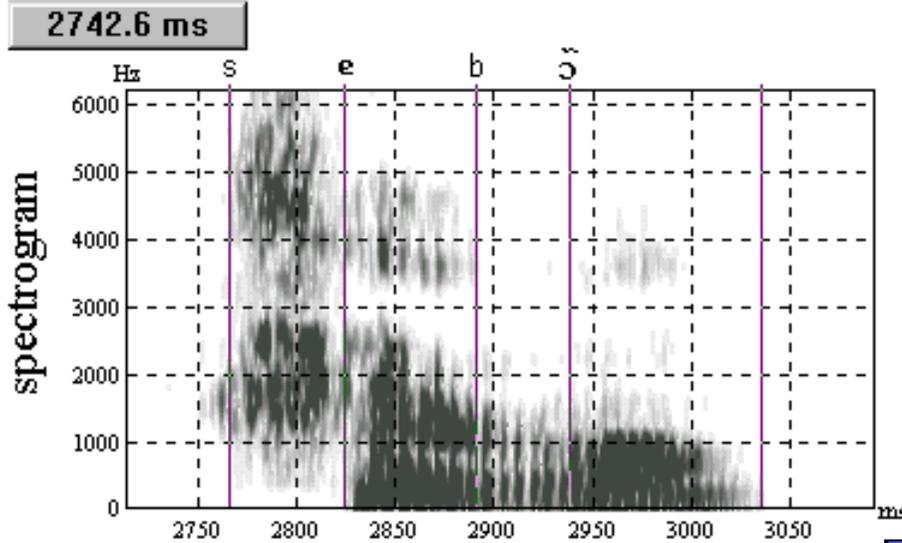
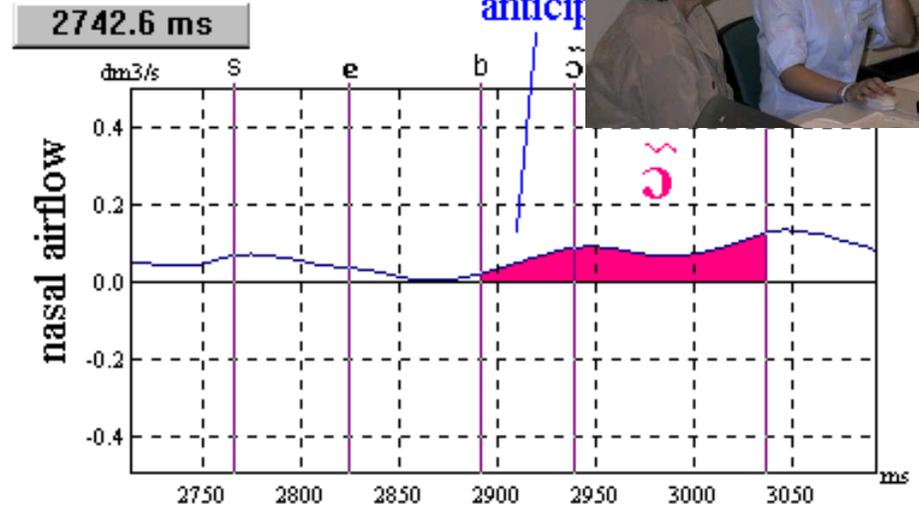
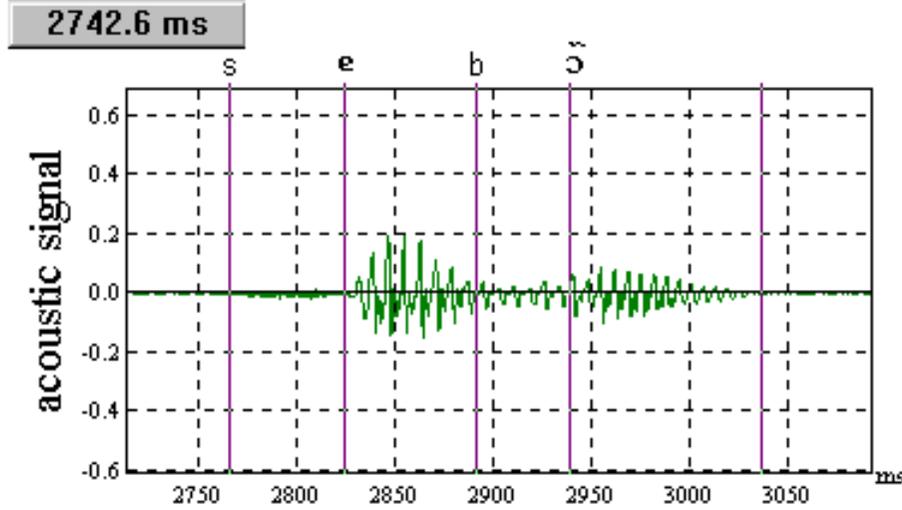


Read

Spontaneous Pendant le festival »



«C'est bon »



Exemple 7

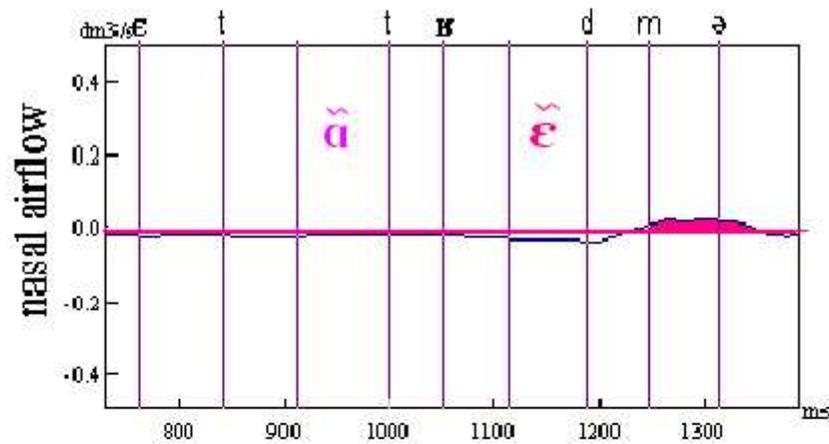
- **Voyelles nasales
aérodynamiquement
orales**
- **dénasalisation**



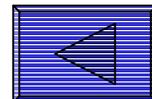
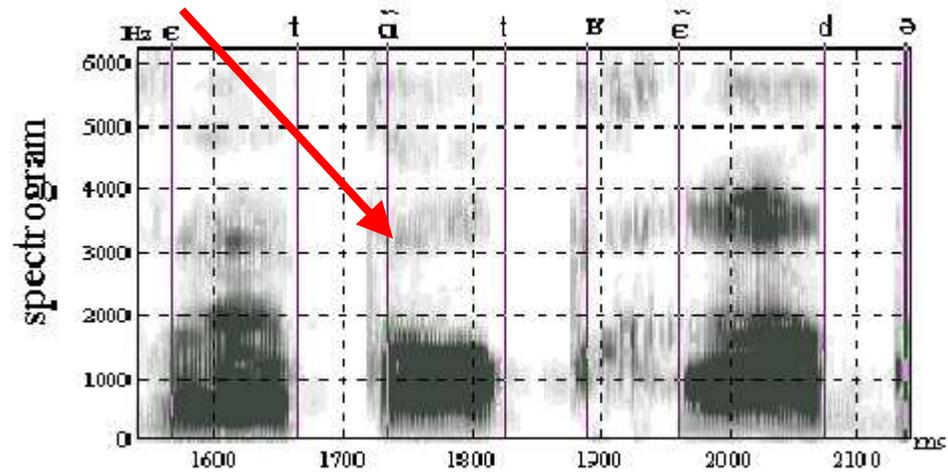
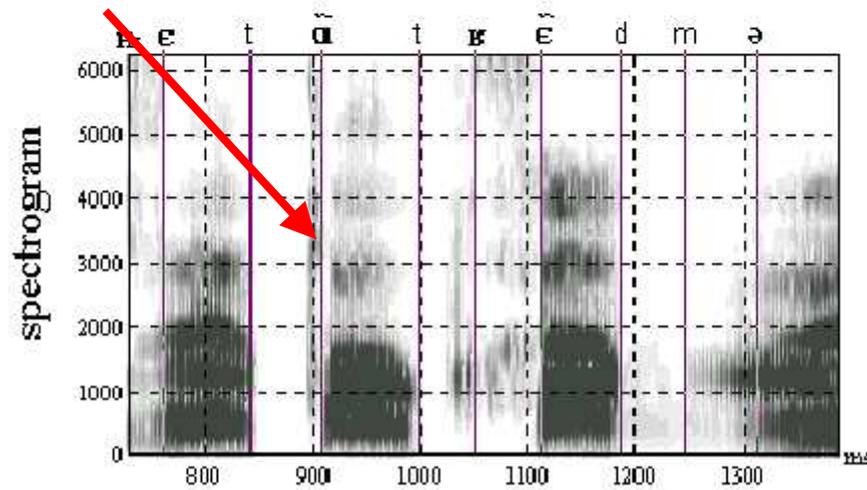
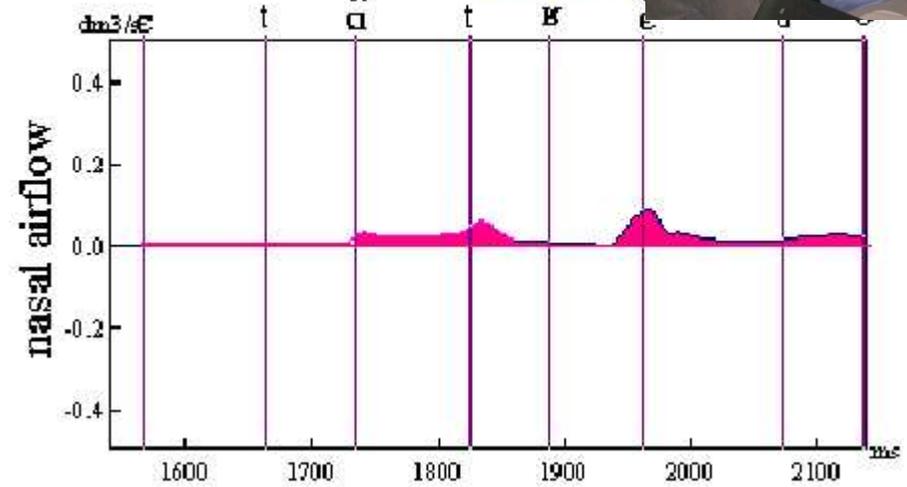
Voyelles nasales aérodynamiquement orales dénasalisation



Spontaneous



Read



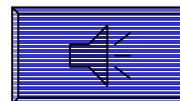
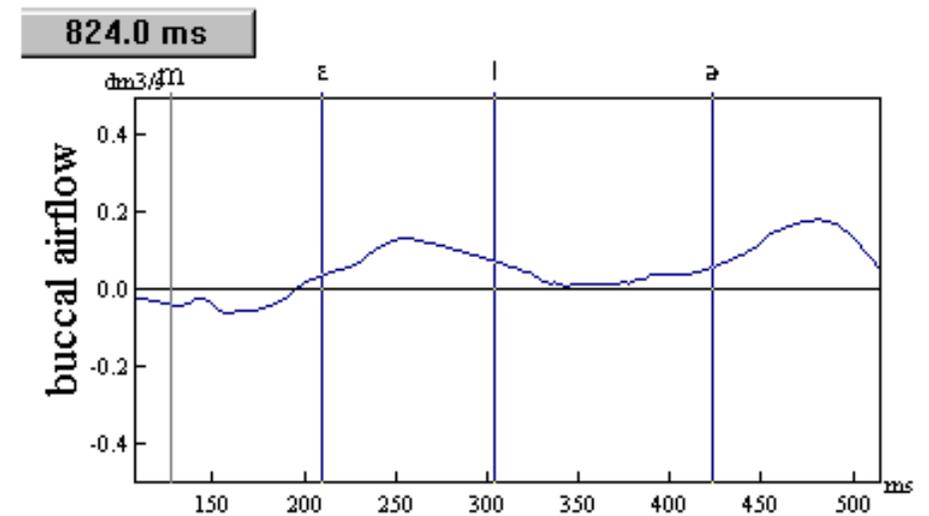
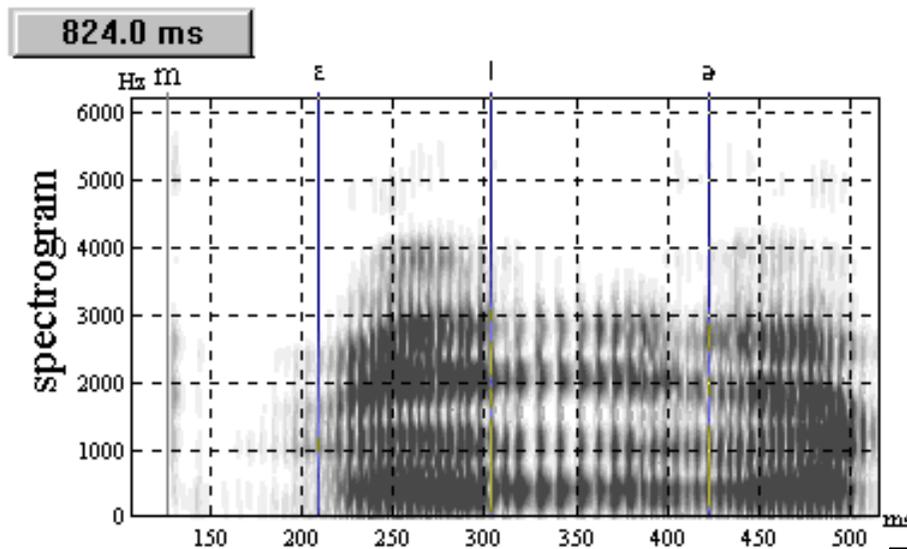
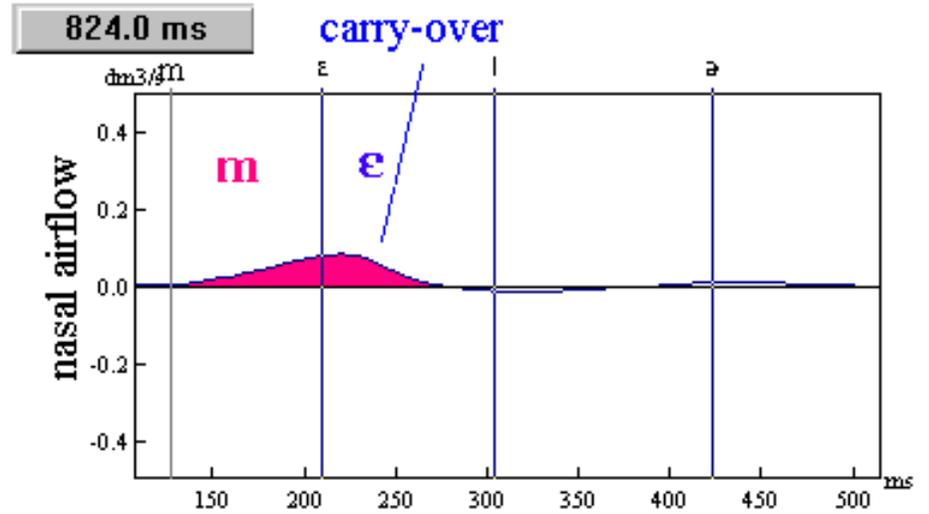
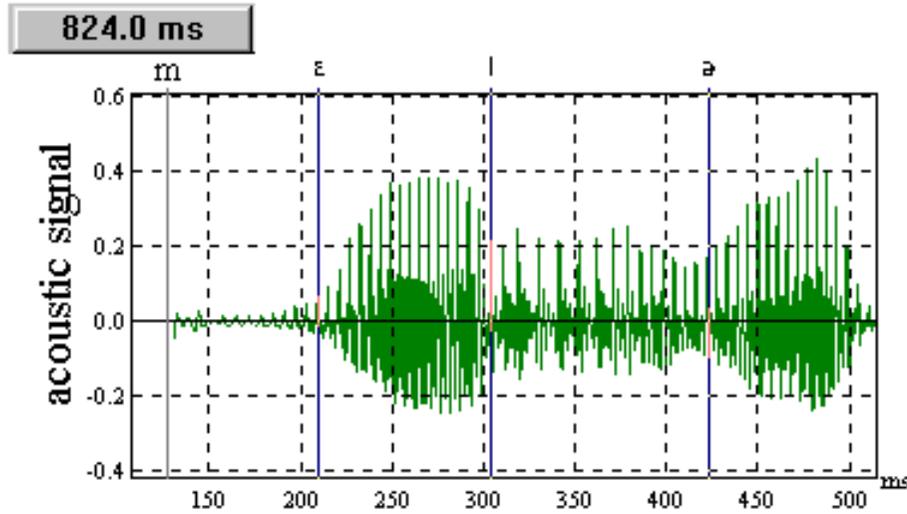
Exemple 8

- Voyelle orale nasalisé par le contexte

76



« mais »



Etc, etc ...



- Voir Basset et al , pour d'autres exemples et statistiques sur la parole spontanée.
- Donc, quand on écrit 'nasalisé', il faut spécifier de quel type de nasalisation il s'agit ...
- Beaucoup de combinaisons attestées !

En résumé

- Donc, quand on écrit ‘nasalisé’, il faut spécifier de quel type de nasalisation il s’agit ...



4) perception de la nasalité et transcription phonétique?

76

Un autre problème dont il faut être au moins conscient

perception de la nasalité

76



Remarques sur la perception de la nasalité des voyelles

- On sait que
 - Dépend de la langue maternelle
 - Dépend du vocabulaire de la langue
- On sait moins que
 - Dépend de la fenêtre d'analyse

on entend:
Extrait ou pas

76

- - Si nVn, et si on extrait V, alors perçu plus souvent comme nasalisée que si on laisse V dans son contexte nasale (Ohala)
- Il faut spécifier la fenêtre d'écoute

transcription phonétique

76



Et sur leur transcription API

- Pas de correspondantes orales entre voyelles orales et nasales
- Du moins pour les voyelles françaises
- Différences entre orales et nasales?
 1. Lèvres
 2. langue

I) INTRODUCTION

2) LA CHAINE DES MESURES





De l'intention du locuteur à la perception par l'auditeur

En passant par tous les aspects de la nasalité

I) INTRODUCTION

2) LA CHAÎNE DES MESURES

76

1) phonologie: binaire

1) phonologie

Trait privatif, binaire

Trait nasal est le plus important pour expliquer le comportement du voile du palais.

Ouf ...



I) INTRODUCTION

2) LA CHAINE DES MESURES

1) phonologie: binaire

**2) Commandes
musculaires (EMG)**

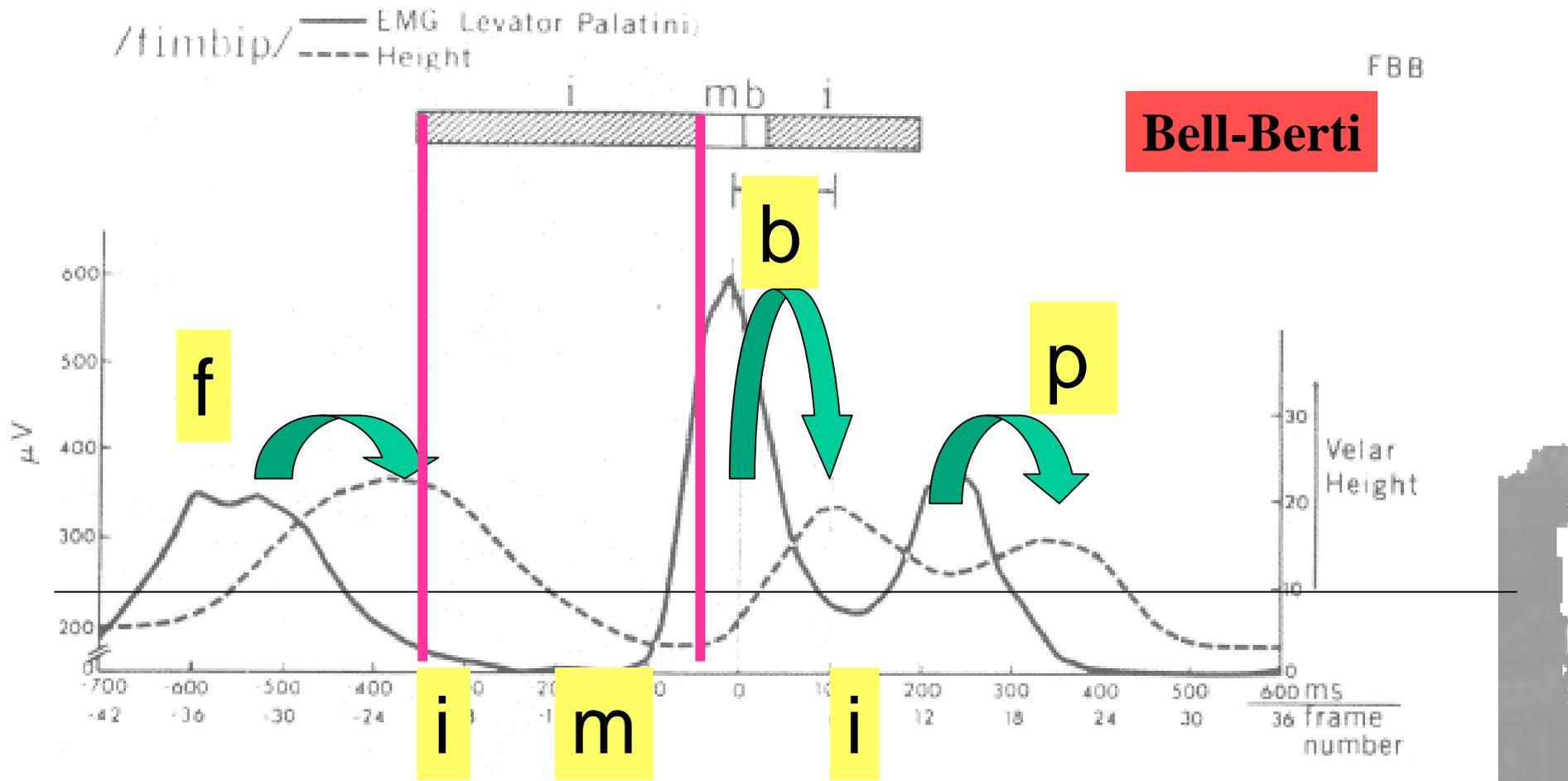
2) Commandes musculaires

76

Relaxation du levator palatini est la cause principale de l'abaissement du voile du palais

Le muscle anticipe 60 à 150 msec

EMG

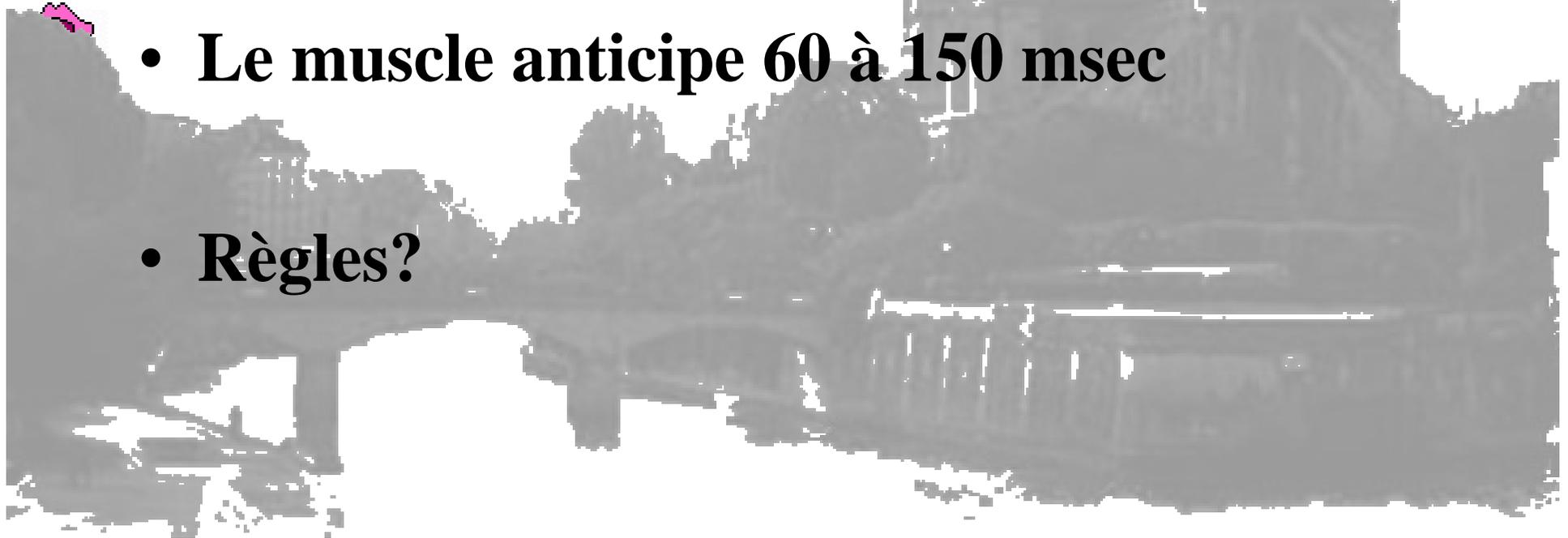


1) EMG

- Peu de données
- Invasives

76

- **Le muscle anticipe 60 à 150 msec**
- **Règles?**



I) INTRODUCTION

2) LA CHAÎNE DES MESURES

76

- 1) phonologie: binaire
- 2) Commandes musculaires (EMG)
- 3) Mouvement du voile du palais et hauteur**
- 4) Ouverture du port vélopharyngé

3) **Mouvement du voile du palais et hauteur**

76

Schéma général:

Voile relevé et port fermé durant les orales

Voile abaissé et port ouvert durant les nasales

Méthodes pour étudier les mouvements du voile du palais

- **Directes**

- Cinéradiographie
- X-ray microbeam
- EMA
- IRM
- Fibroscopie
- vélotrace

- **Indirectes**

- (Nasographe)
- Pas l'aérodynamique, l'acoustique
- ou la perception!

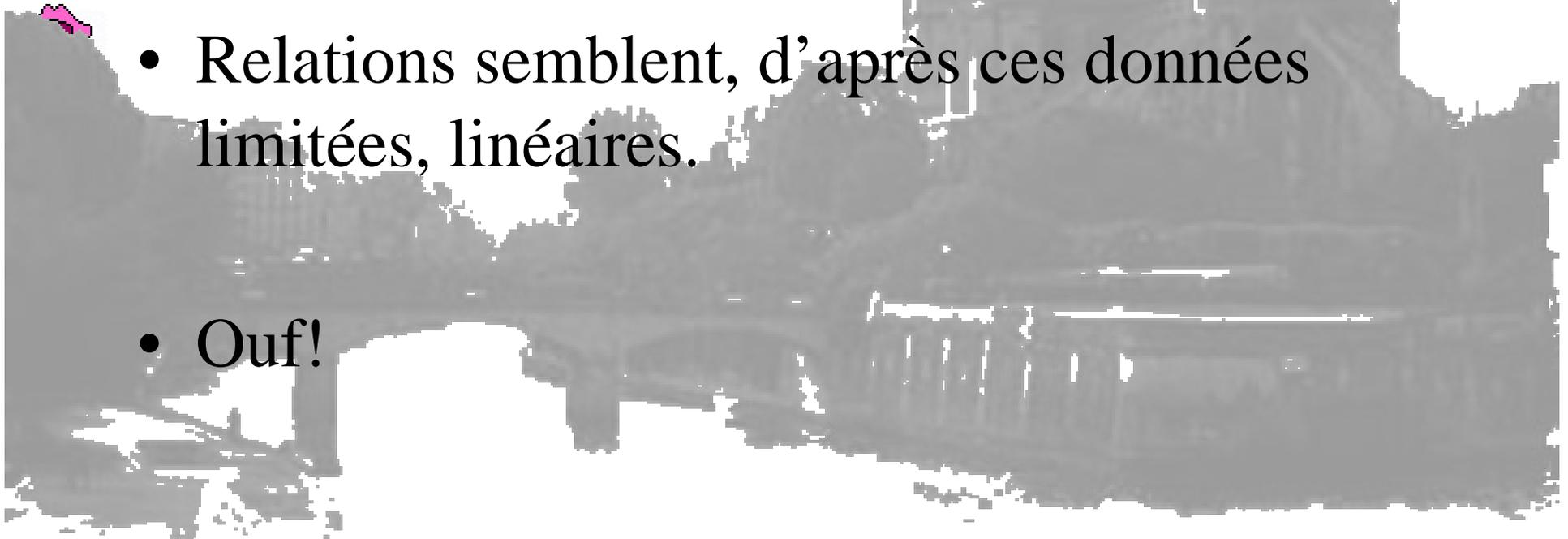
3) **Mouvement du voile du palais et hauteur**

1) **ouverture du port et EMG?**

- 2) Du mouvement du voile à l'ouverture du port
- 3) Hauteur intrinsèque du voile
- 4) Remarque sur les pauses

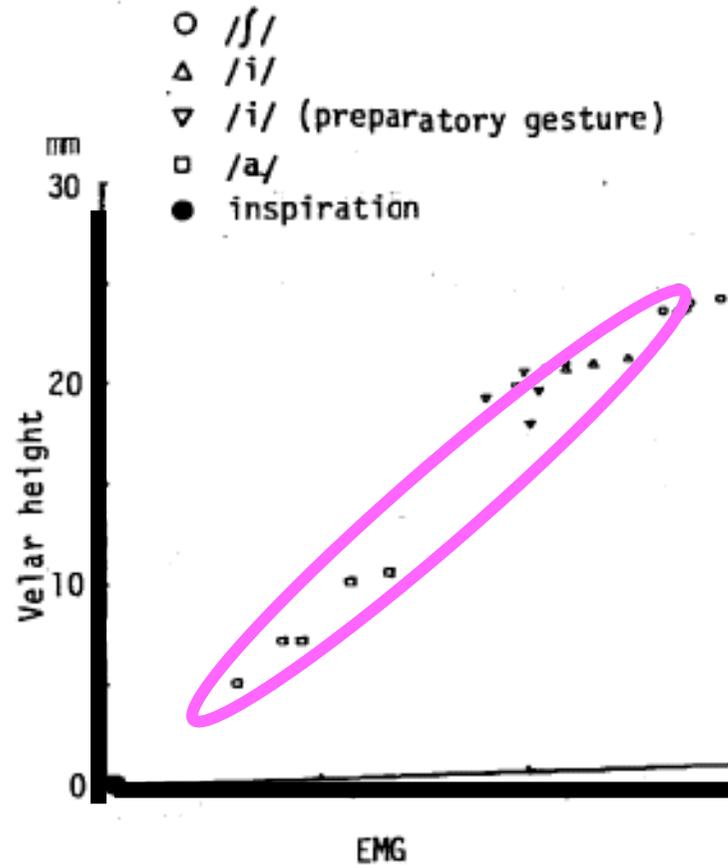
a) Levator palatini versus ouverture du port

- Peu de données
- Donc précieuses
- Relations semblent, d'après ces données limitées, linéaires.
- Ouf!



76

Hauteur du voile



Bell-Berti

Fig. 2 The relationship between the integrated EMG and velar height (Y-coordinate) for steady-state condition.

De l'EMG au mouvement du voile du palais

- Il y a d'autres muscles que le LP
- Des stratégies différentes selon les locuteurs (Henderson)

76

- Le palatoglossus peut être actif dans certains cas (focus) et aussi pour les voyelles postérieures

3) **Mouvement du voile du palais et hauteur**

1) De l'EMG à l'ouverture du port

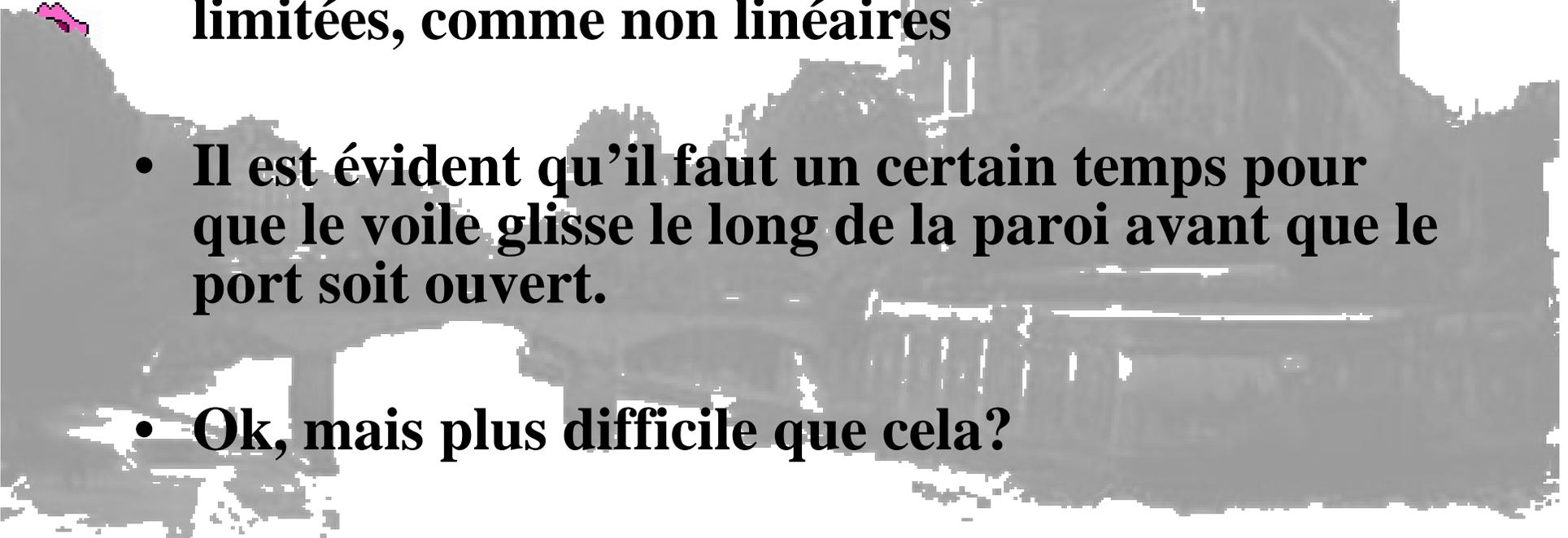
2) **Du mouvement du voile à l'ouverture du port**

3) Hauteur intrinsèque du voile

4) Remarque sur les pauses

Du mouvement du voile du palais à l'ouverture du port

- quelques données
- À LPP compris
- Relations semblent, d'après ces données limitées, comme non linéaires
- Il est évident qu'il faut un certain temps pour que le voile glisse le long de la paroi avant que le port soit ouvert.
- Ok, mais plus difficile que cela?



Le mouvement d'abaissement précède l'ouverture ?

- Oui !
- Sans conteste
- Voix normales

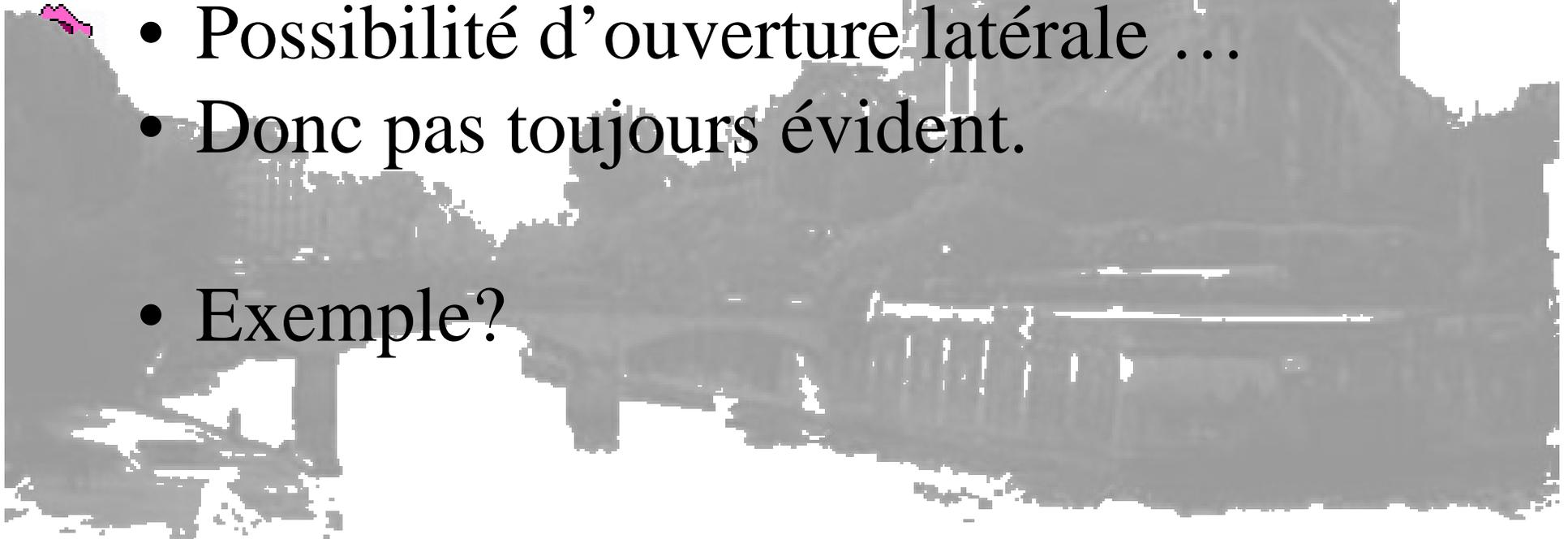
76



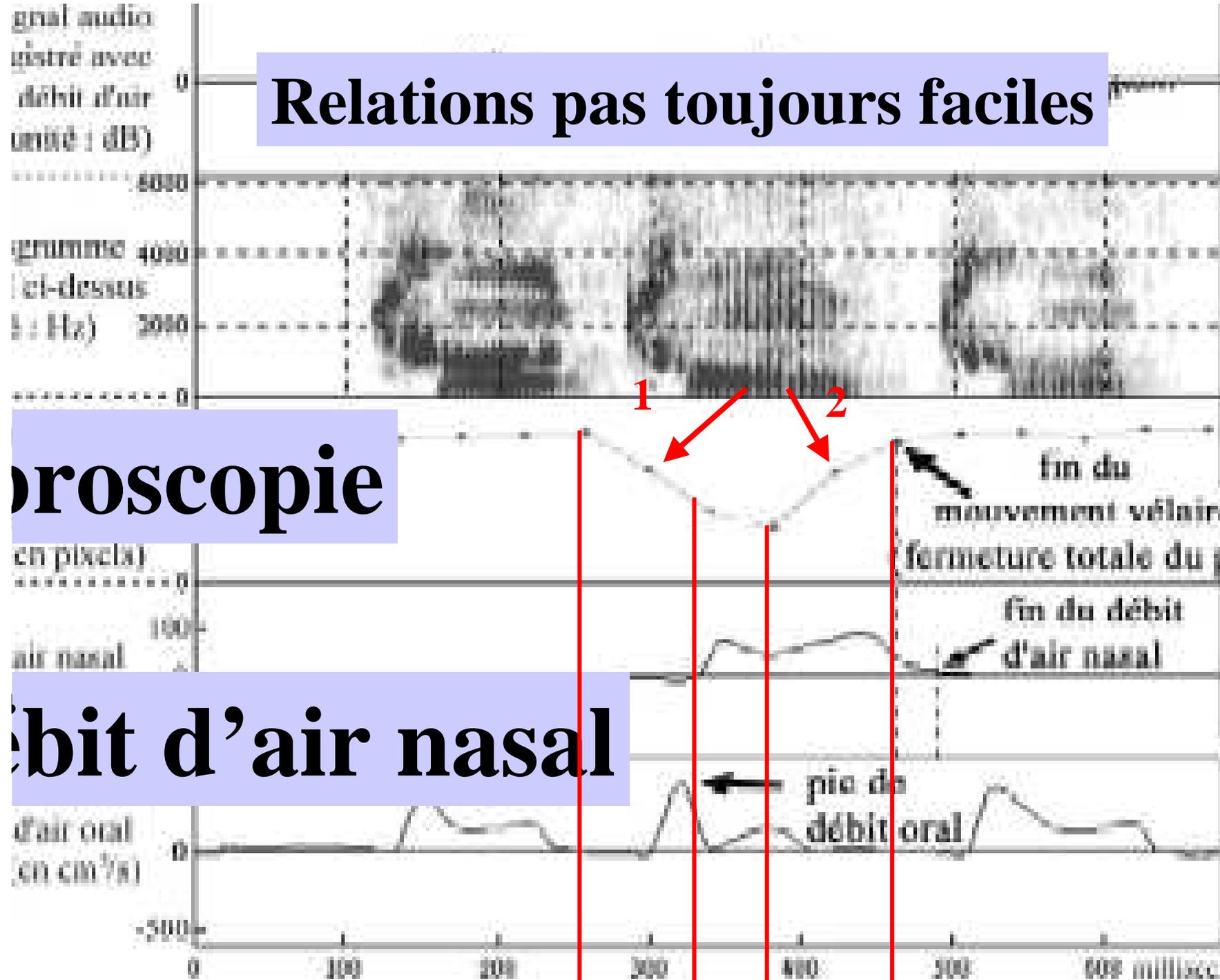
A hauteur du voile du palais égale,
port ouvert de la même façon?

- Grosso modo, oui
- Mais
- Possibilité d'ouverture latérale ...
- Donc pas toujours évident.
- Exemple?

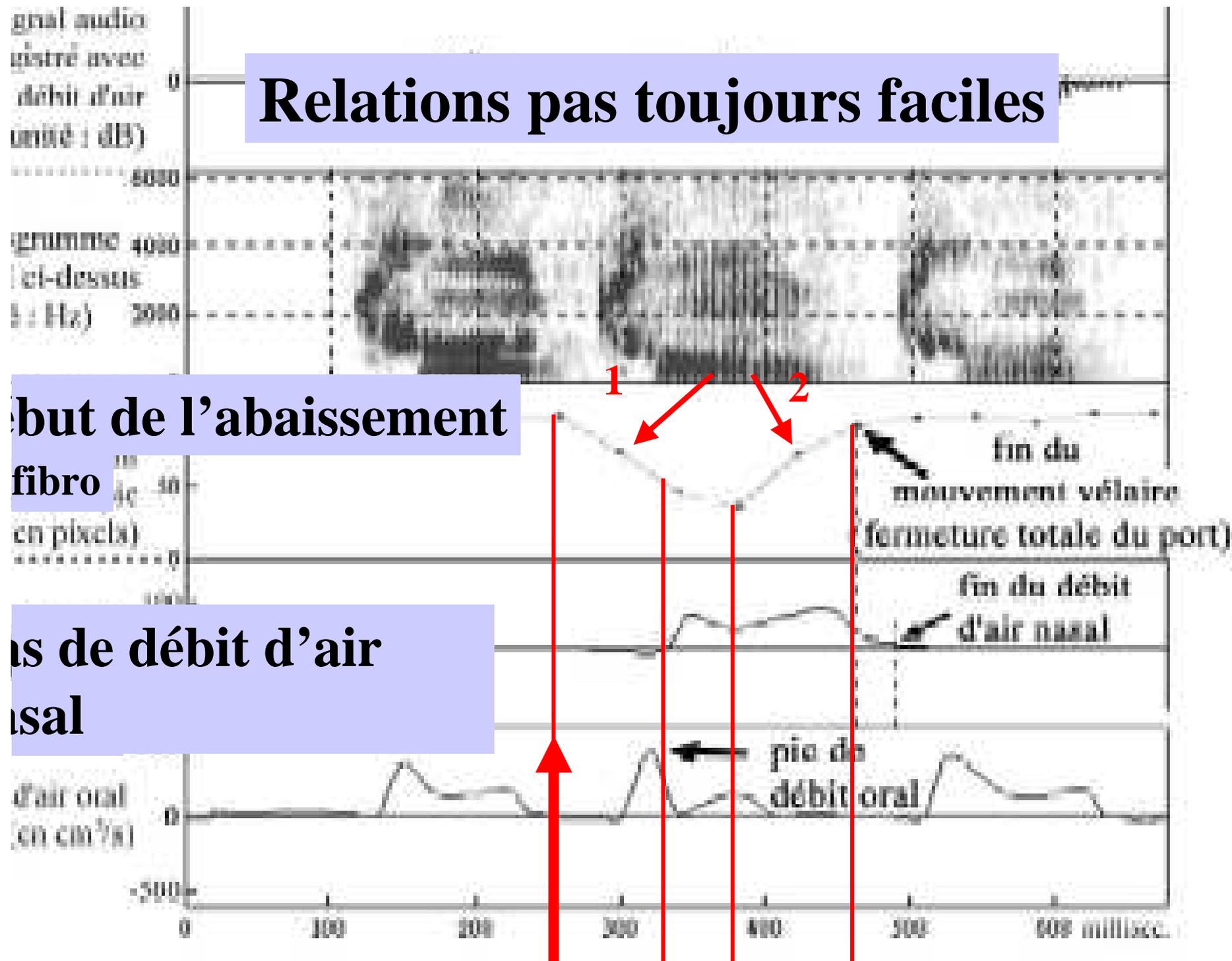
76



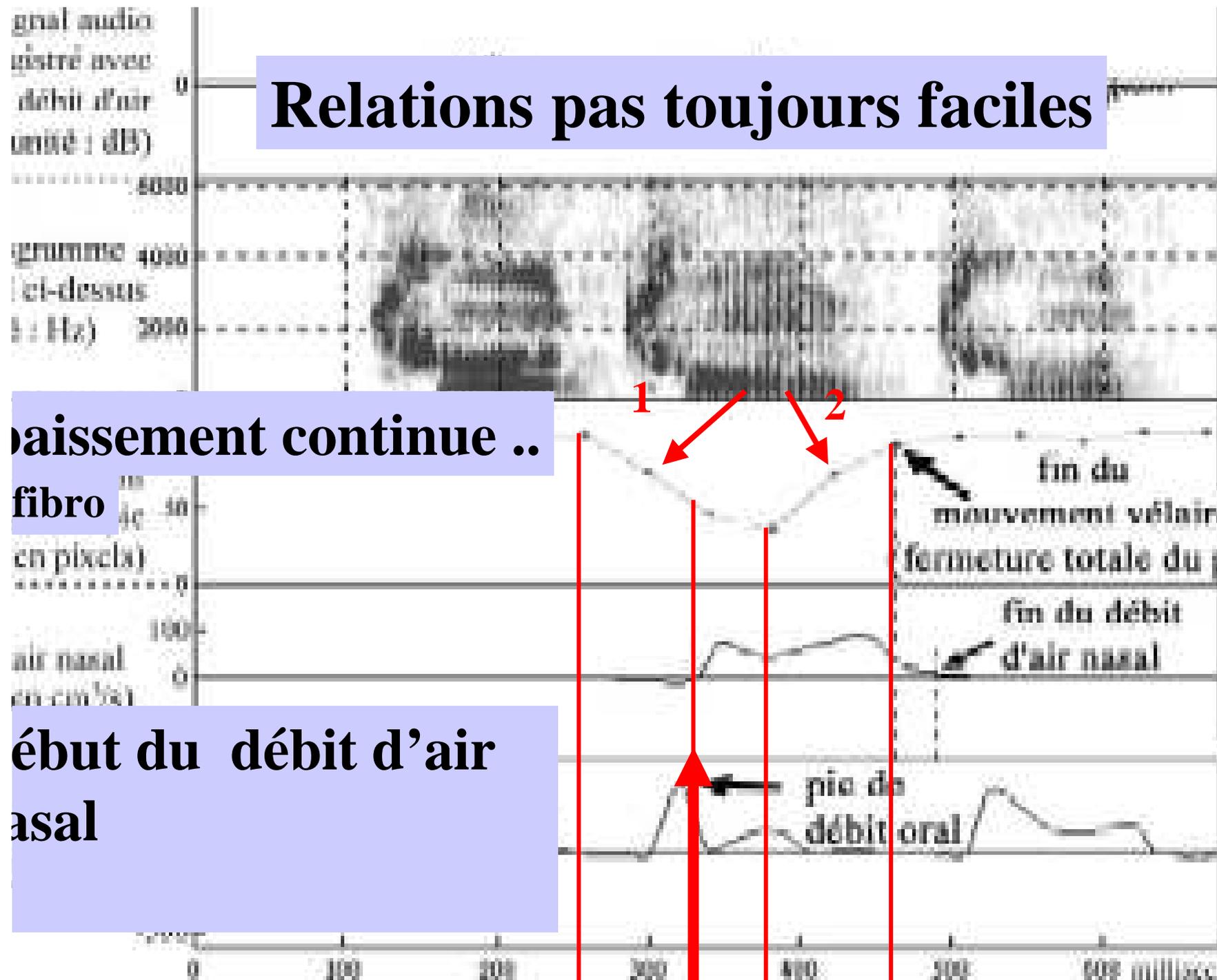
Relations pas toujours faciles



Relations pas toujours faciles



Relations pas toujours faciles



baissement continue ..

fibro

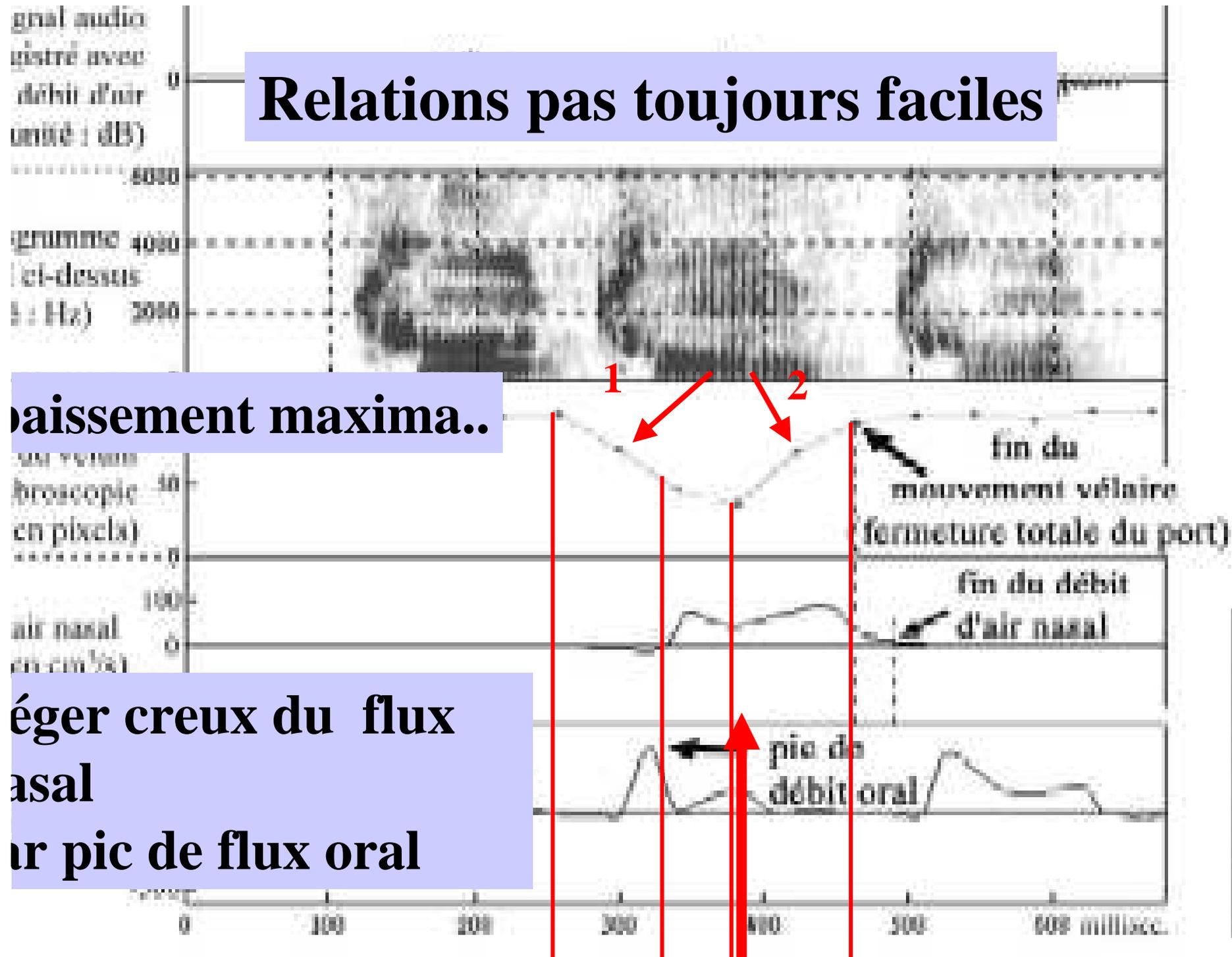
en pixels)

ébut du débit d'air
asal

Relations pas toujours faciles

abaissement maxima..

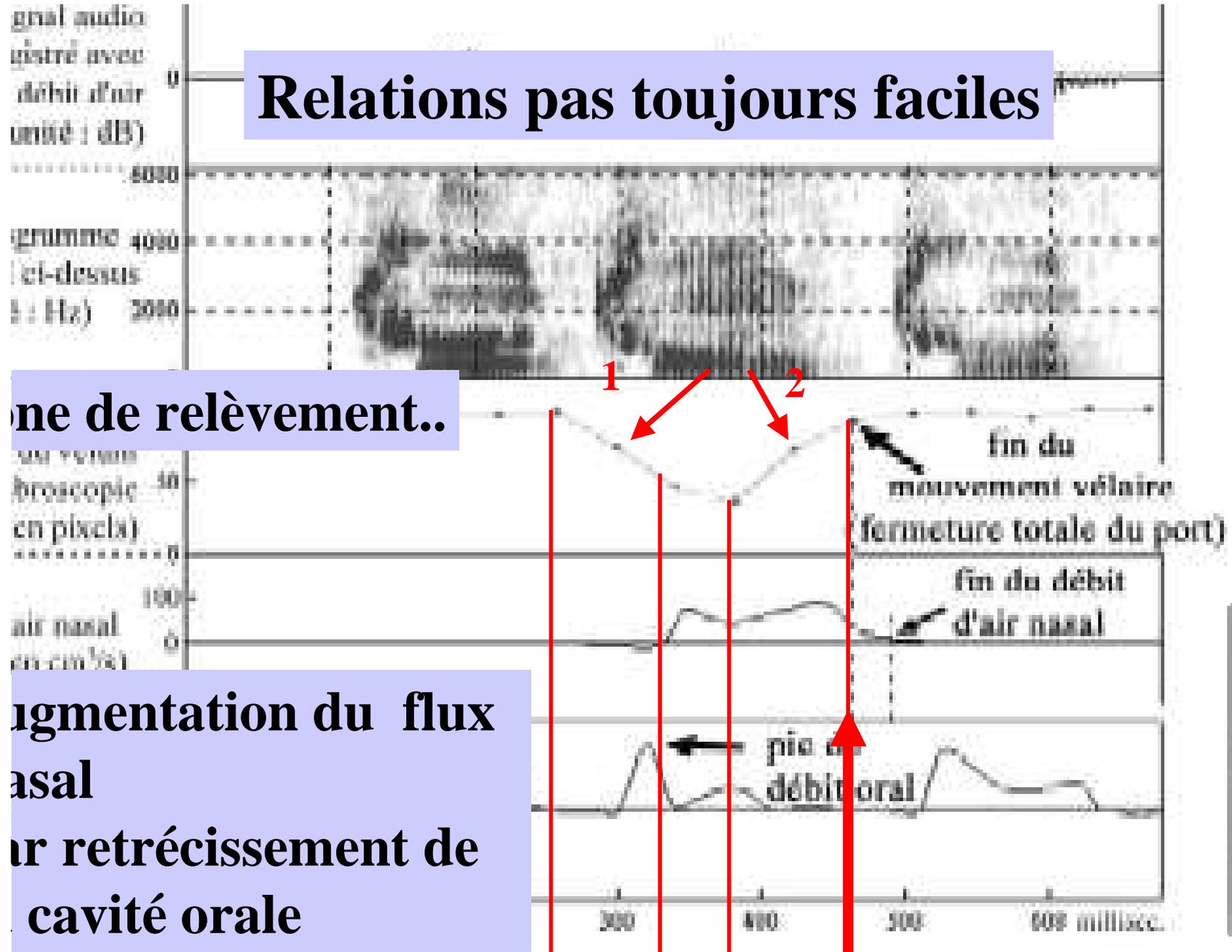
léger creux du flux nasal
pour pic de flux oral



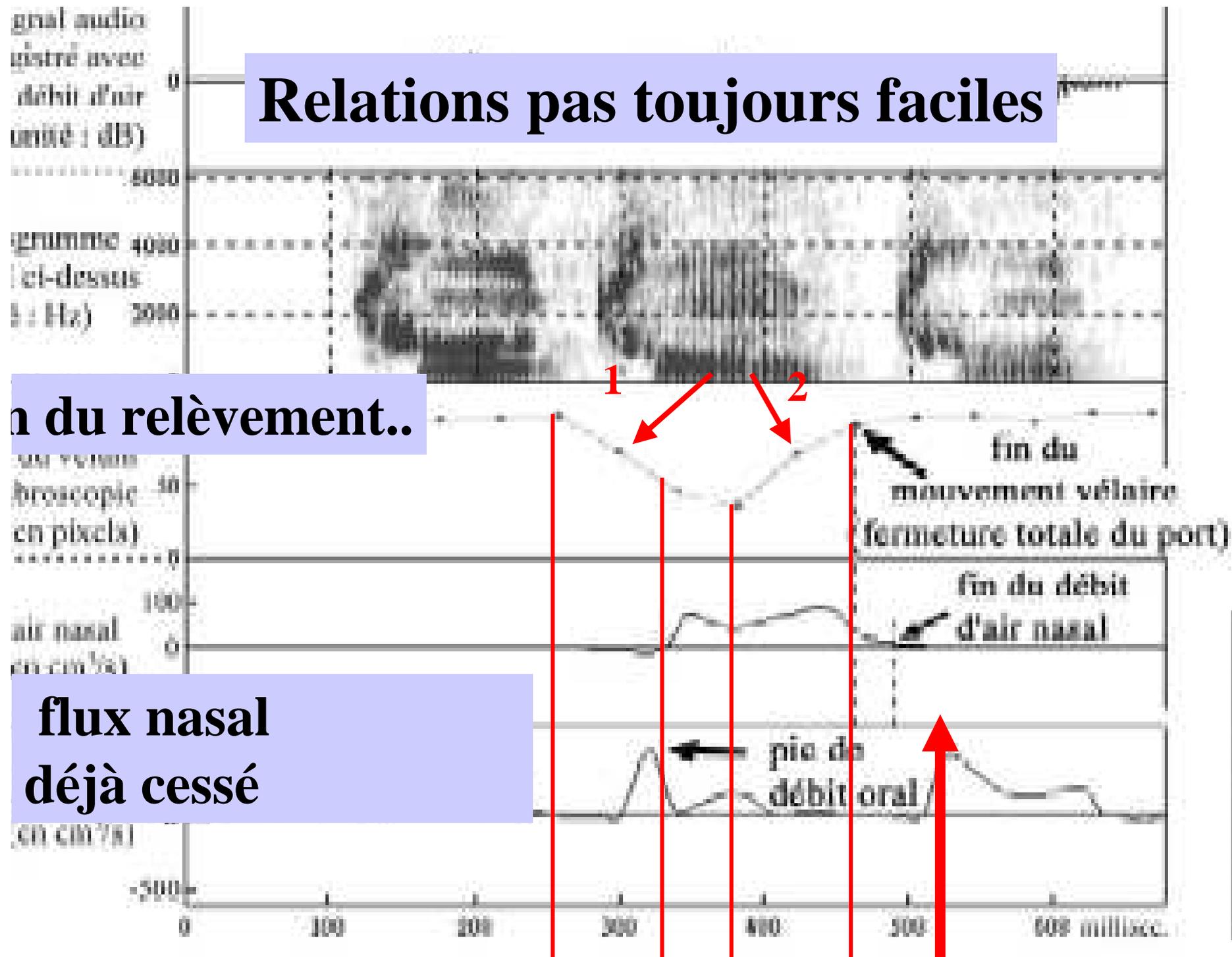
Relations pas toujours faciles

Zone de relèvement..

Augmentation du flux nasal
pour retrécissement de
cavité orale



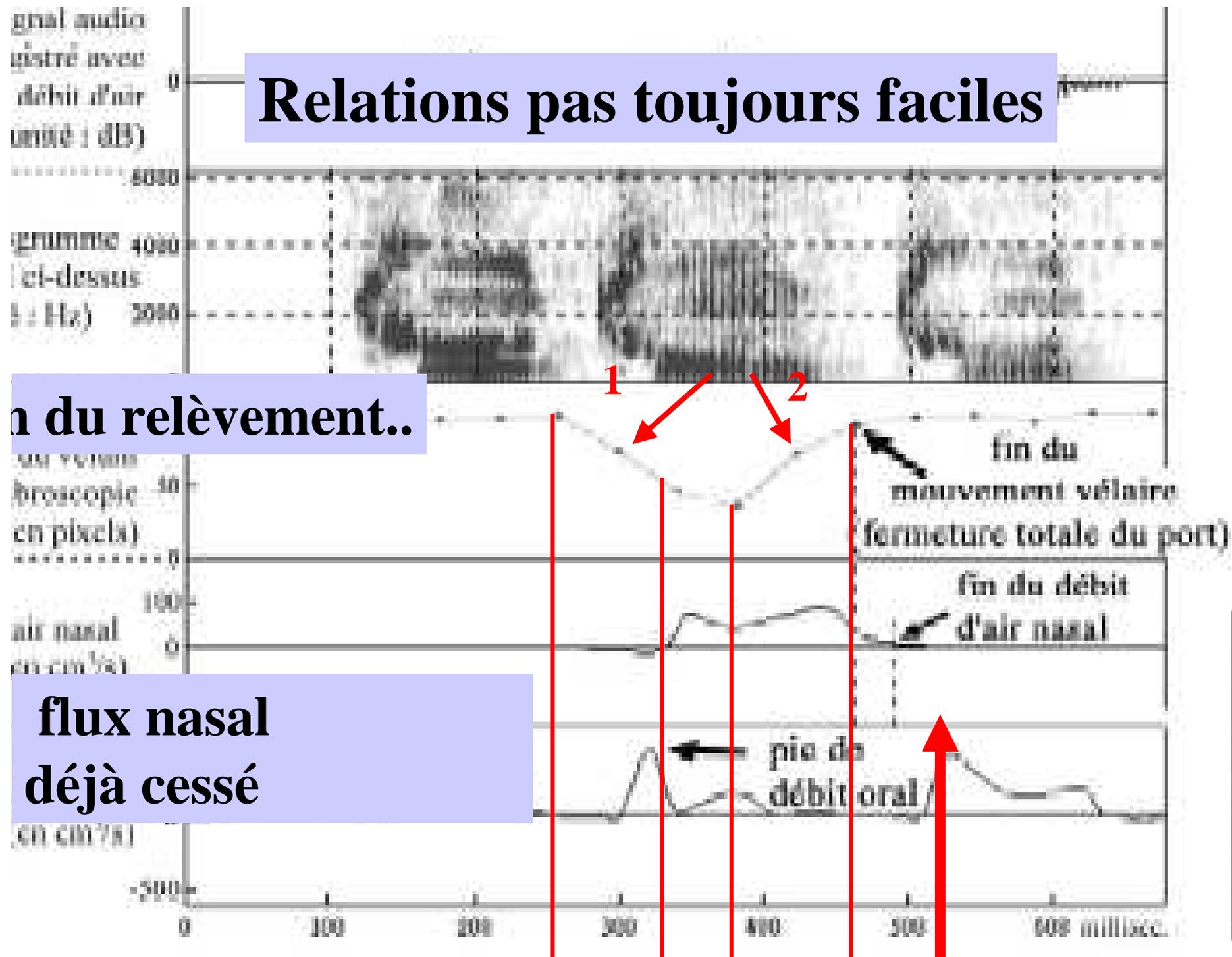
Relations pas toujours faciles



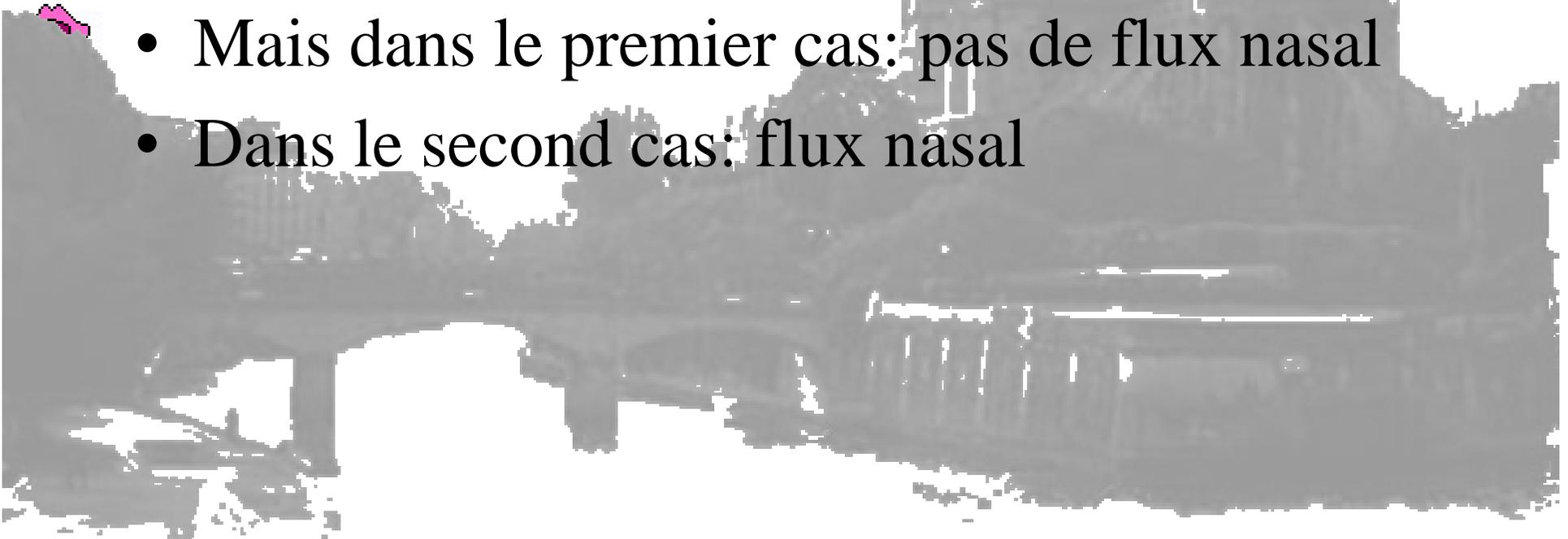
du relèvement..

flux nasal
déjà cessé

Relations pas toujours faciles



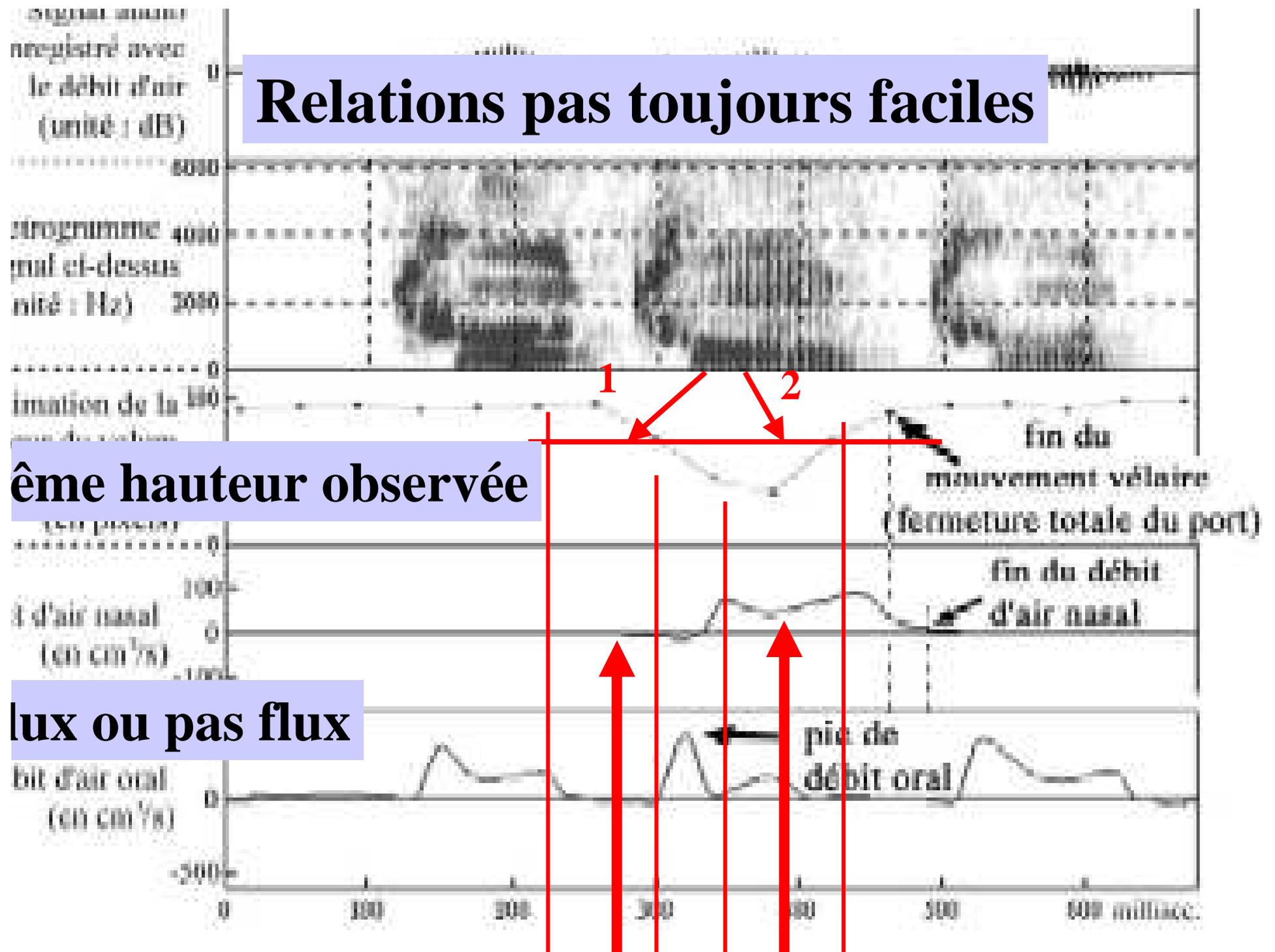
- Donc aux deux points marqués par les flèches rouges
- Même hauteur du voile observée
- Mais dans le premier cas: pas de flux nasal
- Dans le second cas: flux nasal



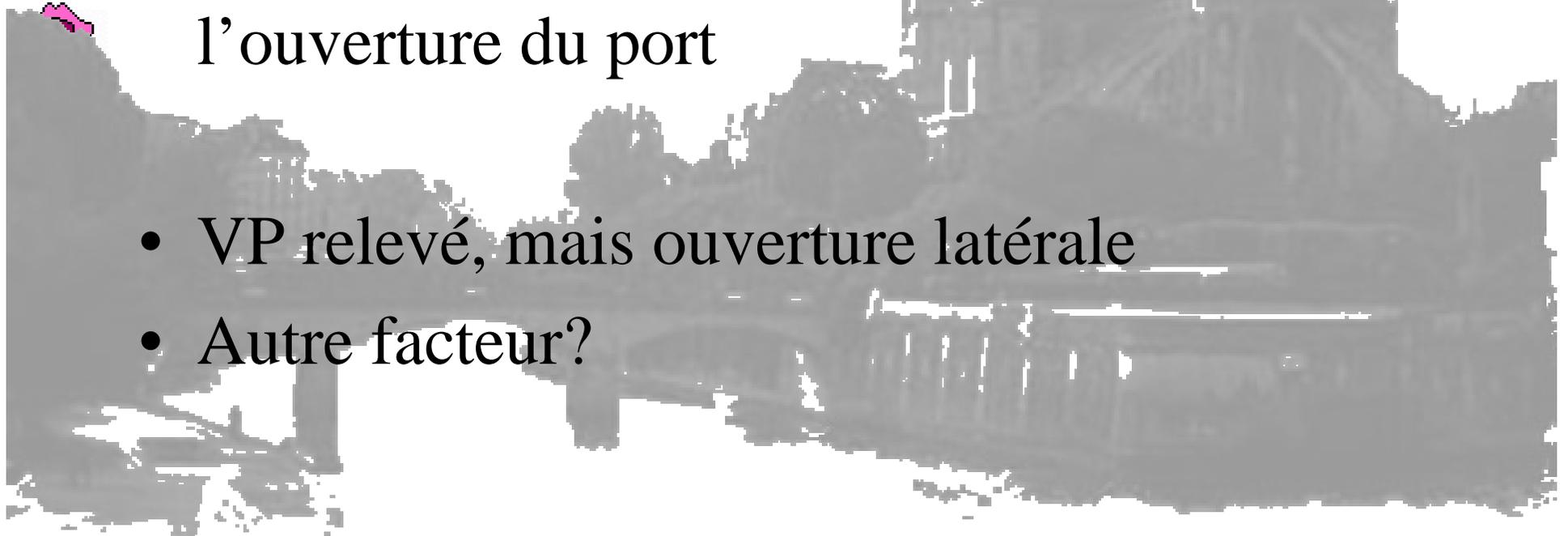
De la hauteur de voile du palais à l'ouverture du port vélo-pharyngé

1. Liés, oui, relation logique
2. Mais pas une relation directe
3. Donc pas de lapsus !
4. La plupart des articles font des lapsus, même chez les pros ...

Relations pas toujours faciles



- Il y a une possibilité d'ouverture latérale
- Voir, ICP, mesures IRM, 3D, Badin
- D'où utilité des mesures 3D pour mesurer l'ouverture du port
- VP relevé, mais ouverture latérale
- Autre facteur?



3) **Mouvement du voile du palais et hauteur**

- 1) De l'EMG à l'ouverture du port
- 2) Du mouvement du voile à l'ouverture du port
- 3) **Hauteur intrinsèque du voile**
- 4) Remarque sur les pauses

Hauteur intrinsèque du voile

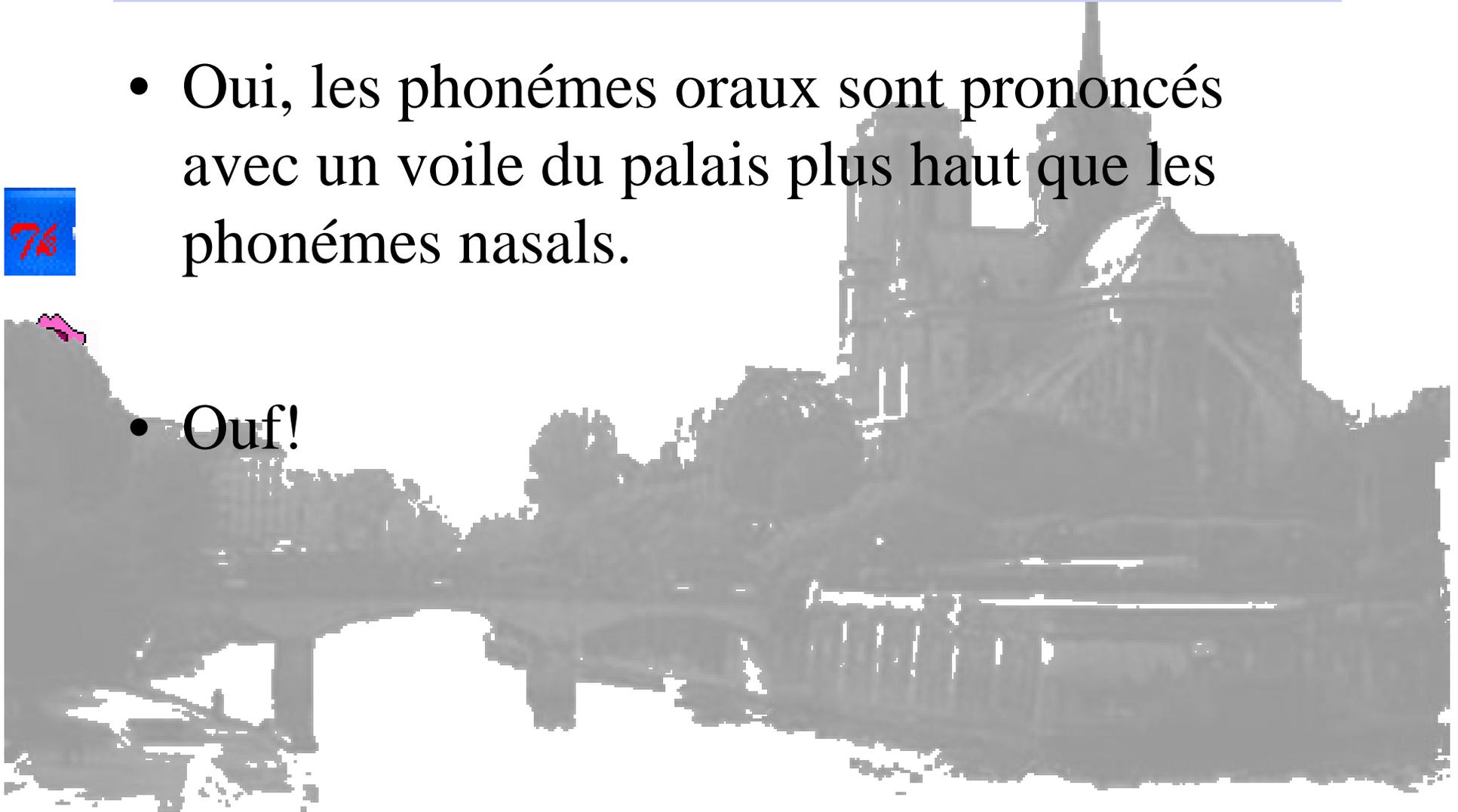
- **Toutes les consonnes et voyelles orales n'ont pas la même hauteur**
- **Toutes les consonnes et voyelles nasales n'ont pas la même hauteur**

1) Différences orales/nasales

- Oui, les phonèmes oraux sont prononcés avec un voile du palais plus haut que les phonèmes nasals.

76

- Ouf!



2) Différences voyelles nasales et consonnes nasales

- Le voile du palais est plus bas durant les voyelles nasales que durant les consonnes nasales (Benguereel 1975).

76

- Pourquoi?
- On ne sait pas vraiment pourquoi.

3) Différences entre voyelles et consonnes nasales entre elles

- Différences intrinsèques
- entre les voyelles orales entre elles et
- les consonnes orales entre elles



Différences intrinsèques

- **Voyelles**

- /i/ > /a/

- /ae/

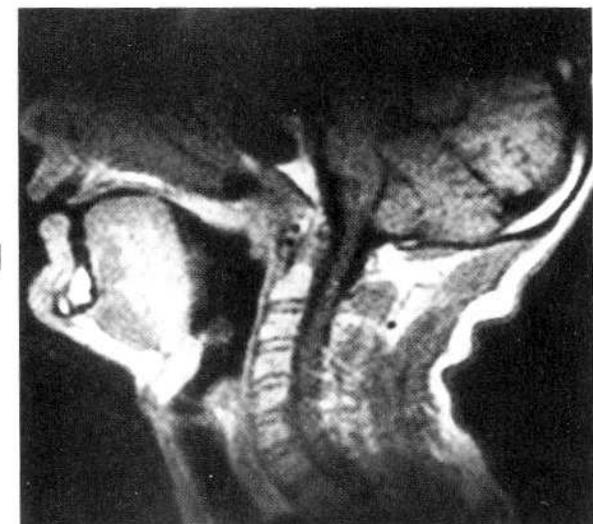
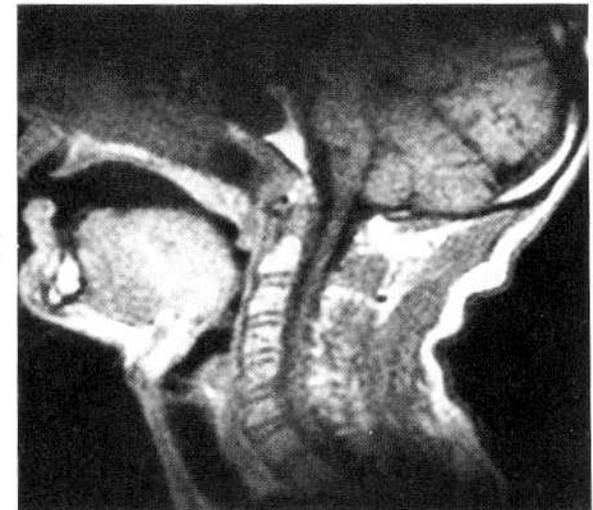
- Voyelles nasales

- **consonnes**

- Sourdes > sonores [a]

- Occl > fric > s
sonantes

- consonnes nasales [i]



Kuenzel

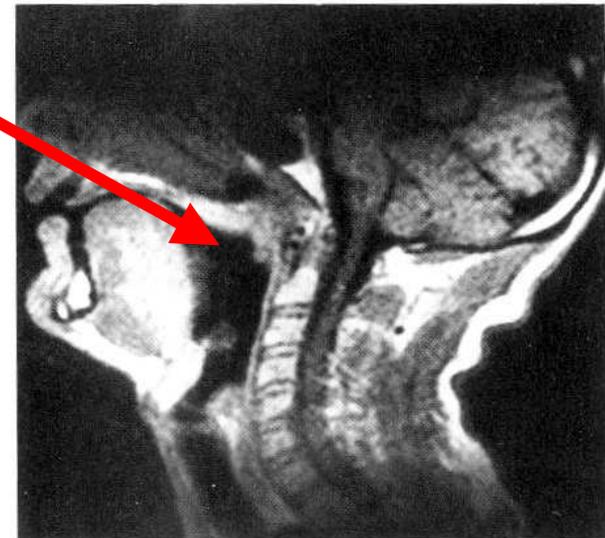
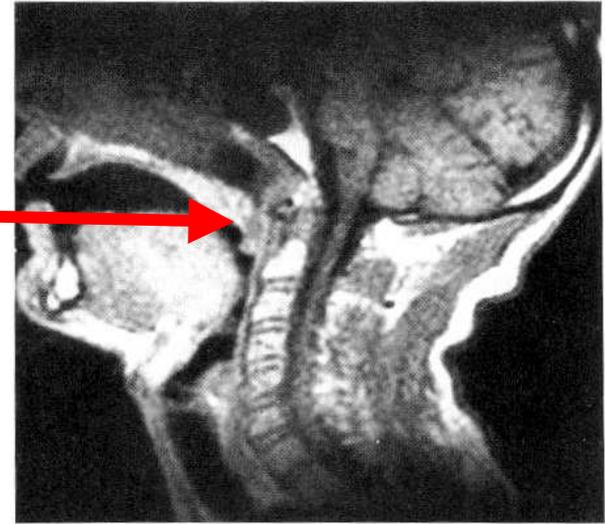
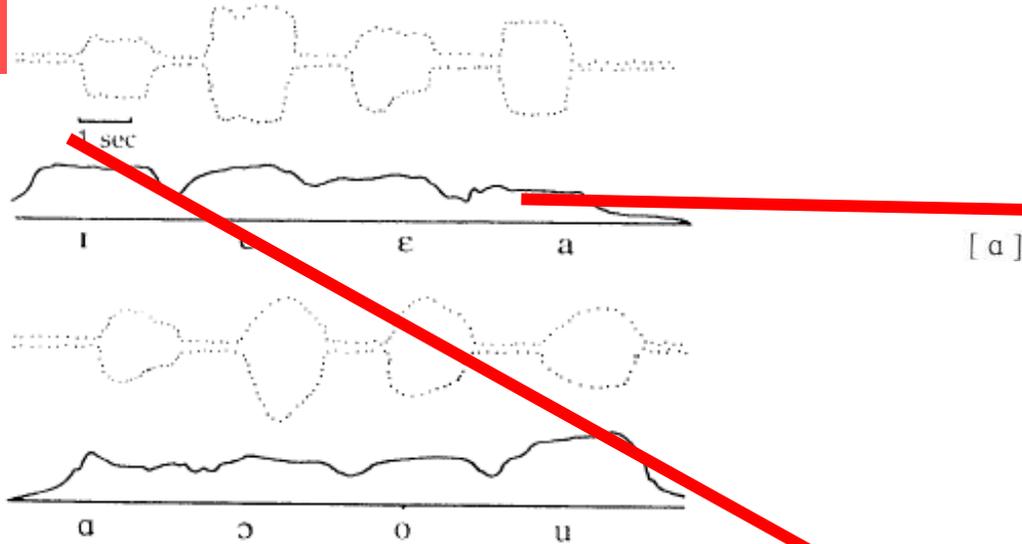
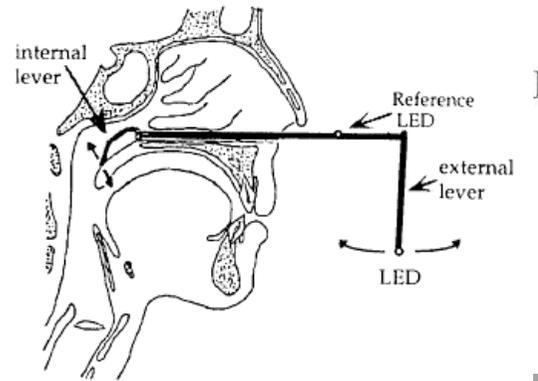


Figure 16. Data on velum height for different vowels obtained with the Velograph. Adapted from Kuenzel (1977) with permission.

Vélographe
Rayons-X
(EMG)



Hauteur intrinsèque

Différences intrinsèques voyelles?

- VP est plus haut pour les voyelles fermées et plus bas pour les voyelles ouvertes (Clumeck, *Nasalfest*, 136).
- Cette différence est reliée du moins en partie à une activité différence du levator palatini : il est plus actif durant les voyelles fermées que durant les voyelles ouvertes. Cette différence est due aussi à l'activité du palato-glossus : il est plus actif durant les voyelles postérieures que durant les voyelles antérieures, et l'activité du palatoglossus résulte en un abaissement du voile du palais.

Différences entre voyelles et consonnes

- différences entre voyelles et consonnes nasales
- Différences intrinsèques entre les voyelles orales entre elles et les consonnes orales entre elles
 - Toutes les mesures le confirment
 - Neutralisation en parole continue (autres facteurs plus importants)



Attention!

- relation inverse (grosso modo) avec le débit d'air nasal dans certains cas

76

– Plus fermé > plus d'impédance > plus de flux

- Attention à ce nouveau piège ...

3) **Mouvement du voile du palais et hauteur**

- 1) De l'EMG à l'ouverture du port
- 2) Du mouvement du voile à l'ouverture du port
- 3) Hauteur intrinsèque du voile
- 4) **Remarque sur les pauses**

Remarque sur le caractère « nasal »
articulatoirement de la pause et du
silence

- -

76



Silence = nasal

- Un fait pas toujours connu mais que je connais

76

- Données Strasbourg

- Le velum ne se relève pas enfin de phrase
- Dans nV + pause
- Et tendance à baisser dans cV + pause

Pause [+ nasal]

- Consonne nasale + voyelle orale + **pause**

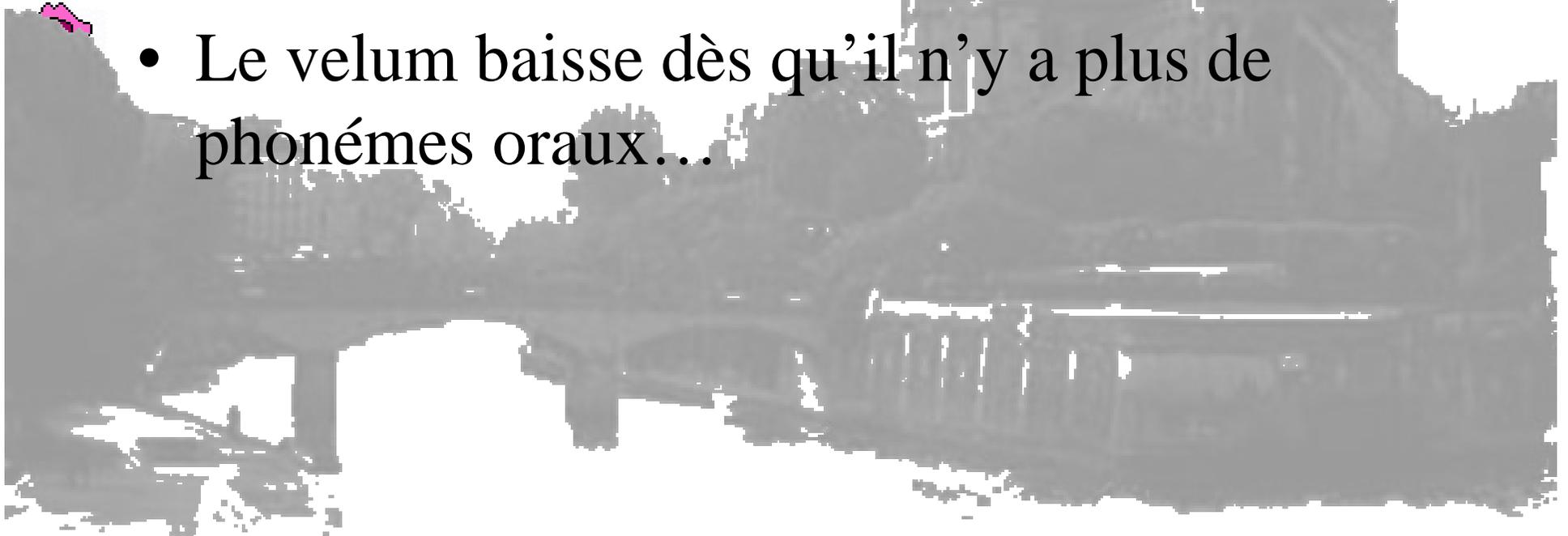
76

• =

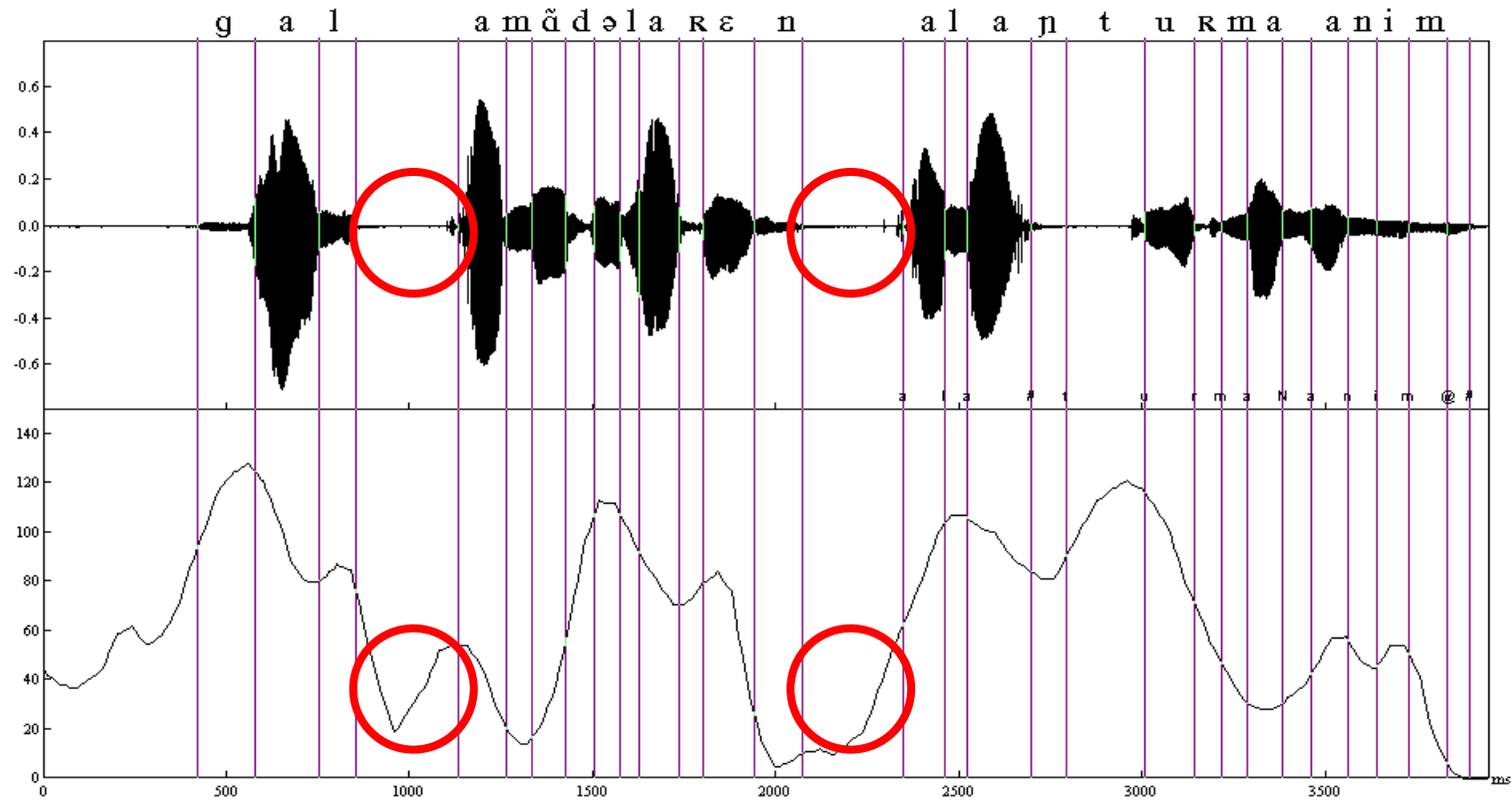
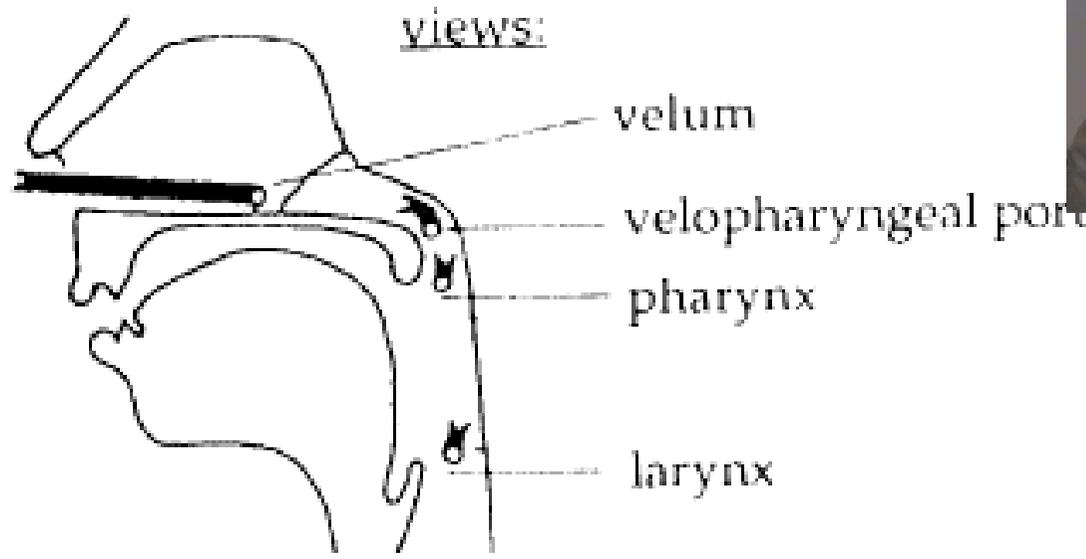
- consonne nasale + voyelle orale + **consonne nasale**

Exemple ...?

- Angélique Amelot
- Gal amant de la reine alla tour magnanime
- Le velum baisse dès qu'il n'y a plus de phonèmes oraux...



fibroscope



- Encore une erreur classique ...

76



Attention à la confusion anticipation de la pause avec préservation de la nasalité !

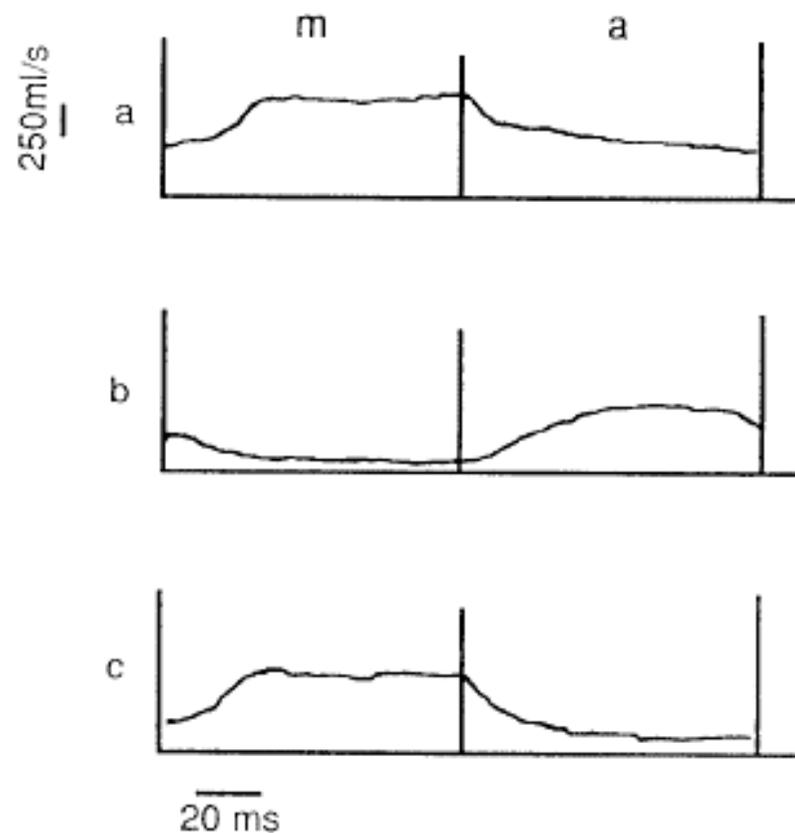


Figure 17. Examples of (a) raw nasal airflow, (b) raw oral airflow, and (c) proportional nasal airflow for one repetition of /ma/, as produced by a speaker of Akan. The vertical lines mark acoustic segment boundaries, based on spectrograms and waveform displays of a simultaneous audio signal.



I) INTRODUCTION

2) LA CHAÎNE DES MESURES

76

- 1) phonologie: binaire
- 2) Commandes musculaires (EMG)
- 3) Mouvement du voile du palais et hauteur
- 4) **Ouverture du port vélopharyngé**

Port vélo-pharyngé

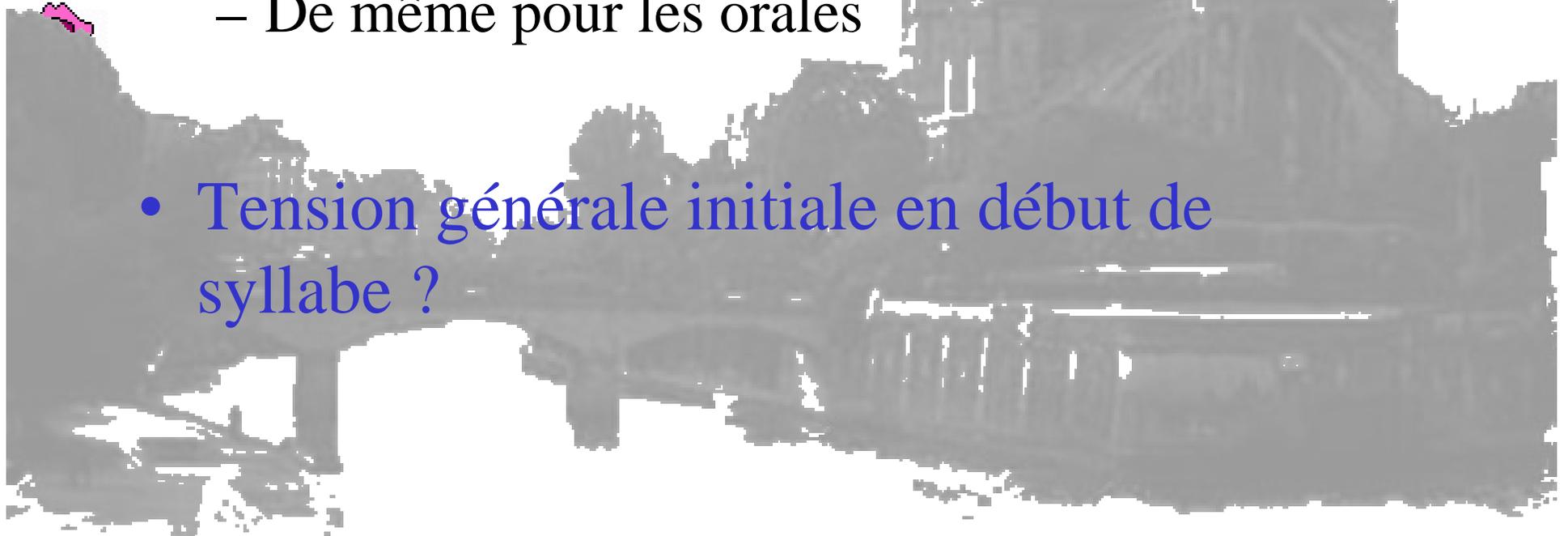
- **VP relevé, mais ouverture latérale du port**
- **(IRM, Badin)**
- **Nasographe et IRM: mesure les plus directes de l'ouverture du port**
 - **Nasographe**
 - **Ohala**
 - **Maeda, Amelot, Basset (voir conférence)**
 - **Génial!**
 - **IRM**
 - **Génial aussi**
 - **Mais pas parole continue**



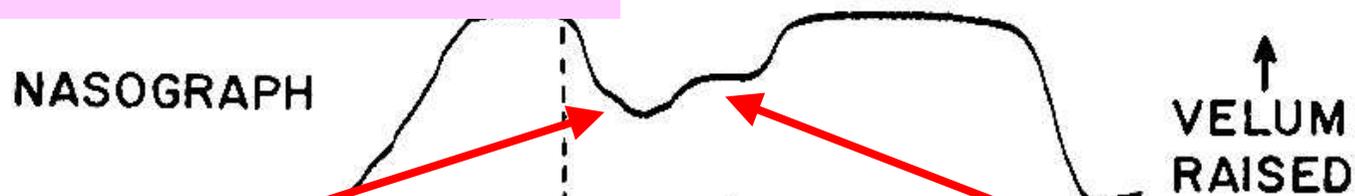
Le nasographe de Ohala

- A montré que
 - Plus ouvert durant les nasales en coda qu'à l'attaque
 - De même pour les orales
- Tension générale initiale en début de syllabe ?

76



1) Nasographe Ohala



attaque

AUDIO

coda

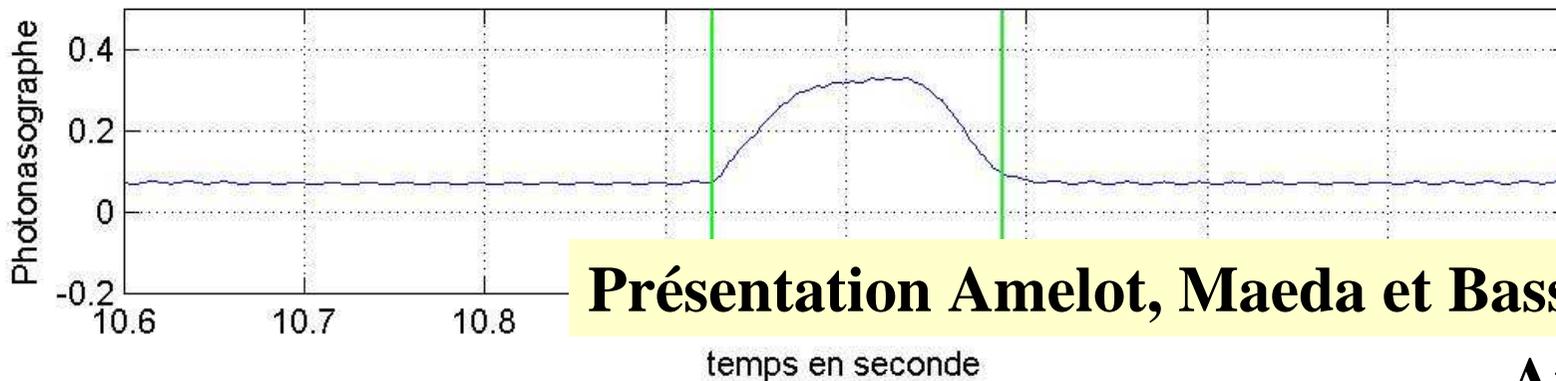
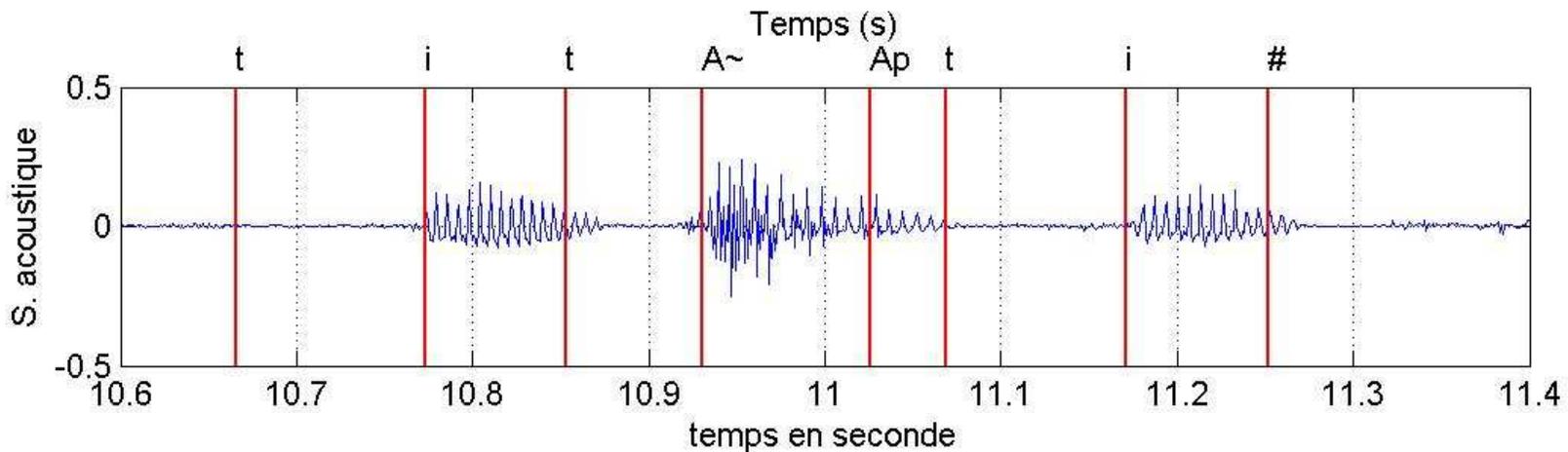
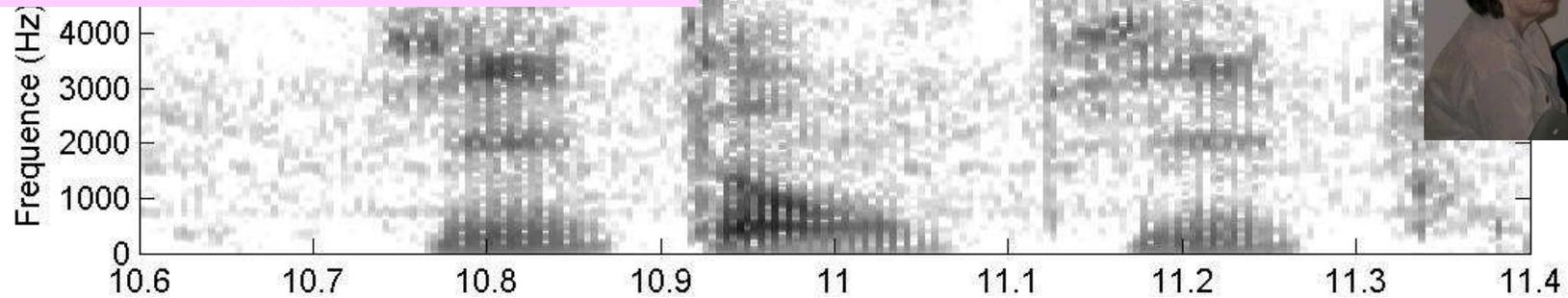
NASOGRAPH

"PA MADE THAT"

AUDIO

du mouvement du voile du palais à l'ouverture du port

2) Nasographe LPP



Présentation Amelot, Maeda et Basset

Amelot

Pla...

Play view

- Donc voir la conférence de demain
- Sur le nasographe LPP et sur le français.

76

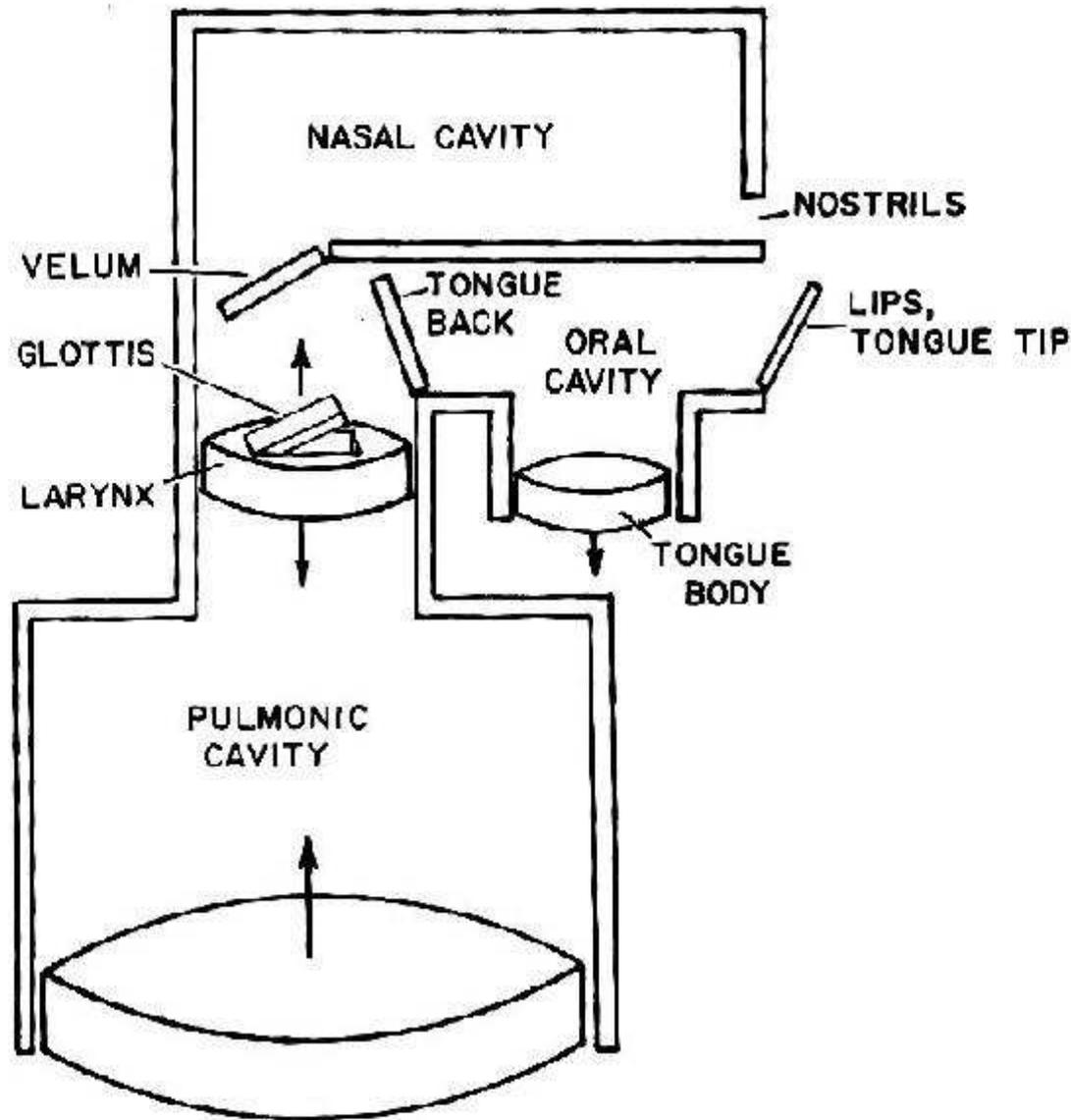


I) INTRODUCTION

2) LA CHAÎNE DES MESURES

- 1) phonologie: binaire
- 2) Commandes musculaires (EMG)
- 3) Mouvement du voile du palais et hauteur
- 4) Ouverture du port vélopharyngé

5) aérodynamique



Schematic representation of the vocal tract as a mechanism for varying air pressure and air flow.

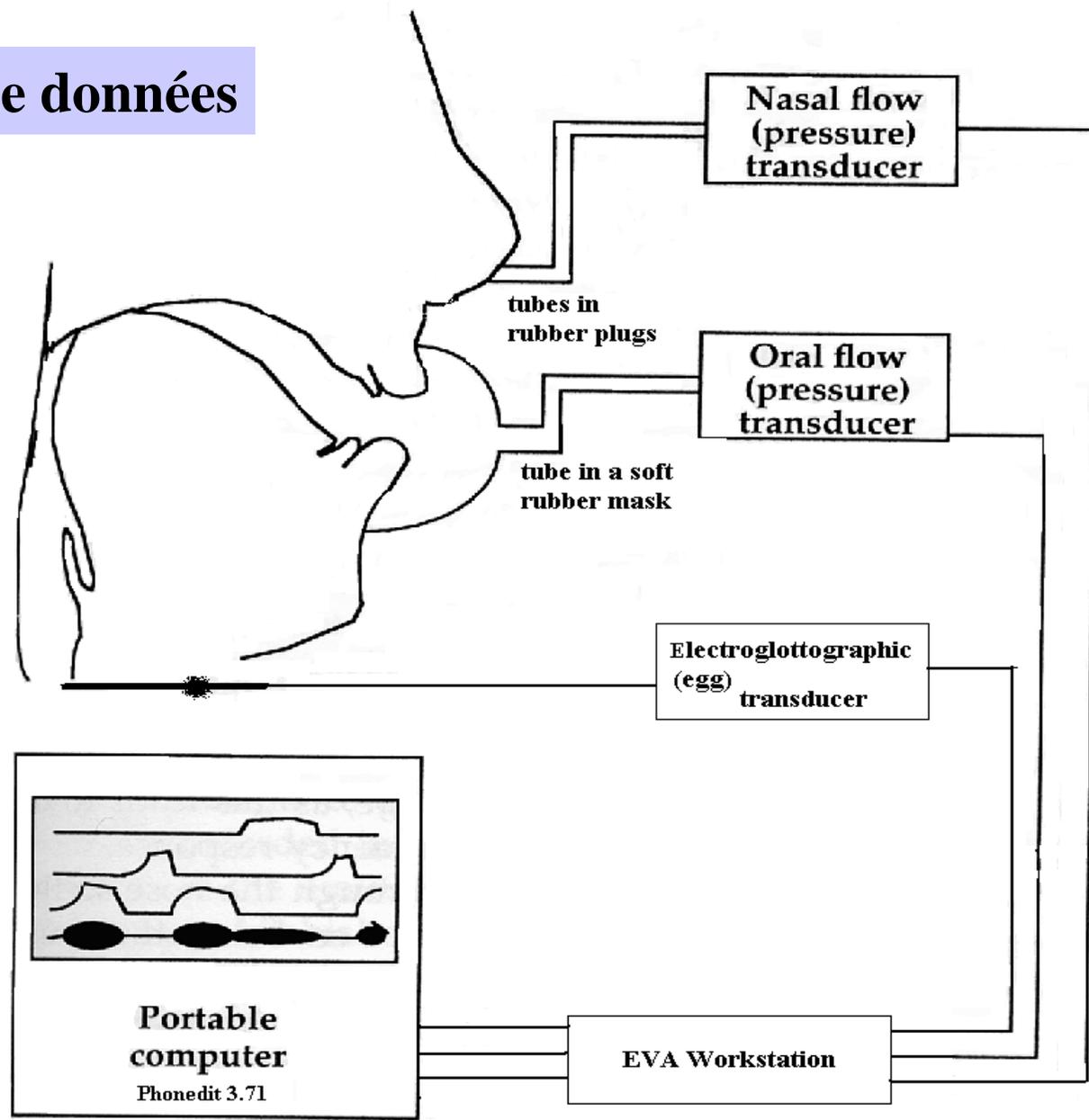
Direction of arrows indicate typical direction of movement of piston-like structure.

aérodynamique

Mesures très indirectes du comportement vélaire car beaucoup de facteurs, autres que le trait nasal entrent en compte

Extrêmement utiles cependant.

La prise de données



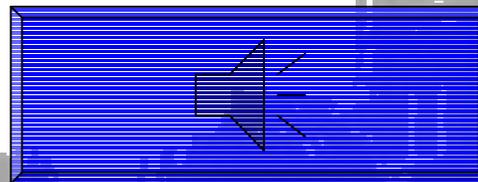
76



Problème de perception avec les prises de données aérodynamiques



- Spectre déformé, « nasalisé »



Basset et Amelot



Facteur 1

- l'ouverture du port vélopharyngé

76



le débit nasal est proportionnel à l'ouverture du port vélopharyngé?

- Oui ... ouf!
- Plus le port est ouvert, et plus l'air passe !
- Mais
- Mais quoi encore?
- Il dépend de bien d'autres facteurs ...

Facteur 2

- l'impédance

76



Il dépend aussi de l'impédance

- **Aie!**
- **Lorsque le conduit vocal se rétrécit à un endroit, le débit oral diminue et le débit nasal, toutes choses égales par ailleurs, augmente.**
- **Le rapport débit nasal/débit oral augmente donc , sans que le VP change nécessairement.**
- **Voyelles: /i/ > /a/**
- **Consonnes: occl > fric > autres**
- **Rapport entre les débits oral et nasal**

Mesure de l'impédance?

- Il faut calculer le débit et la pression orals.
- Pas évident
- Mais principe facile à comprendre



principe facile à comprendre ?

- Un grand pic de flux nasal correspond souvent à un mouvement de fermeture du conduit oral
- L'air a du mal à passer ...



Facteur 3

- l'état de la glotte

76



Il dépend aussi de l'état de la glotte ...

1. Glotte fermée, malgré un port grand ouvert : pas de flux possible!

76

- Glottales nasales sont des nasales articulatoires ...

2. Glotte grande ouverte (sourde): plus de flux

Facteur 4

- flux général

76



Et encore de la modification du flux général

- Ouille!
- Focus, accent ‘intensif’ > augmentation de la pression sous-glottique
- > augmentation de la pression intra-orale
- > augmentation de la différence de pression trans-port vélopharyngé
- Plus de flux, toutes choses égales par ailleurs

- **Conflits entre facteurs?**

La modification du flux général et conflit avec une plus grande fermeture des consonnes en position forte

76

- Début de mot
 - Plus tendu > plus fermé > LP plus tendu > moins de flux
 - Plus accentué > plus de flux > plus de flux

Mais encore? Il faut un flux nasal par produire une voyelle nasale?

- Absolument pas !
- Bouchez vous le nez et prononcez les voyelles nasales du français ...
- Le flux ne sort que par la bouche
- Les fosses nasales jouent dans ce le rôle de cavité orale dans le cas des consonnes nasales

Et il y a d'autres détails qui étonnent les débutants

- Il peut y avoir un flux nasal avec un port fermé
- Et même un flux négatif (air entrant)

76



Port fermé et flux nasal positif

- Le velum remonte le long de la paroi
- Compression de la masse d'air dans les fosses nasales
- La pression nasale augmente
- Différence de pression positive
- L'air sort par le nez

Port fermé et flux nasal négatif

- Le velum remonte le long de la paroi
- Compression de la masse d'air dans les fosses nasales
- La pression nasale augmente
- Différence de pression positive
- L'air sort par le nez



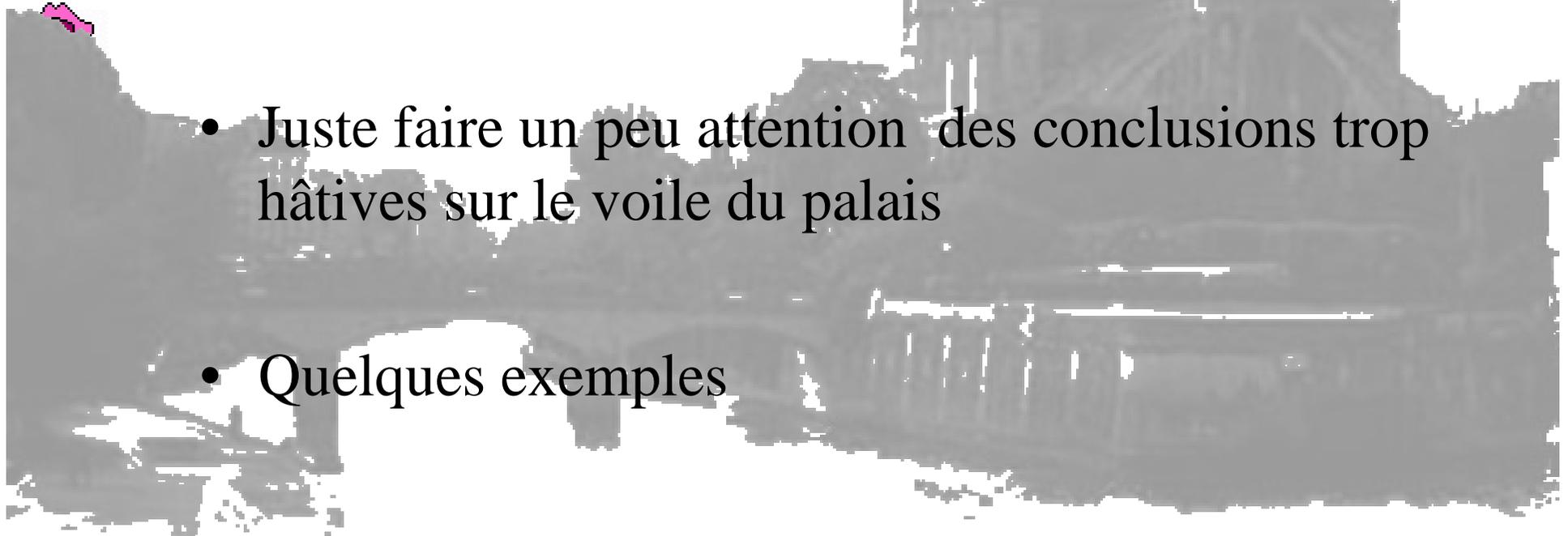
résumé

- Il est donc impossible de comparer l'ouverture du port vélopharyngé pour deux voyelles à partir du débit. Il est nécessaire d'exprimer les résultats en termes relatifs
- Il faut comparer des choses comparables, comme par exemple le degré de flux nasal durant la voyelle dans « bib » et « nin », en surveillant le débit oral, la pression intra-orale et F_0 .

Malgré tout cela, les données
aérodynamiques sont très
compréhensibles ...

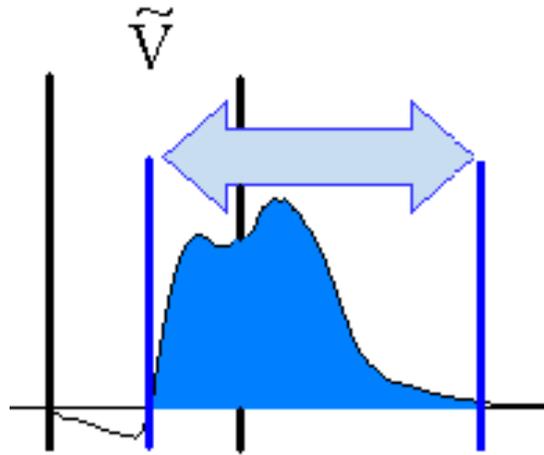


- Données très utiles, reproductibles
- Juste faire un peu attention des conclusions trop hâtives sur le voile du palais
- Quelques exemples

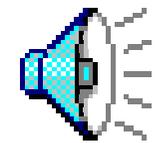
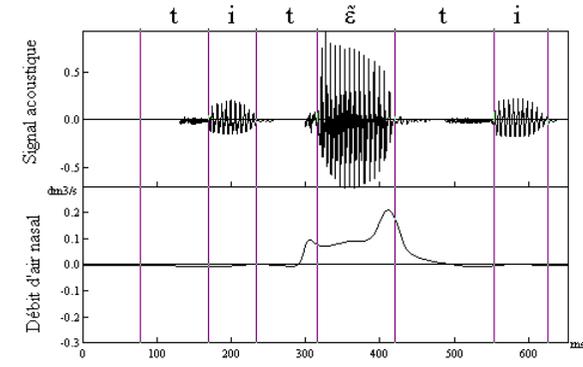


Résultats aérodynamiques (résultats)

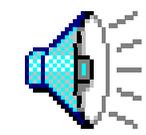
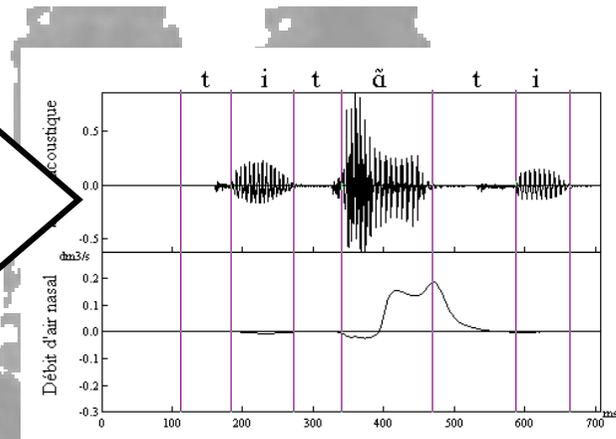
Mesures quantitatives : $C_1 V_1 C_1 V_n C_1 V_1$
n=216



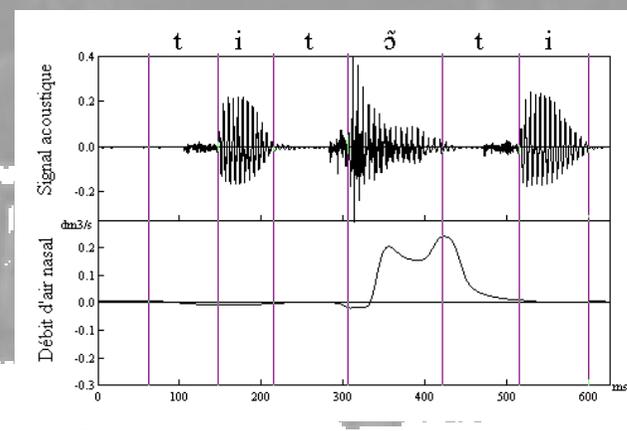
Débit d'air nasal supérieur pour le phonème [20]



112 cm³/s



68 cm³/s

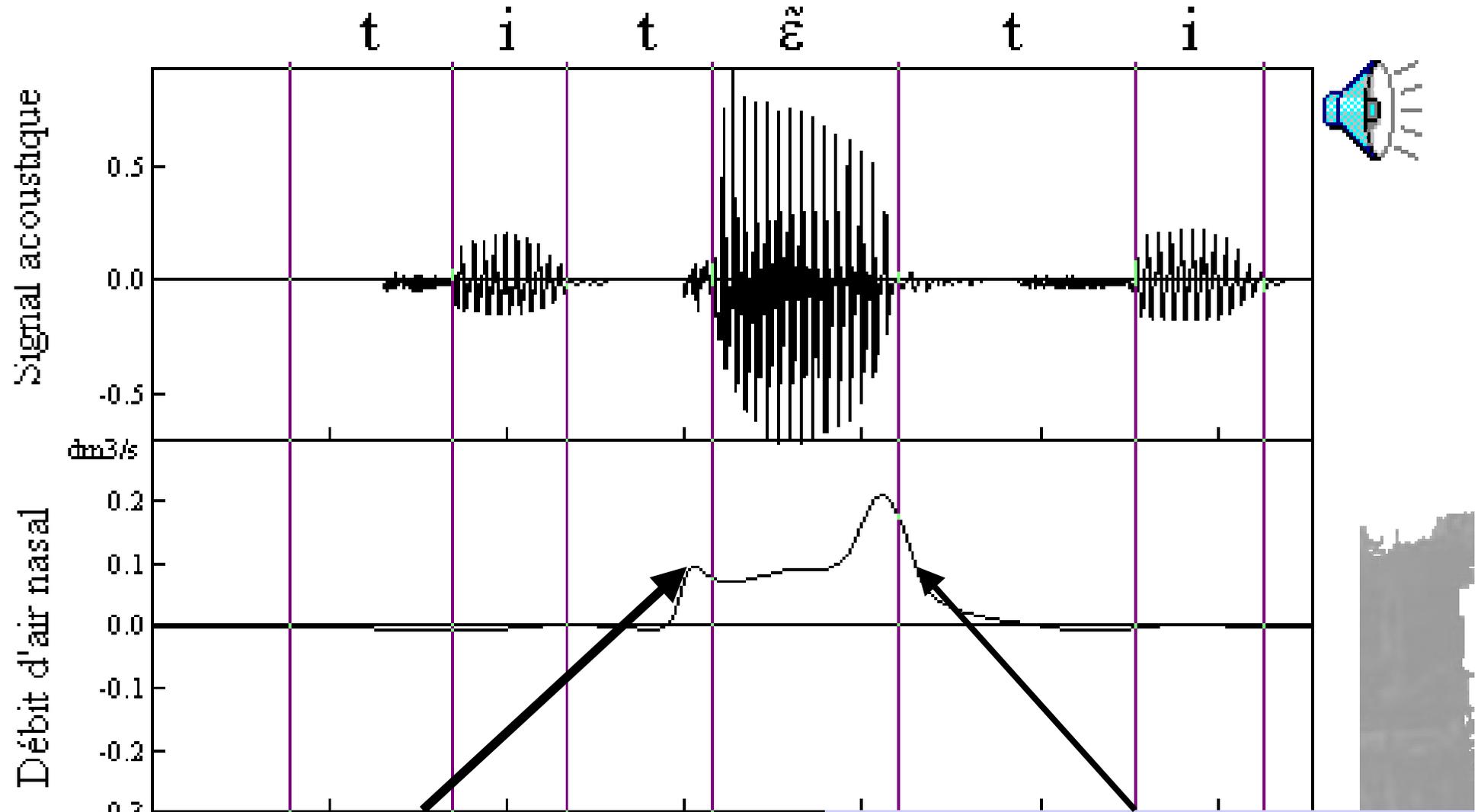


122 cm³/s

Données Amelot

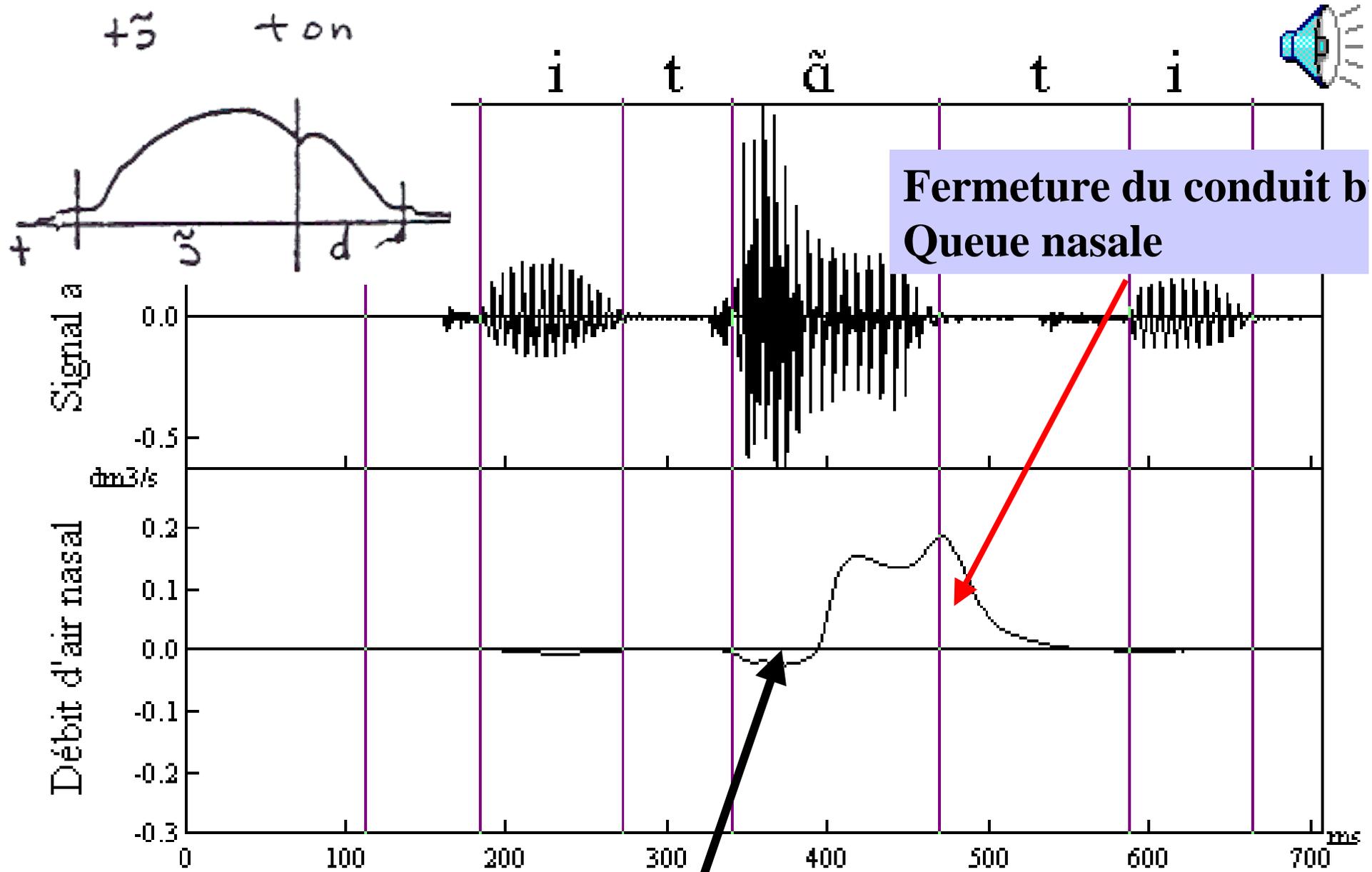


**Les deux pics de débits sont dus à la fermeture du conduit buccal
(mais le port est plus fermé)**



Nasalisation du relâchement

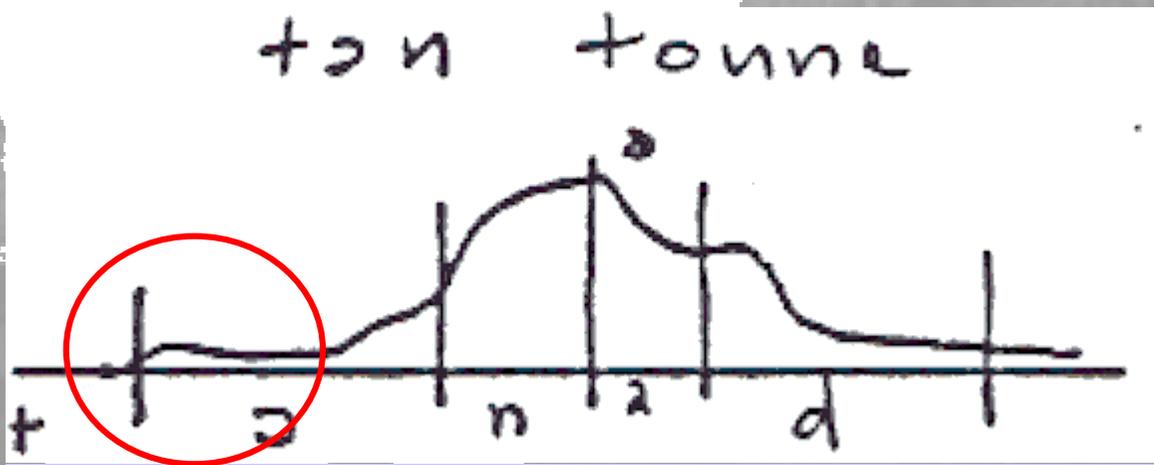
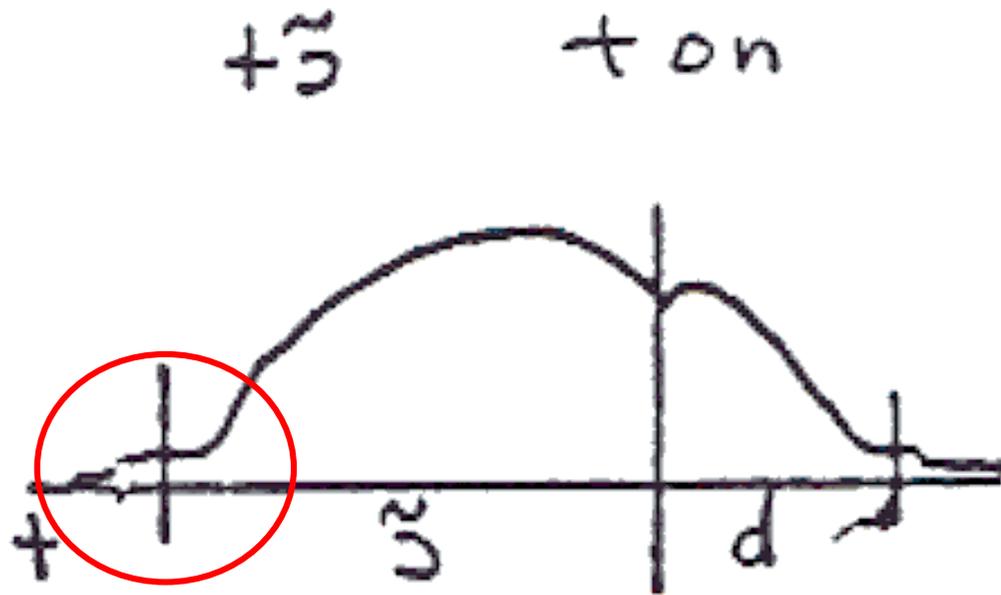
**Fermeture du conduit buccal:
Queue nasale**



Fermeture du conduit b
Queue nasale

Cas général: début de la voyelle nasale non nasalisé

76



Cohn

Cas général: début de la voyelle nasale non nasalisé

76

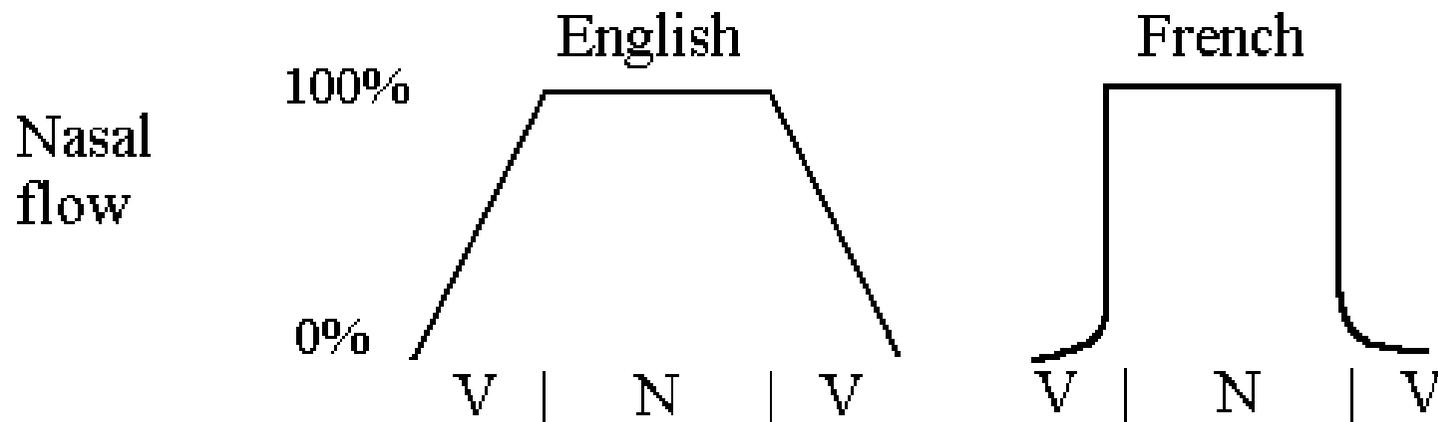
- Des études et des publications intéressantes
- Dont thèses soutenues:
 - Amelot
 - Delvaux, Rossato
 - Cohn
 - Des hypothèses intéressantes

Débit contextuel

- **différence entre l'anglais et le français (de Cohn)**

76

(3) Hypothetical phonetic output



I) INTRODUCTION

2) LA CHAÎNE DES MESURES

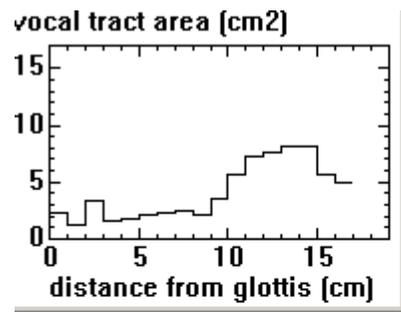
76

- 1) phonologie: binaire
- 2) Commandes musculaires (EMG)
- 3) Mouvement du voile du palais et hauteur
- 4) Ouverture du port vélopharyngé
- 5) Aérodynamique
- 6) acoustique

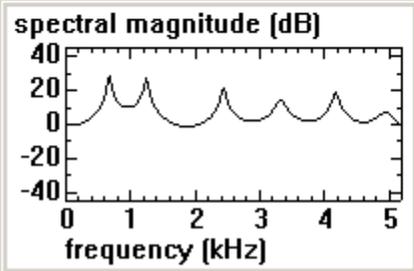
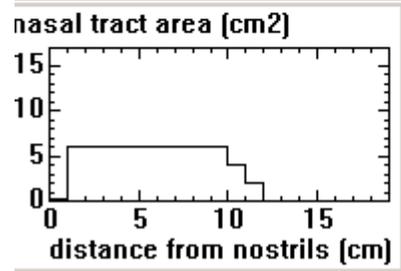
méthodes

- **Déjà abordées par Antonio Romano et Feng**
- **Séparation bouche/nez (ICP)**
- **Microphone placé sur une narine (Montagu)**
- **Accéléromètre (ou microphone de contact) qui détecte les vibrations de la peau sur le nez (Amelot, De Santiago)**
 - vibrations plus importantes pour les voyelles fermées pour les voyelles ouvertes
 - « résonances crâniennes » de Rousselot
- **Simulation**
- **Bases de données (RAP)**
- **Identification du locuteur**
- **Lecture de spectrogrammes**



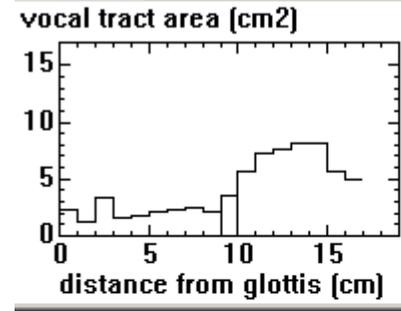


number of sections=17
 nasal branch section=9
 nasal coupling (cm2)=0

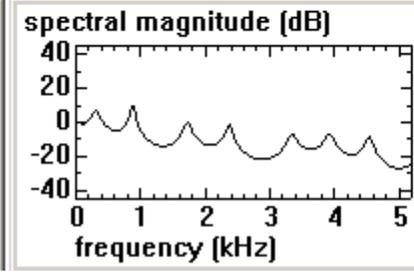
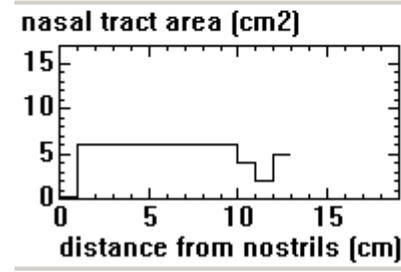


| Frq(Hz) | Bw(Hz) | A(dB) |
|---------|--------|-------|
| F1 681 | 45 | 29 |
| F2 1238 | 46 | 27 |
| F3 2445 | 53 | 22 |
| F4 3312 | 135 | 14 |
| F5 4179 | 83 | 18 |
| F6 4952 | 238 | 7 |

Permet de tester
 Séparément
 L'effet des facteurs



number of sections=17
 nasal branch section=9
 nasal coupling (cm2) .10



| Frq(Hz) | Bw(Hz) | A(dB) |
|---------|--------|-------|
| F1 310 | 110 | 7 |
| F2 867 | 61 | 10 |
| F3 1733 | 105 | 0 |
| F4 2383 | 81 | -1 |
| F5 3343 | 126 | -6 |
| F6 3931 | 132 | -6 |
| F7 4550 | 99 | -7 |

Plus de formants

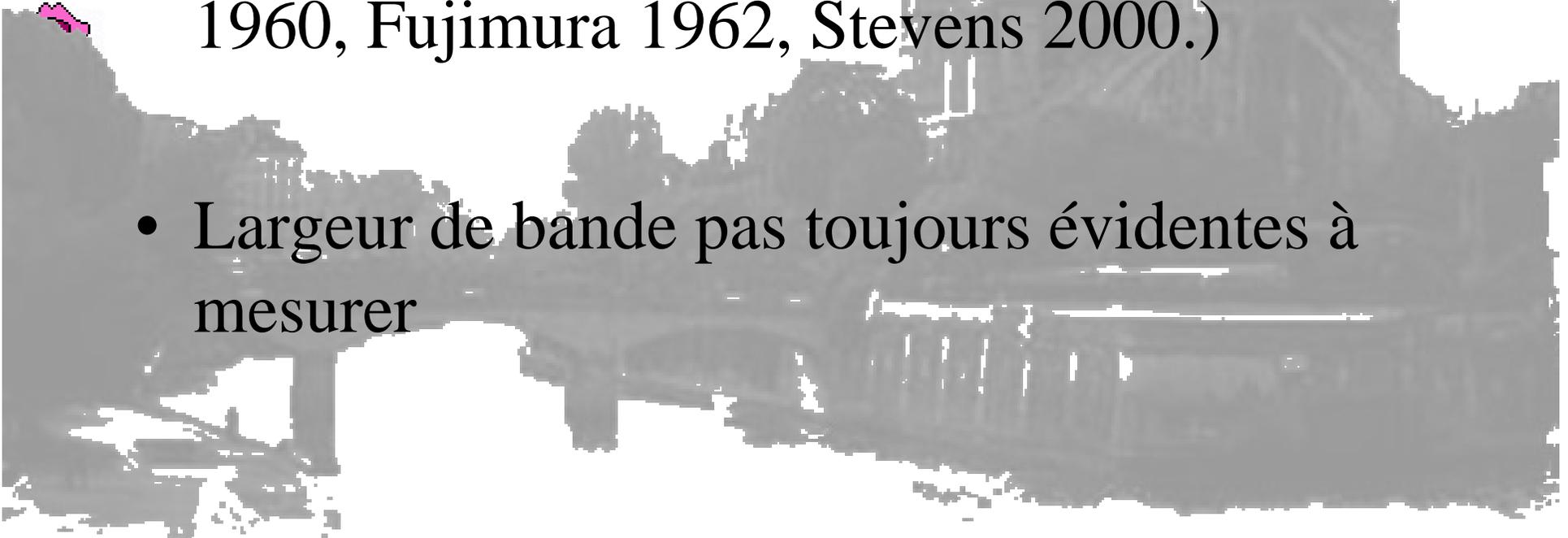
vtcalc

Formants supplémentaires et zéros pour les nasales

- Zéros, oui, mais pas les seules à en avoir
- **Autres sources de zéros**
 1. Glotte ouverte
 2. /l/ (transitions et hautes fréquences, non nasalisation contextuelle)
 3. Cavité sublinguale
 4. Cavités interdentaires (Honda)
 - Lecture spectrogrammes: nasalisation contextuelle, netteté de la transition

Élargissements de la largeur de bande ?

- Oui
- Comme la surface est plus étendue, les largeurs de bande sont plus larges (Fant 1960, Fujimura 1962, Stevens 2000.)
- Largeur de bande pas toujours évidentes à mesurer

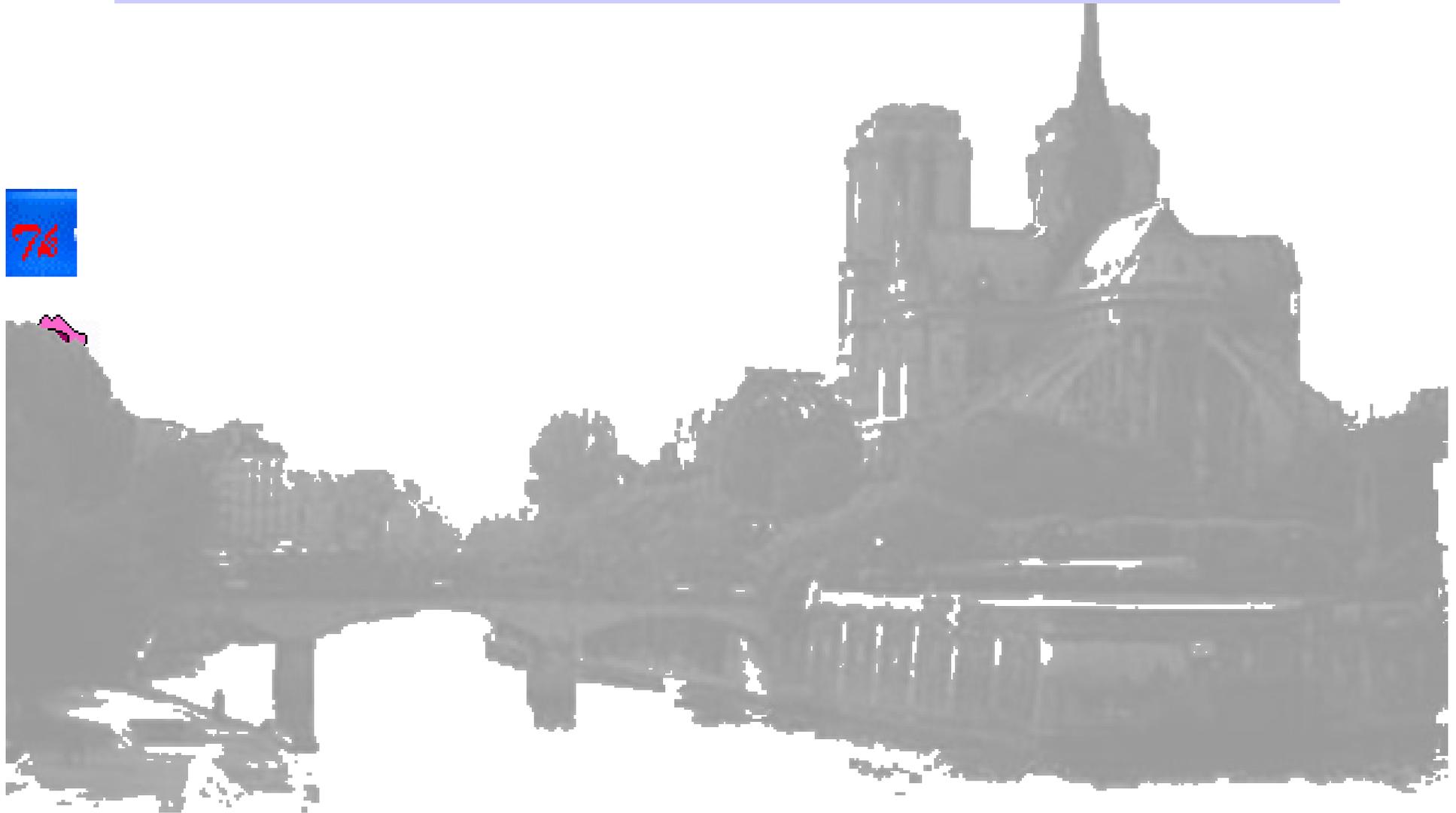


Modifications des résonances naturelles du conduit buccal ?

- Abaissement du VP:
 - Élargissement du port
 - Rétrécissement du chenal buccal
- Feng
- Valve (déjà introduite dans les simulations Maeda)
- Limité à la zone du voile pour les voyelles nasalisées (+ langue et lèvres pour les voyelles nasales en français)

Attention ...

76



Difficultés de représentation acoustique et de modélisation des nasales

- **Voyelles orales** : 3 formants (et 4 pour /i/)
 - À base de LPC
 - **Modélisation simple**: 1 par kHz, un tube
 - **Que des pôles (du moins en principe)**
 - (détails sont ignorés –Feng–)
 - Amplitude des formants aussi ignorée
- **Voyelles nasales**
 - LPC ne marche pas, FFT nécessaire
 - **Modélisation complexe**: 2 tubes + sinus + asymétrie
 - **Formants et zéros: mission impossible**
 - Amplitude relative compte perceptivement
 - Cours temporel important

76



vtcalc

Reconnaissance sur spectrogrammes des voyelles du français ?

- **Mission pas impossible**
- **Les postérieures ont un œil nasal**
- **L'antérieure a son premier formant coupé en deux**
- **Réduction de l'amplitude d'un formant (F1)**
- **Trop ou pas assez de formants visibles**



TD ...

76



I) INTRODUCTION

2) LA CHAINE DES MESURES

3) LES CONSONNES NASALES

Les premières études

- **House**

- Modèle analogue du conduit vocal
- Prédominance de l'énergie dans les basses fréquences
- Moins d'énergie globale que les voyelles
- Proéminence spectrale vers 1000 Hz

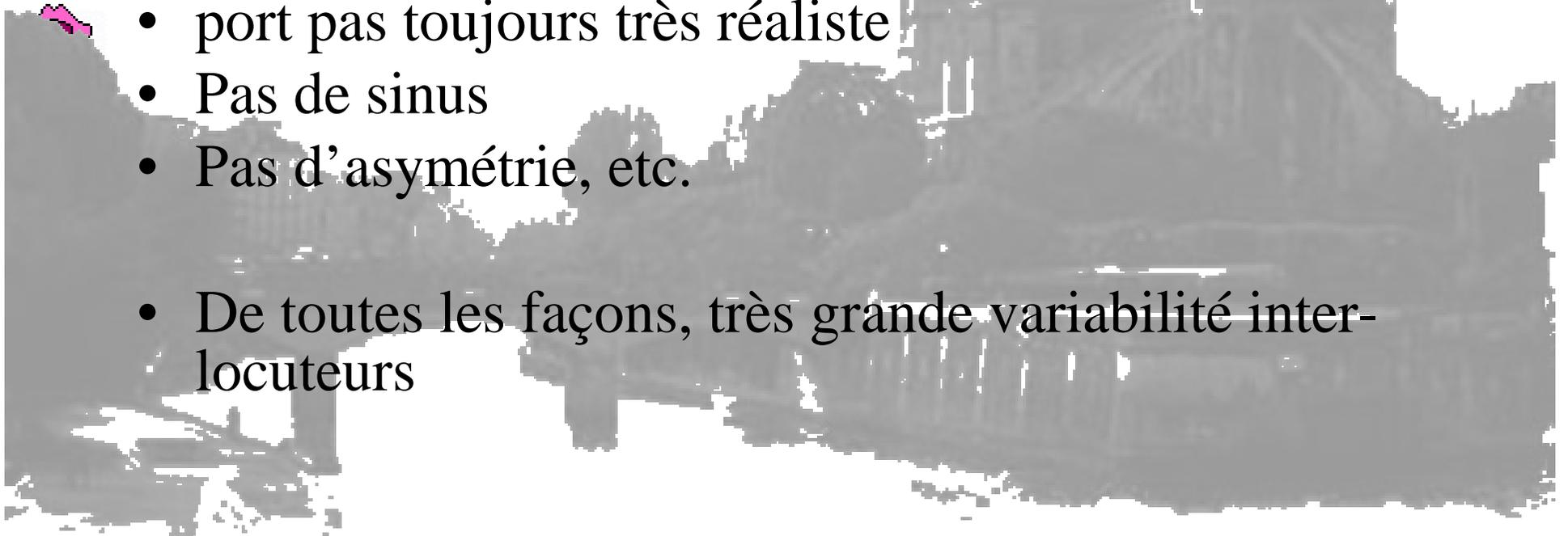
- **Fujimura**

- Modèle analogue du conduit vocal
- Prédominance de l'énergie dans les basses fréquences à 300 Hz
- Plus de formants que pour les voyelles
- Antiformant
 - 750-1250 /m/
 - 1450-2200 /n/
 - > 3000 vélaire



Premières modélisations

- Très éclairantes
- Mais confrontation avec les données pas toujours évidente
- port pas toujours très réaliste
- Pas de sinus
- Pas d'asymétrie, etc.
- De toutes les façons, très grande variabilité interlocuteurs



- Les consonnes (classiques), en tant que classes, sont les plus résistantes de toutes les consonnes

76

- Le trait nasal est donc très résistant.
- Pourquoi?

1) Elles ont une bonne énergie globale

- Plus faible que pour les voyelles (10 dB)
- Peu de différences selon la voyelle
-  Contraste plus important avec les voyelles postérieures ouvertes (11 dB) que les voyelles antérieures ouvertes (6dB)
- Moins important à l'intervocalique (6 dB) que dans les autres positions (10 dB)
- Plus énergie que les barres de voisement et moins d'énergie que les liquides

Les chiffres proviennent de Glass, MIT, thèse

2) Elles n'ont pas de bruit donc résistantes à la présence du bruit

- Fricatives plus sensibles que les nasales

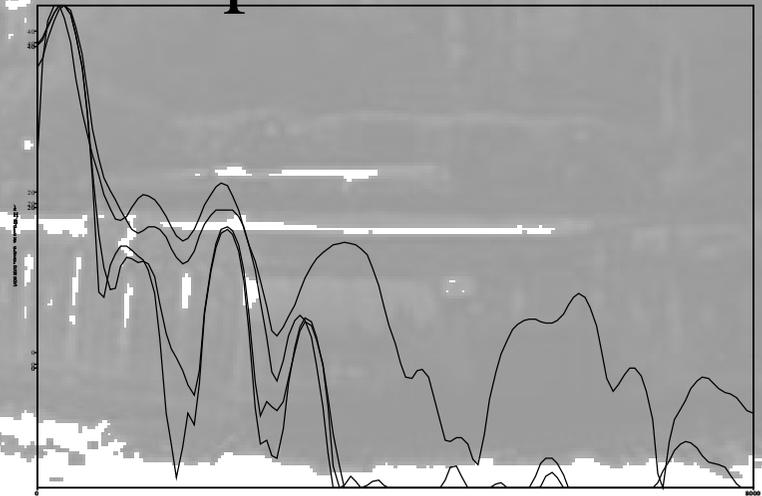
76

Glass, MIT, thèse

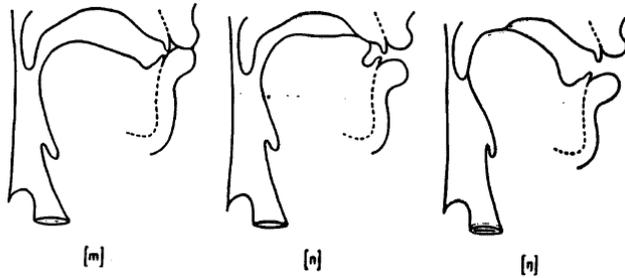
3) Caractéristique principale

- Proéminence de l'énergie dans les basses fréquences
- Entre 200 et 300 Hz
- Condition nécessaire, mais pas suffisante
- /l/ et semi-voyelles peuvent (mais pas obligatoirement) avoir un même pic dans la même zone

76

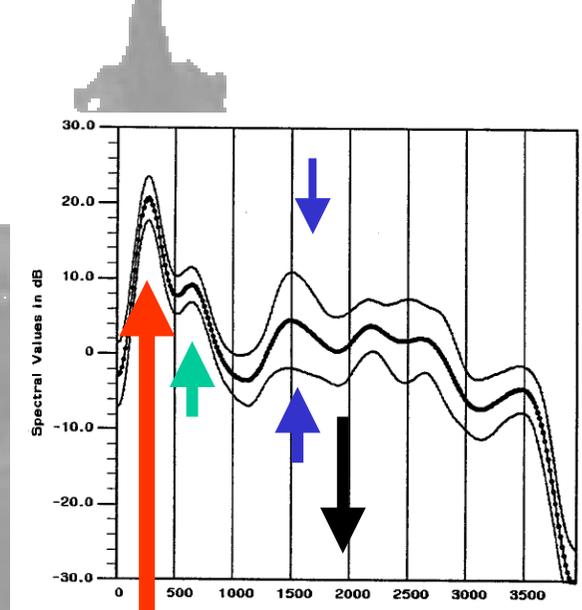
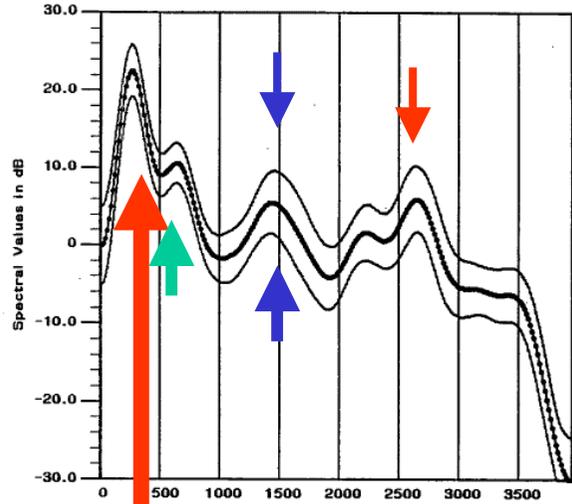
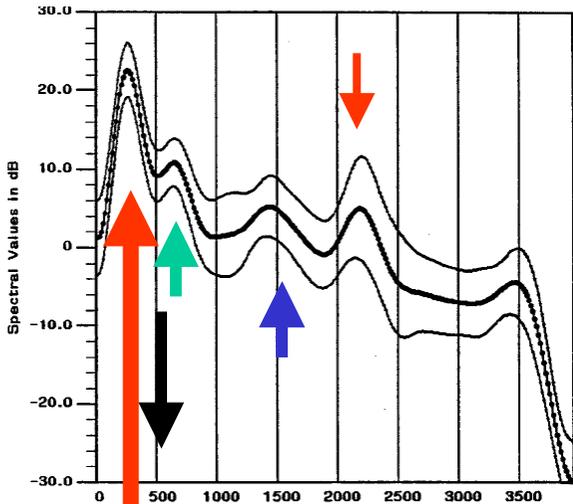


↓ Zéros théoriques



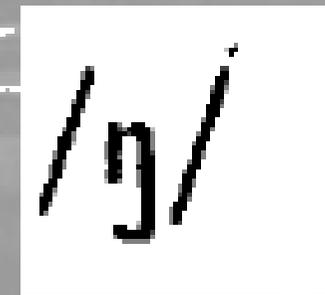
caractéristiques

- Présence d'un pic d'énergie dans les très basses fréquences



Nasals

| lab | lab-d | d / a | rtf | pal | vel | uv | l-v |
|-----|-------|-------|-----|-----|-----|----|-----|
| m | ɱ | n | ɳ | ɲ | ŋ | N | ŋm |
| ɱ | etc. | | | | | | |



Glass, 1 locuteur

Spectre d'une consonne nasale donnée

- Stable pour un locuteur, mais influence des voyelles (surtout pour la labiale)
- Bon indice pour l'identification des locuteurs
- Très variable d'un locuteur à l'autre
- Pas de différences spectrales durant le murmure sur lesquelles on peut vraiment compter pour identifier le lieu d'articulation



all nasal consonants

voice bars

Énergie entre 250 et 300 Hz

- Pic d'énergie entre 250 et 300 Hz obligatoire

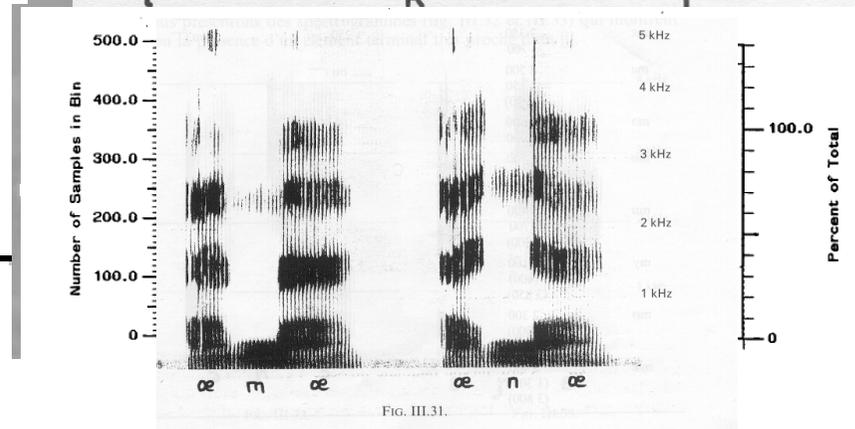
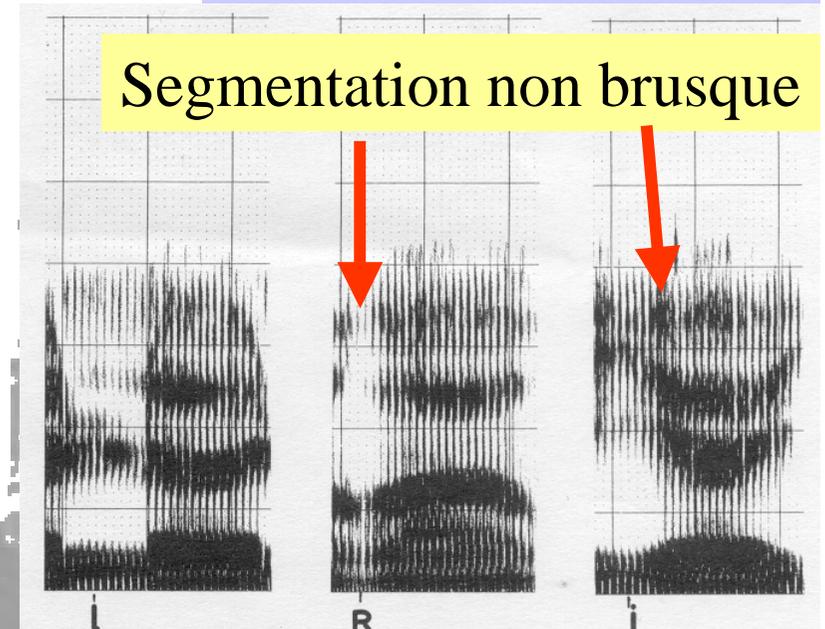
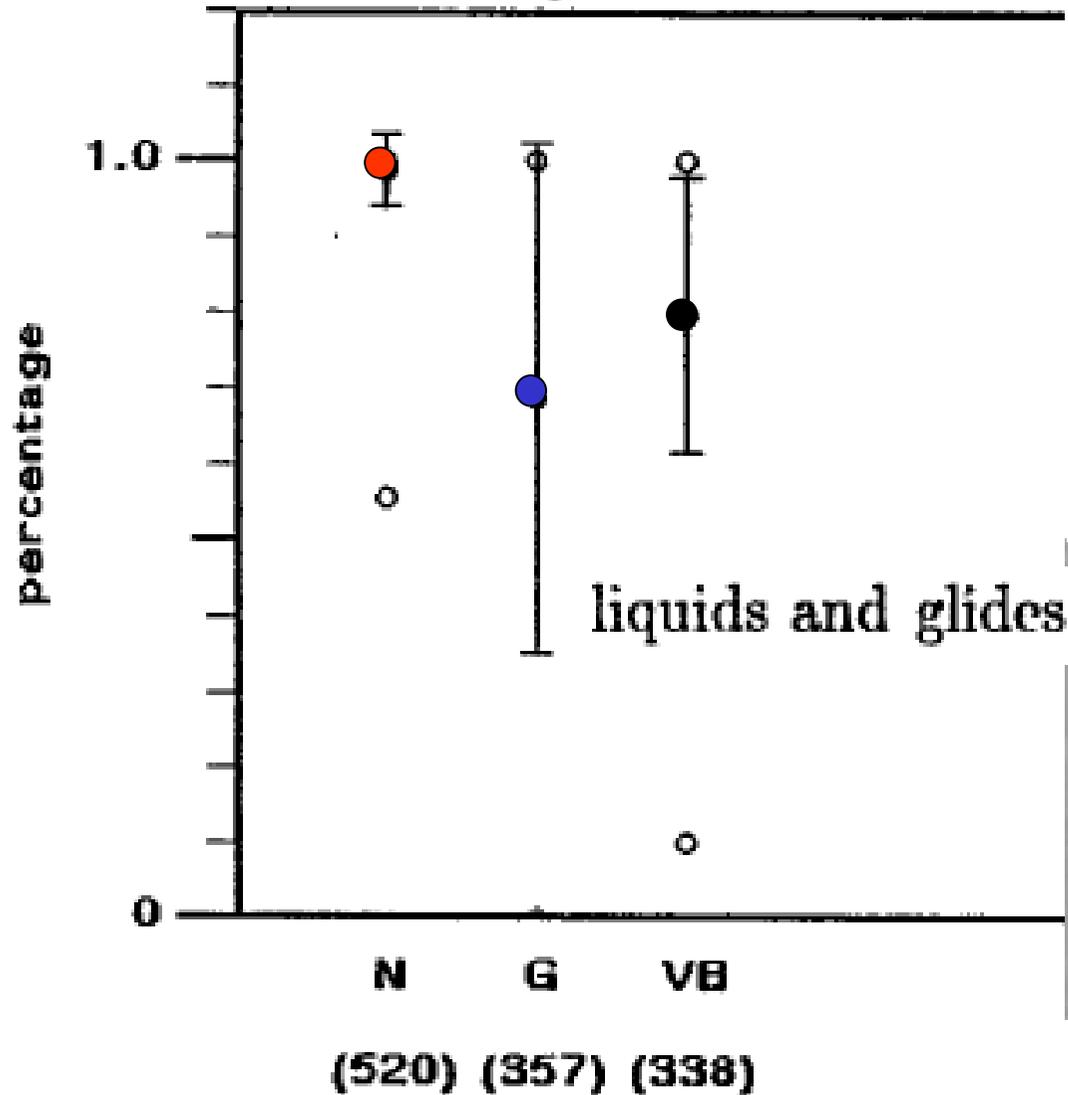


Figure 3.20: Low Resonance Percentage

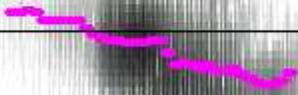
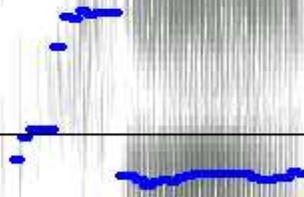


la

ma

na

ra



F1 moyen

F1 bas

F1 haut



Amplitude du pi

- Influencée par la position
- Plus élevée si médiale

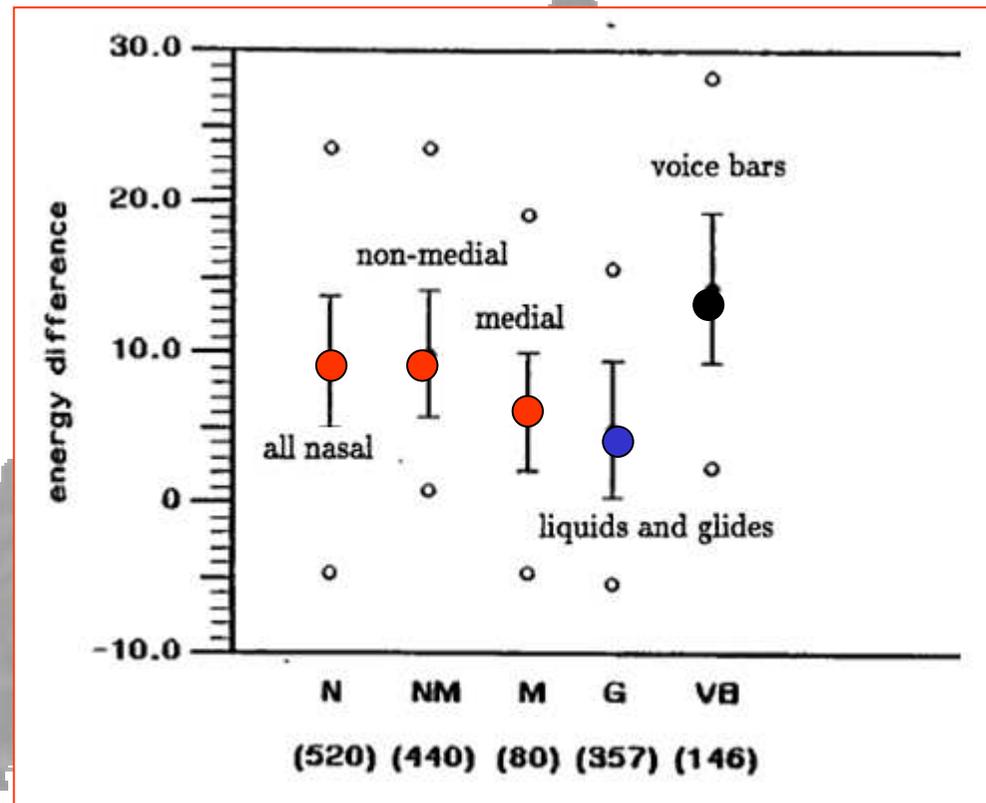
76

Plus facile dans VnC

Confusion avec sonantes
(fricatives faibles)

Dans les autres cas

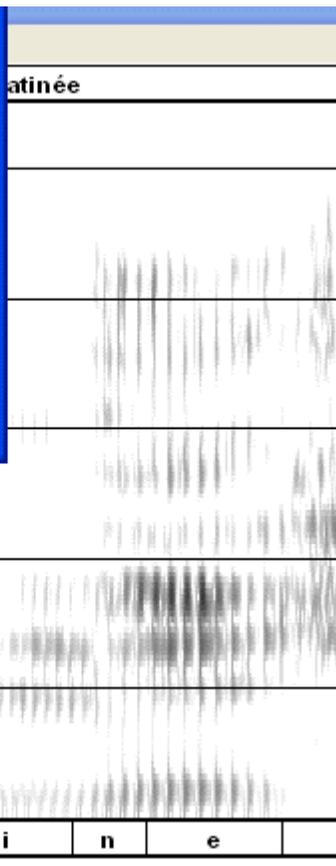
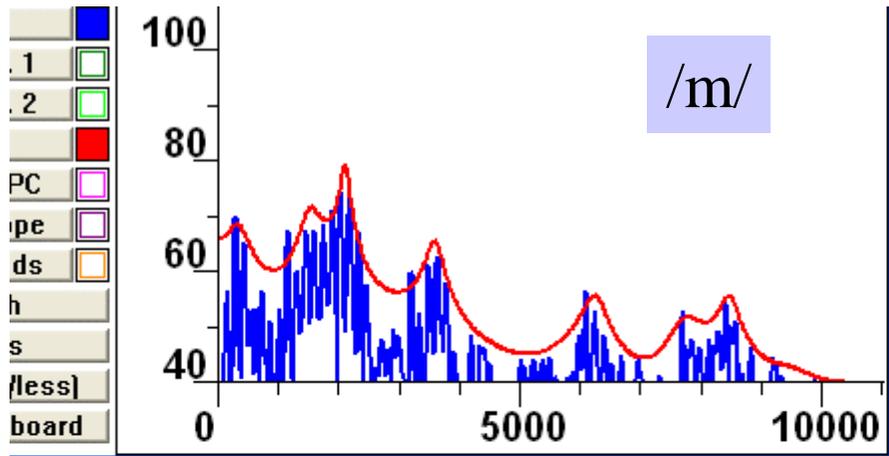
Et parfois voyelles avec F1 très bas



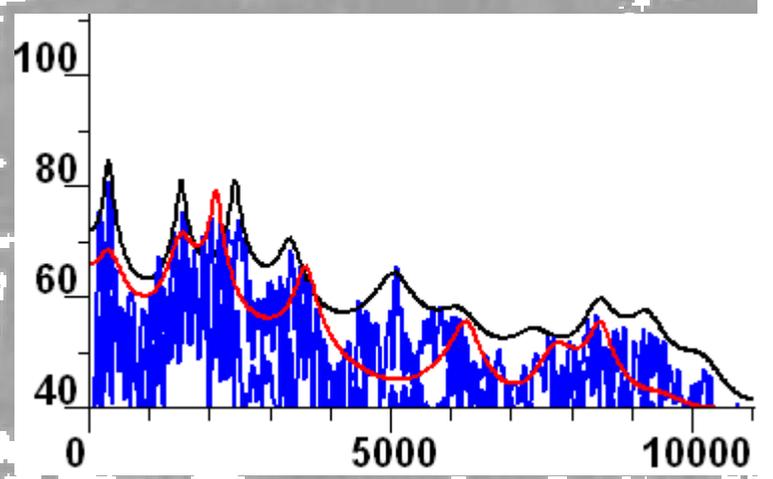
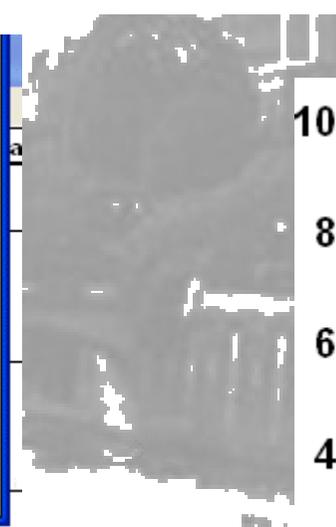
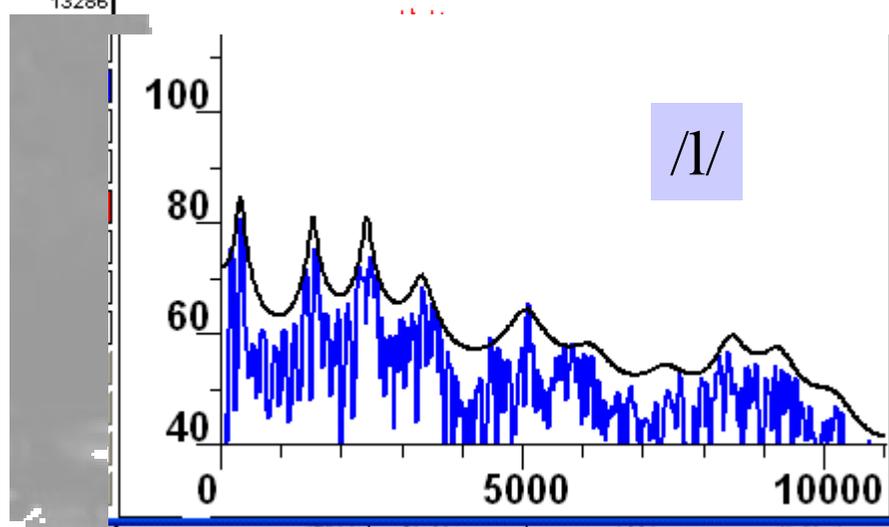
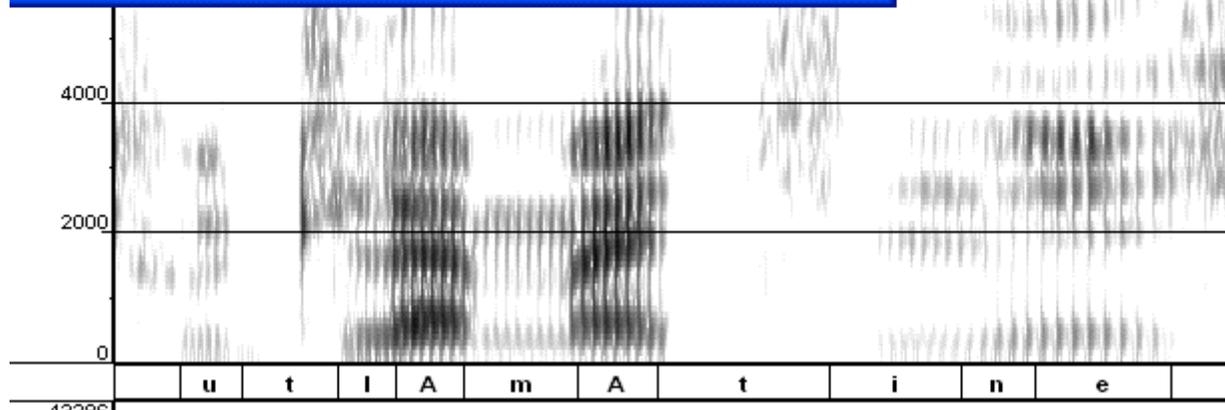
Mais en pratique ...

- Plus d'effort sous-glottique: plus de flux nasal
- Début d'un mot: plus de tension, plus d'activité du LP, port plus fermé, moins nasal





Toute la matinée

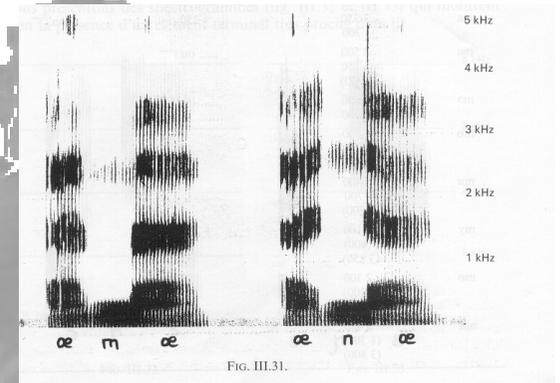


Lieu d'articulation ?

Théorie:

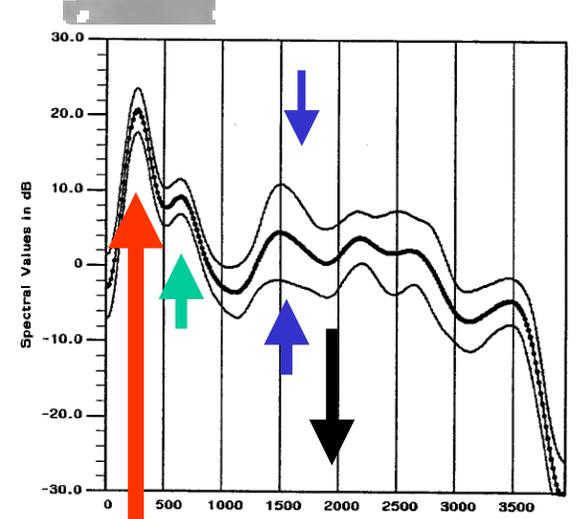
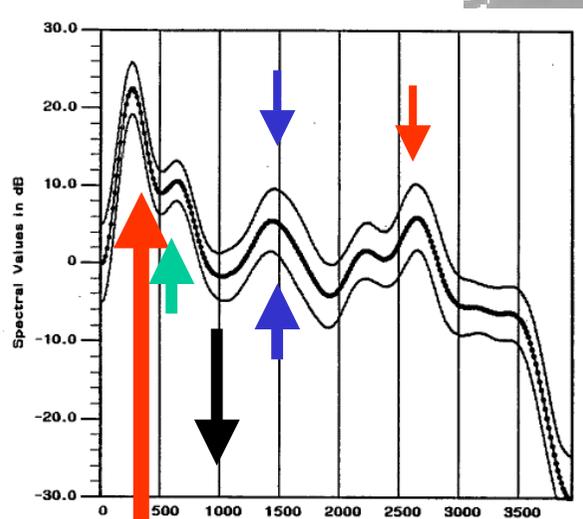
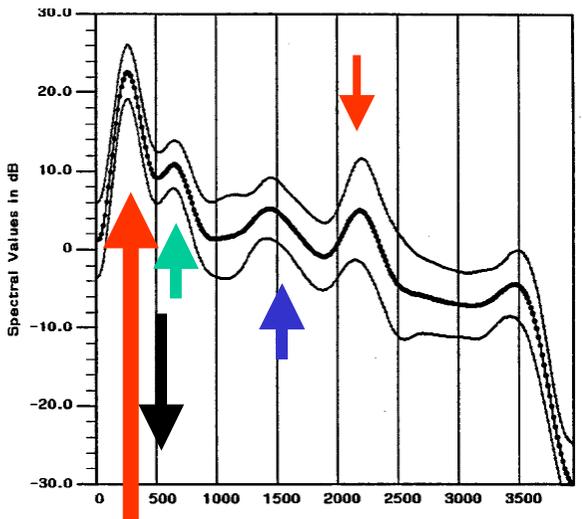
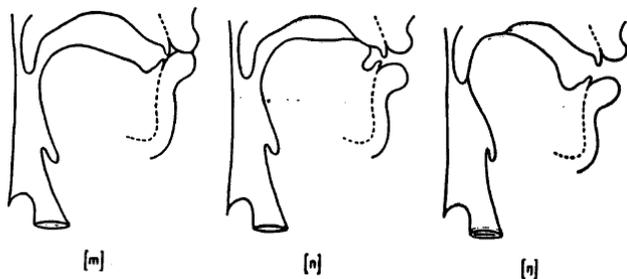
**Antiformant dépend du lieu d'articulation
(Fujimura)**

- **Plus bas pour les labiales**



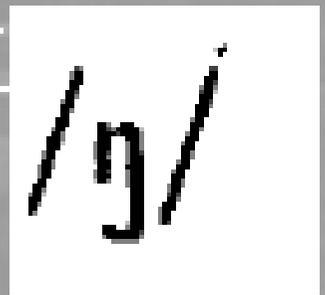
- Zéros
- (Fujimura)

Caractéristiques



Nasals

| lab | lab-d | d / a | rtf | pal | vel | uv | l-v |
|-----|-------|-------|-----|-----|-----|----|-----|
| m | ɱ | n | ɳ | ɲ | ŋ | ɴ | ɳm |
| ɱ | etc. | | | | | | |



Glass, 1 locuteur

Lieu d'articulation ?

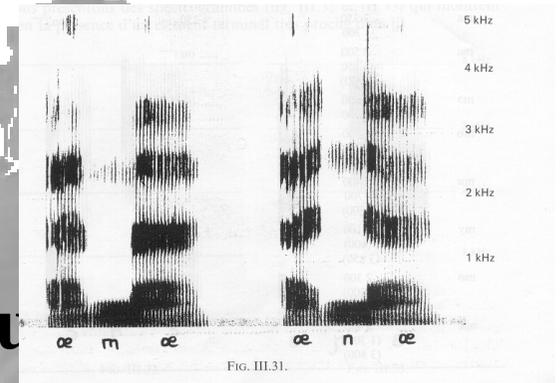
Théorie:

Antiformant dépend du lieu d'articulation (Fujimura)

- Plus bas pour les labiales

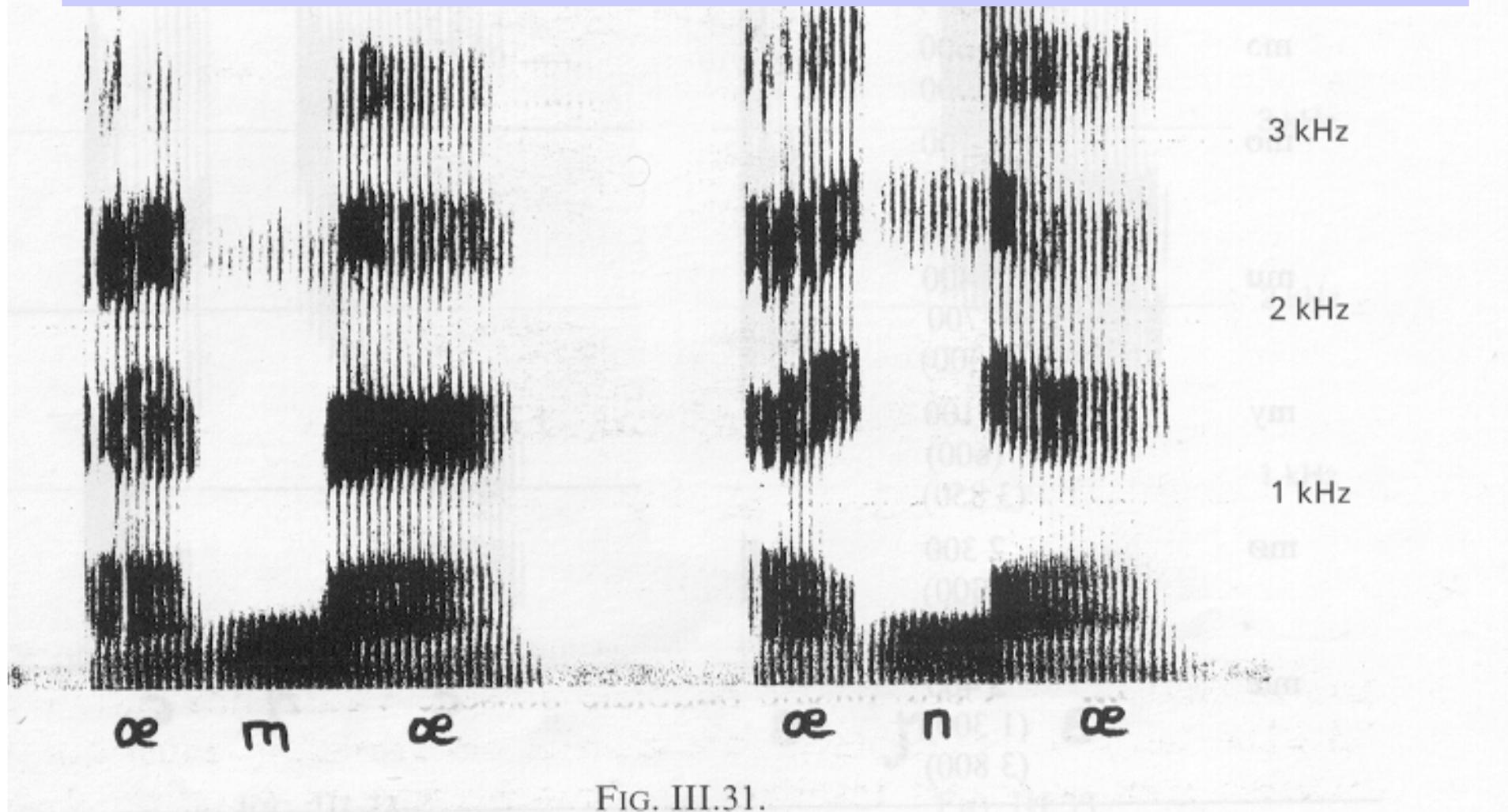
Mais en pratique:

- Résonances pas toujours un pic
- Antirésonances pas toujours un creux
- Donc les formants avec la voyelle jouent le rôle principal
- Et le murmure joue un rôle, mais secondaire
- Démo: donne-moi (106)



On ne peut pas toujours compter sur le murmure pour
Distinguer entre les différents lieux d'articulation !!!

Quand différence(s) il y a, elles vont généralement dans le bon sens



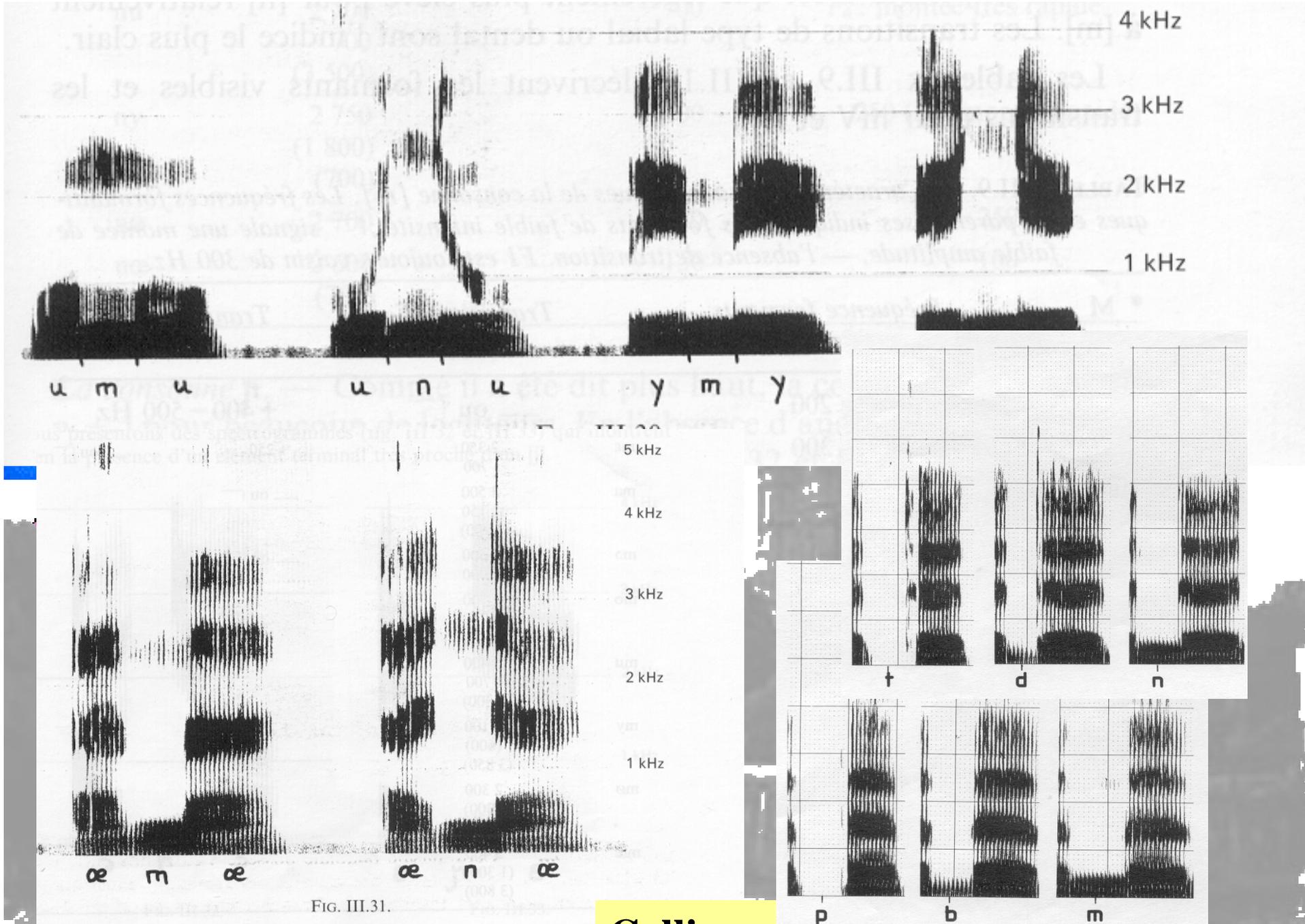


FIG. III.31.

Calliope

Identité du lieu d'articulation de la consonne nasale?

- Dépend de la position de la consonne dans la syllabe

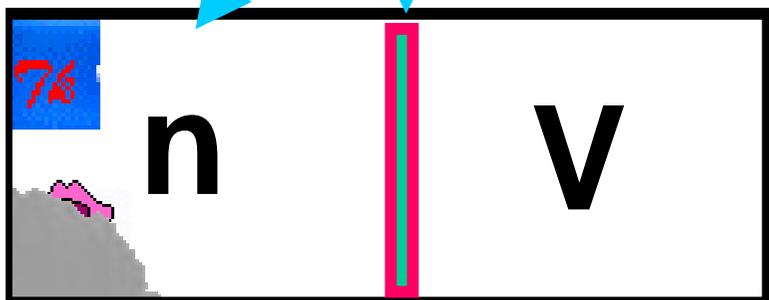
76

- Initiale: autour du relâchement
- Coda, non relâché
 - Si brève: voyelle

-n à l'attaque

+nasal

relâchement



murmure

Transitions
F2 et F3

lieu

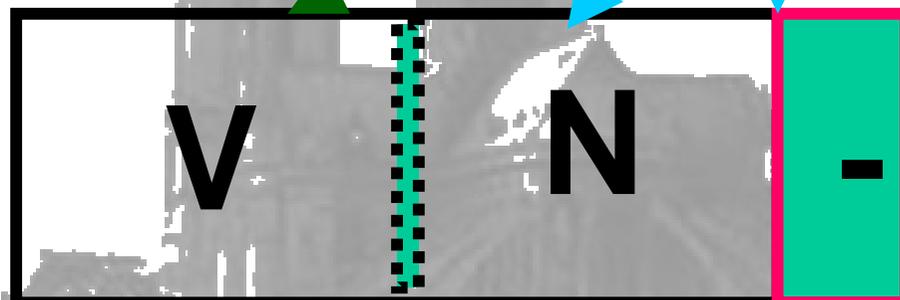
E muet
Murmure très long

N en coda non relâché-

Vaissière 2007

+nasal

Repp & Svastikula 1988



Transitions
F2 et F3

lieu

- Article en préparation (présenté à Features)



- Quelques difficultés pour les tests de perception
 - car
 - Masquage dépend des formants/longueur de la voyelle précédente

Suggestion 1: représentation phonético-phonologique

- Il ne faut pas aligner les traits phonologiques avec l'ensemble du phonème
- Il faut prendre en compte les contraintes de perception et aérodynamique (au moins)
- Mais avec les points de rendez-vous obligatoires
 - Attaque: fin du n
 - Coda: début du n



Suggestion 2 :Modélisation des données aérodynamiques

Trait nasal

76

Position de la consonne dans la syllabe

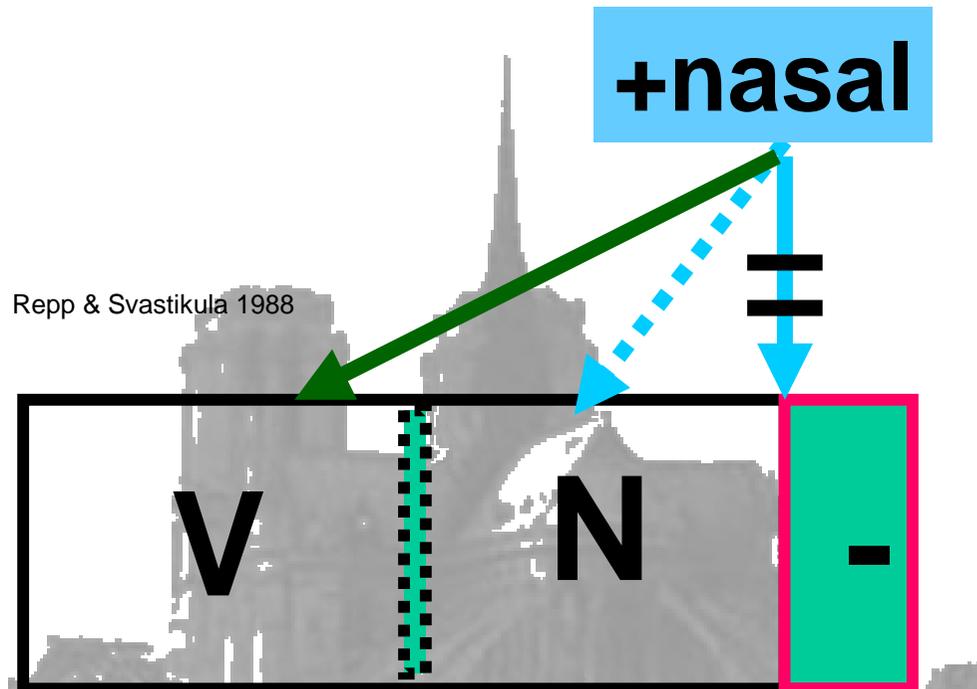
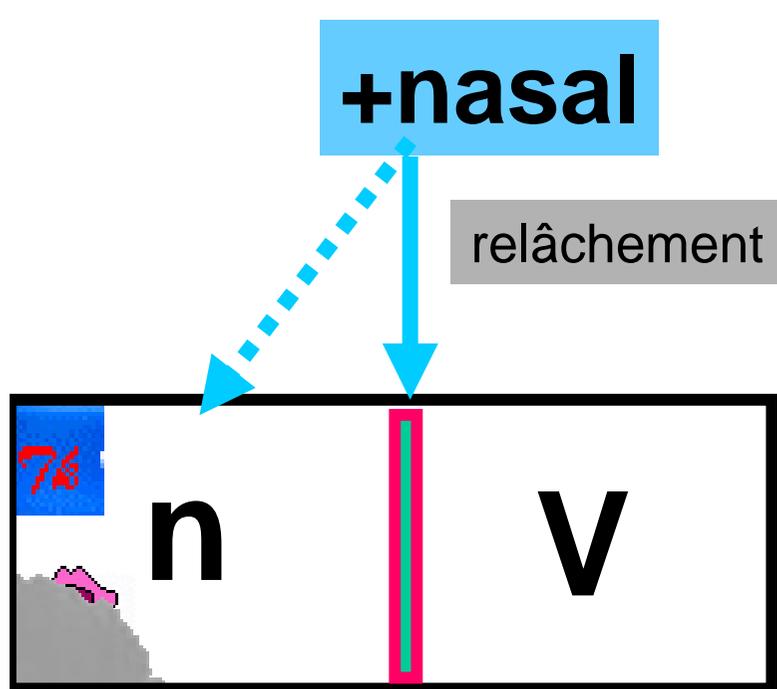
Voisement de la consonne suivante

contraintes

- 1) aérodynamiques
 - Les occlusives sourdes sont doublement non nasales (attaque et coda)
 - Les occlusives sonores sont simplement non nasal à leur relâchement
- 2) perceptives
 - Position de la consonne nasale, relâchée ou non

-n à l'attaque

N en coda non relâché-



murmure

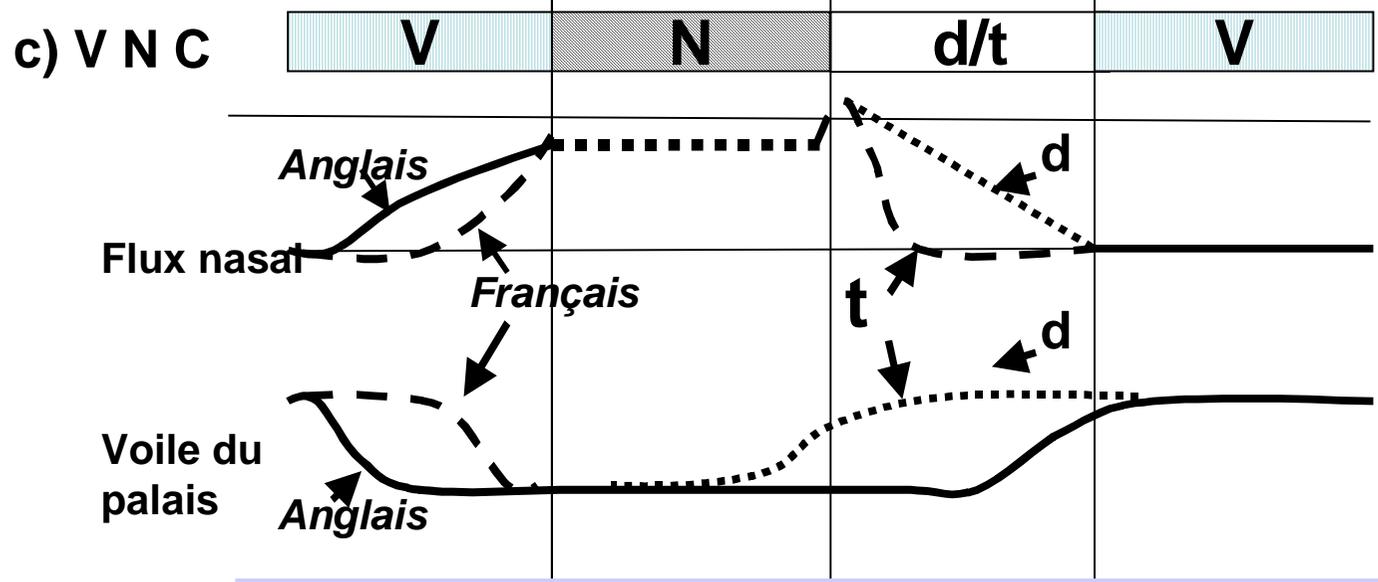
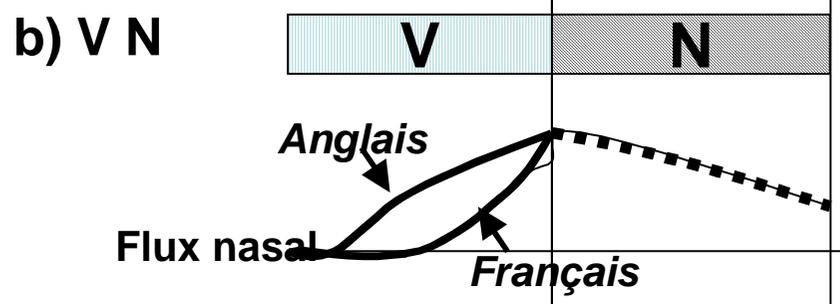
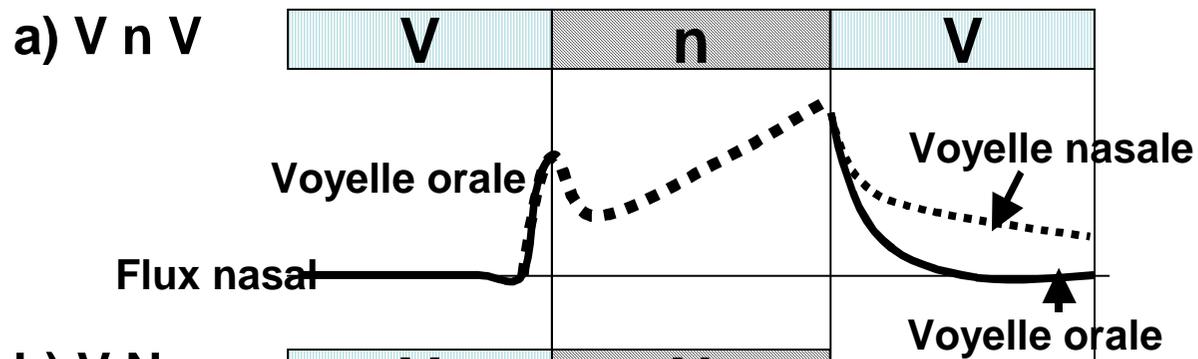
Transitions F2 et F3

Transitions F2 et F3

lieu

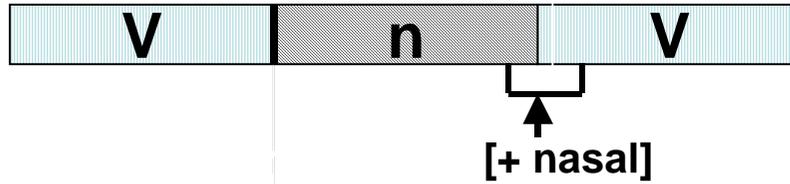
E muet
Murmure très long

lieu



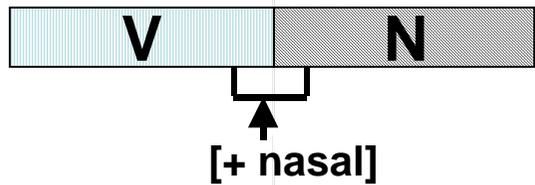
Contraintes de perception et aérodynamiques

a) V n V

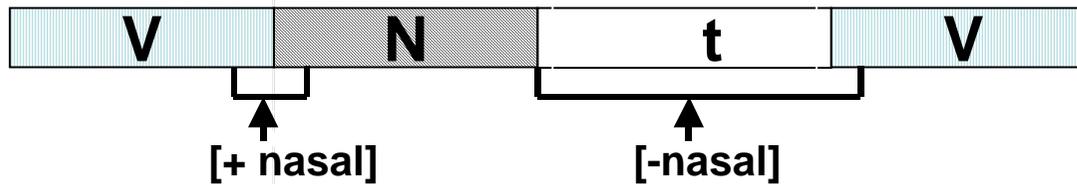


Point de rendez vous
 Articulatoire+aérodynamique
 Et perceptif

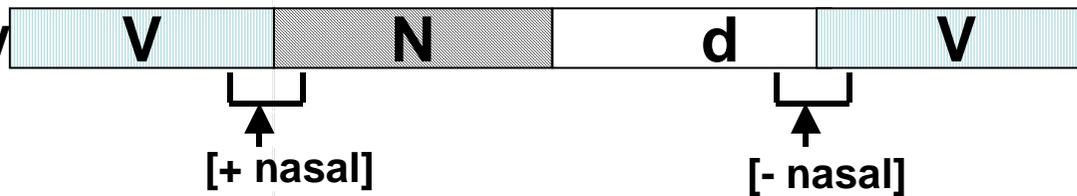
b) V N



c) V N t - V



d) V N d - V



Contraintes de perception et aérodynamiques

- Pouvoir explicatif de la nouvelle représentation ?



- s1444



I) INTRODUCTION

2) LA CHAINE DES MESURES

3) LES CONSONNES NASALES

4) LES VOYELLES NASAL(isé)ES

Difficultés

- **1) *Beaucoup de différences entre les différentes descriptions***
- **2) *Difficultés de représenter les caractéristiques de voyelles nasalisées***
- **3) *Difficultés de modéliser les voyelles nasalisées***
- **4) *Différences modélisation/observation/perception***

Indices acoustiques de la nasalisation : une histoire

Smith (1951) made the following statements concerning *open nasality* :

- 1) There is no significant changes in the voice fundamental;
- 2) $F1$ is mostly weakened;
- 3) A formant appears at 1000 c/s ;
- 4) $F2$ is often weakened and raised a little;
- 5) A formant at 2000 c/s occurs occasionally;
- 6) $F3$ is weakened and lowered;
- 7) $F4$ is intensified;
- 8) Resonances above $F4$ tend to be weakened.

(c/s == Hz)

76

Delattre (1954) has made the following statements as conclusion from extensive pattern playback control of spectrographic data :

- 1) $F1$ is weakened (primary cue);
- 2) **A nasal formant appears at 250 c/s (secondary cue);**
- 3) there is, except for open vowels, a (non-essential) 2000 c/s formant;
- 4) $F2$ is not influenced;
- 5) $F3$ descends (non-essential cue);
- 6) $F4$ descends on the frequency scale (non-essential cue).

d'après Fant, G. (1960) Acoustic theory of speech production. The Hague: Mouton.

Corrélat acoustiques

- ***Théorie: Pas un seul corrélat valable pour toutes les voyelles***
- La théorie prédit des différences selon les voyelles (conduit nasal fixe/ conduit oral variable)
- Ecrasement (flattening) du spectre dans le région F1-F2 souvent invoquée

Voyelles nasales et nasalisées

- Phonologie : voyelles nasales
- Phonétique :
 - 1) voyelles nasales
 - 2) voyelles nasalisées par le contexte
 - 3) Nasalisation spontanée



- Et aussi

76

- Les voyelles nasales non nasalisées



1) Voyelles nasales

- Variations très importantes !!!
- Timbre instable
- Différent cours temporel

76

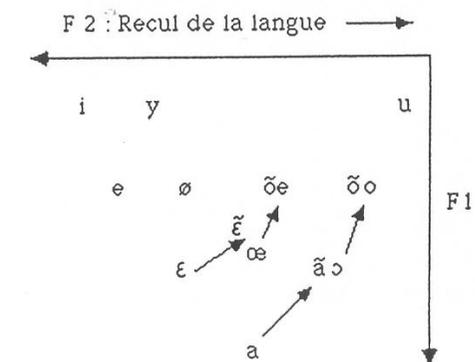
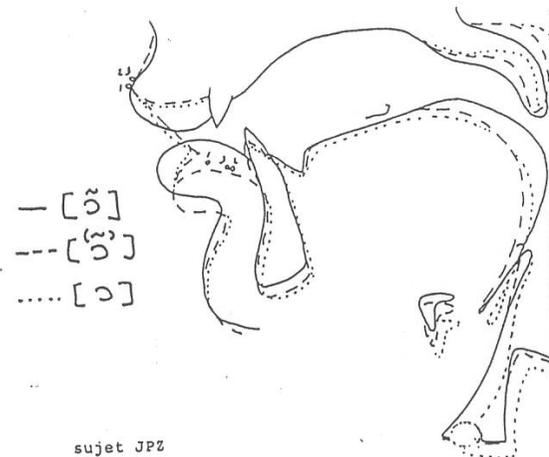
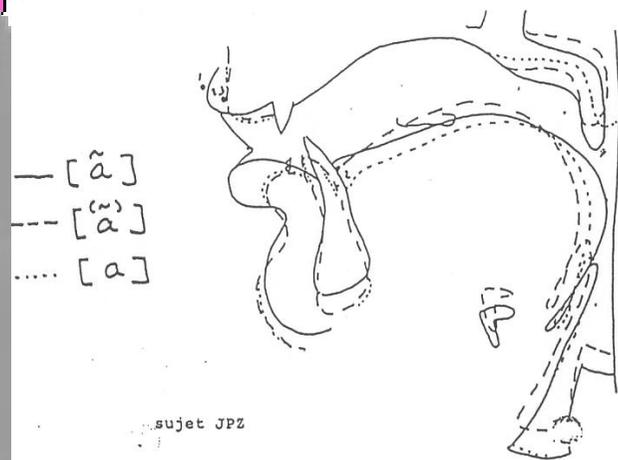
- Selon les régions
 - (PFC)
- Selon les variétés
 - (Delvaux/Demolin)



Pas (plus) de paires en français

- Langue et lèvres différentes

76



Mais

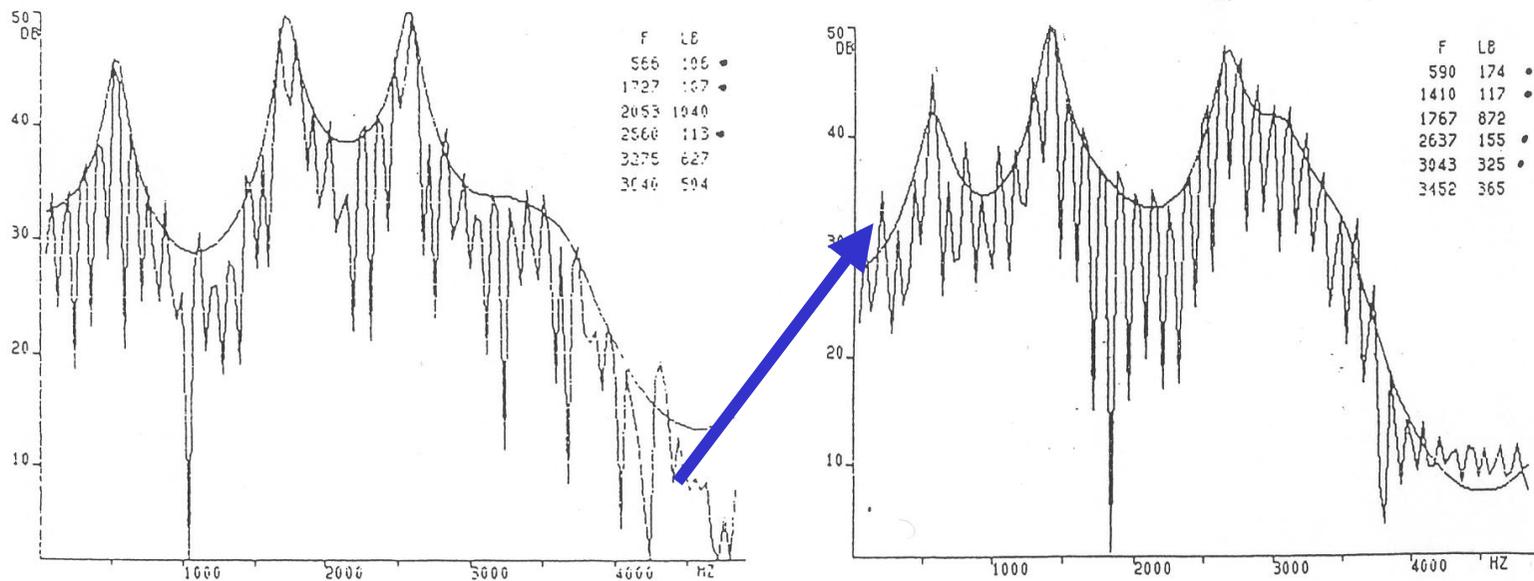
- Œil nasal vers F3
 - Pour les postérieures
- F1 coupé en deux pour l'antérieure
- Plus renforcement dans les très basses fréquences

Centre de gravité pour les voyelles postérieures

[ε]

[ẽ]

Spectre des voyelles orales et nasales du français

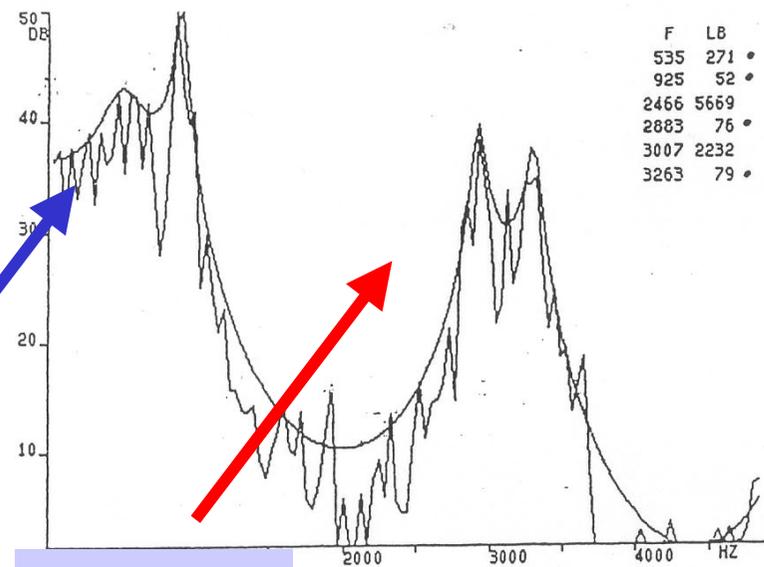
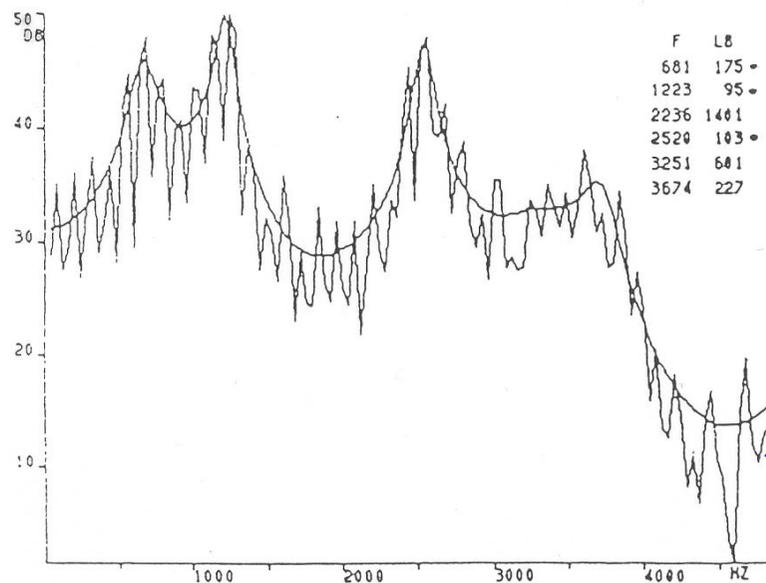


LPC non adéquat ...

d'après F. Lonchamp, « *Les sons du français : Analyse acoustique descriptive* », Institut de Phonétique, Université de Nancy II.

Spectre des voyelles orales et nasales du français

[a] [ã]



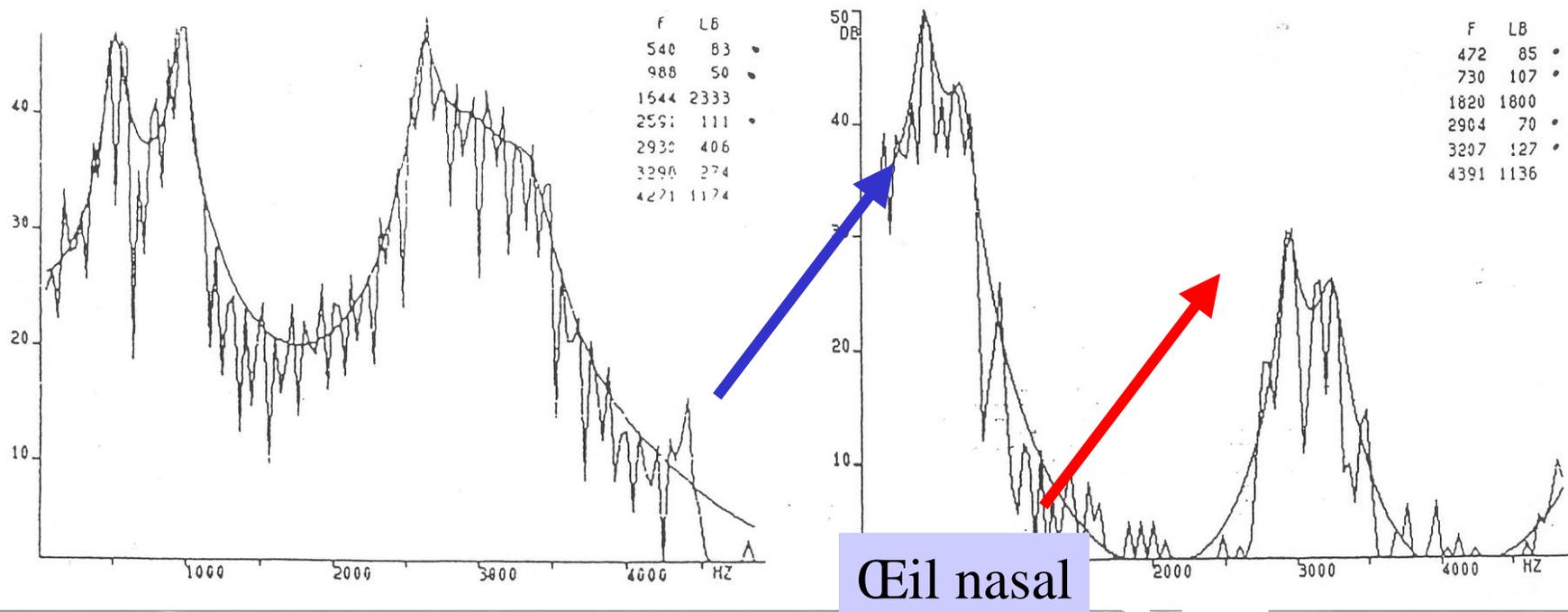
Œil nasal

d'après F. Lonchamp, « *Les sons du français : Analyse acoustique descriptive* », Institut de Phonétique, Université de Nancy II.

Spectre des voyelles orales et nasales du français

[ɔ] [õ]

76



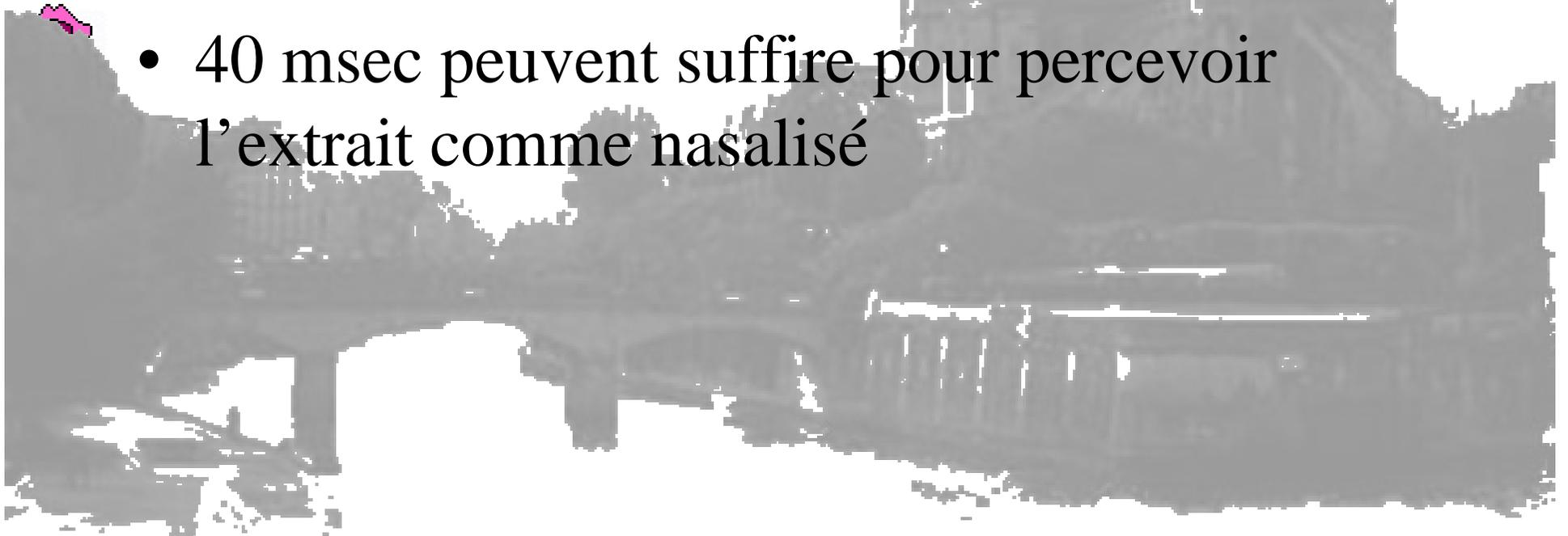
d'après F. Lonchamp, « *Les sons du français : Analyse acoustique descriptive* », Institut de Phonétique, Université de Nancy II.

- **Fait:** Voyelles nasales plus longues (production)
- **Mais**
- Peu de périodes nécessaires pour que la voyelle nasale soit perçue comme nasale (perception)
- début de la voyelle orale si C oral



Demo perception

- Wsno :
- **Demain** (108), **bandit** (109)
- 40 msec peuvent suffire pour percevoir l'extrait comme nasalisé



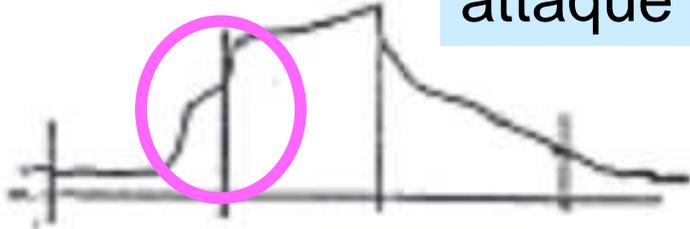
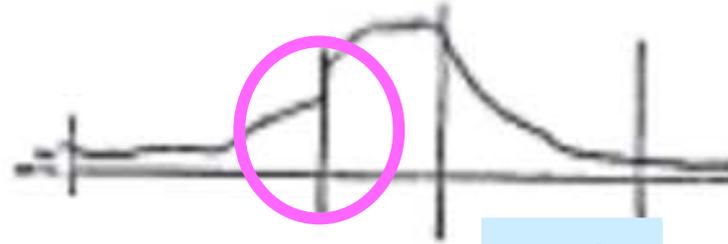
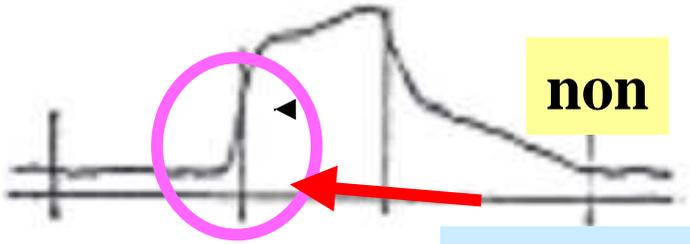
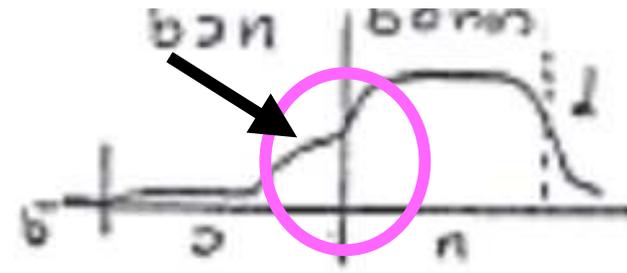
2) Voyelles nasalisées

- Différent comportement des consonnes nasales à l'attaque et des nasales en coda (déjà dit) :
- Les consonnes nasales en coda sont plus nasalisées et plus favorables à la nasalisation anticipatoire
- Effet de la syllabe (Ohala, Vaissière, Krakow)
- En français: un indice fort de la présence d'une consonne nasale

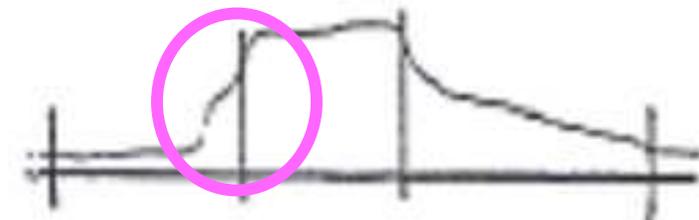
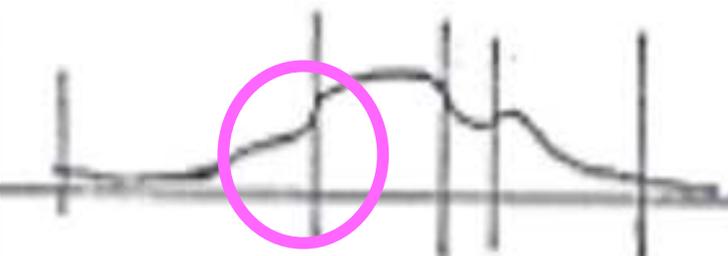
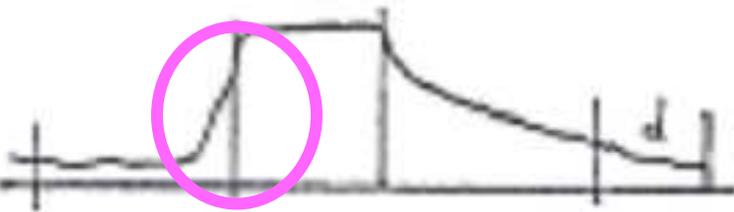


Anticipation pas obligatoire

- nasale à l'attaque : **plutôt facultative**
- /N/ en coda **généralement observée**
- **Pas obligatoire !**



Cohn



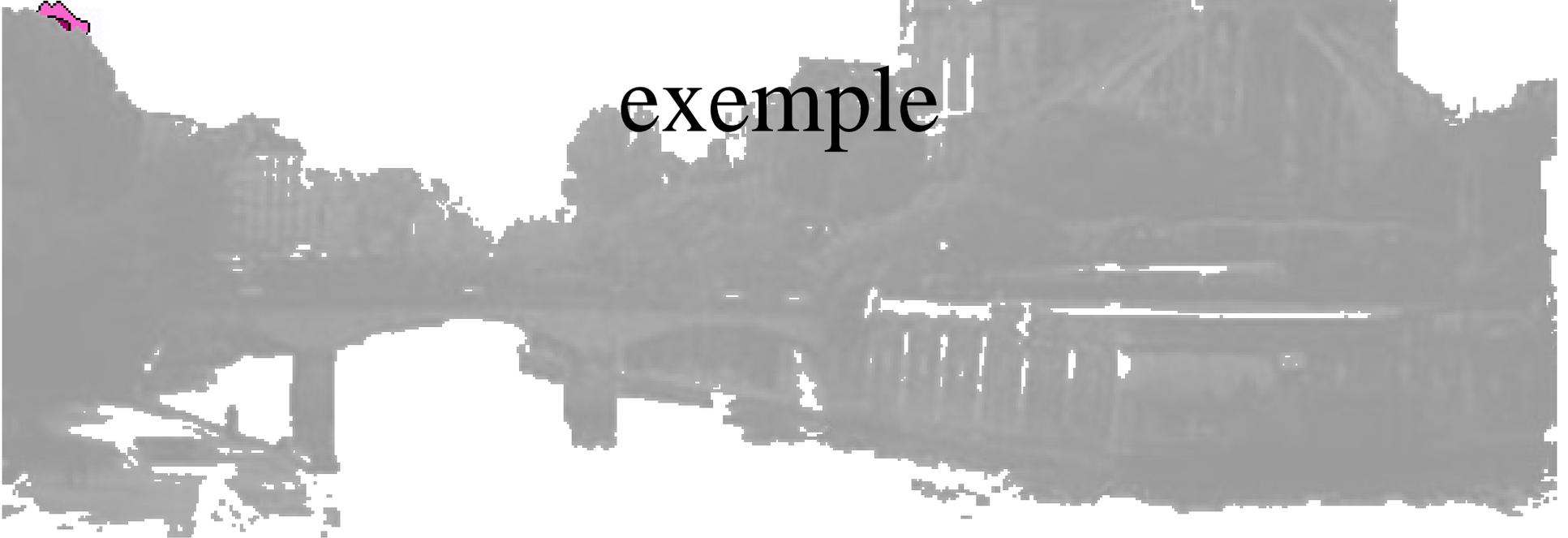
« Anticipation » facultative

« Anticipation » obligatoire

76

/i/

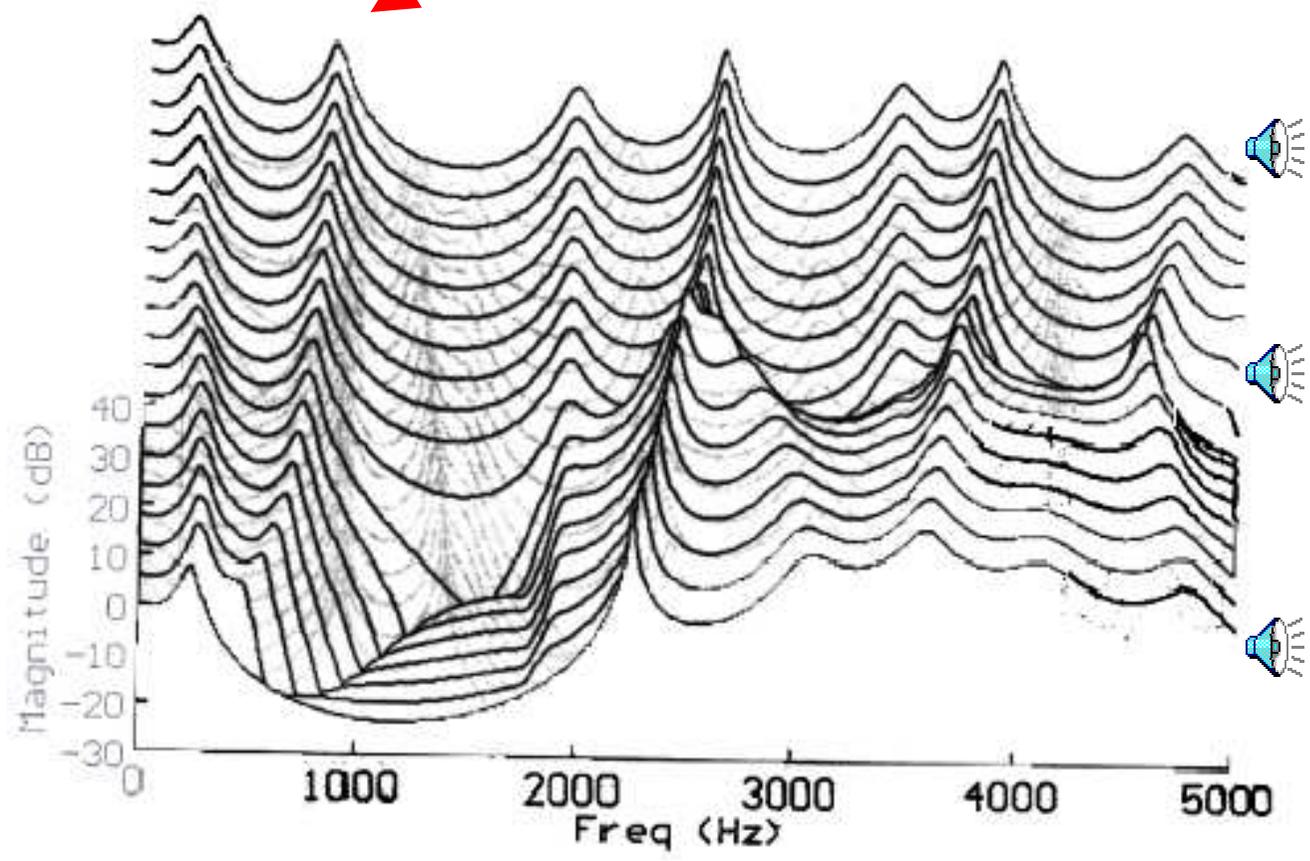
exemple



Variation de la fonction de transfert en fonction de τ_0 (ms):

Résonance supplémentaire

[i]

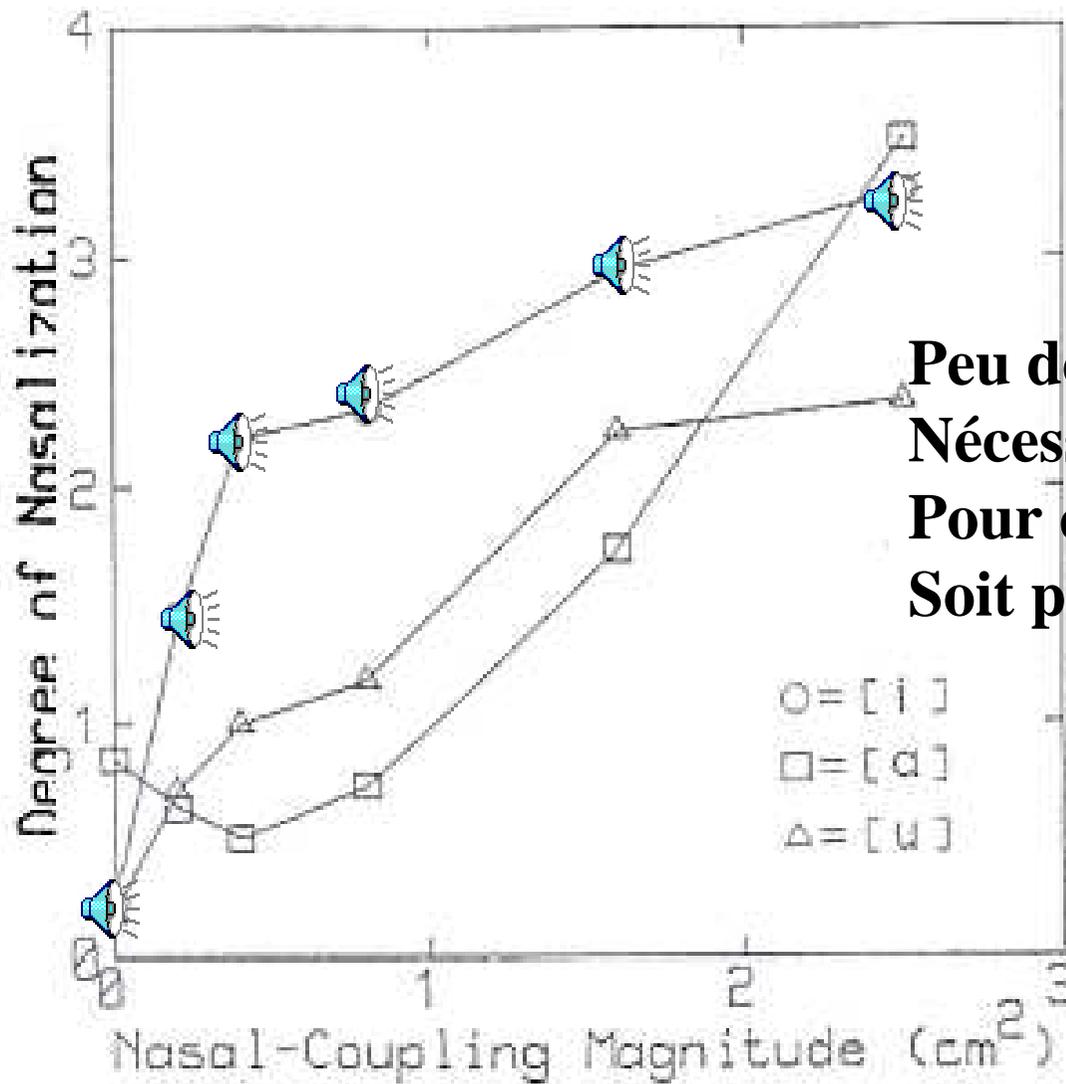


76
(fant)

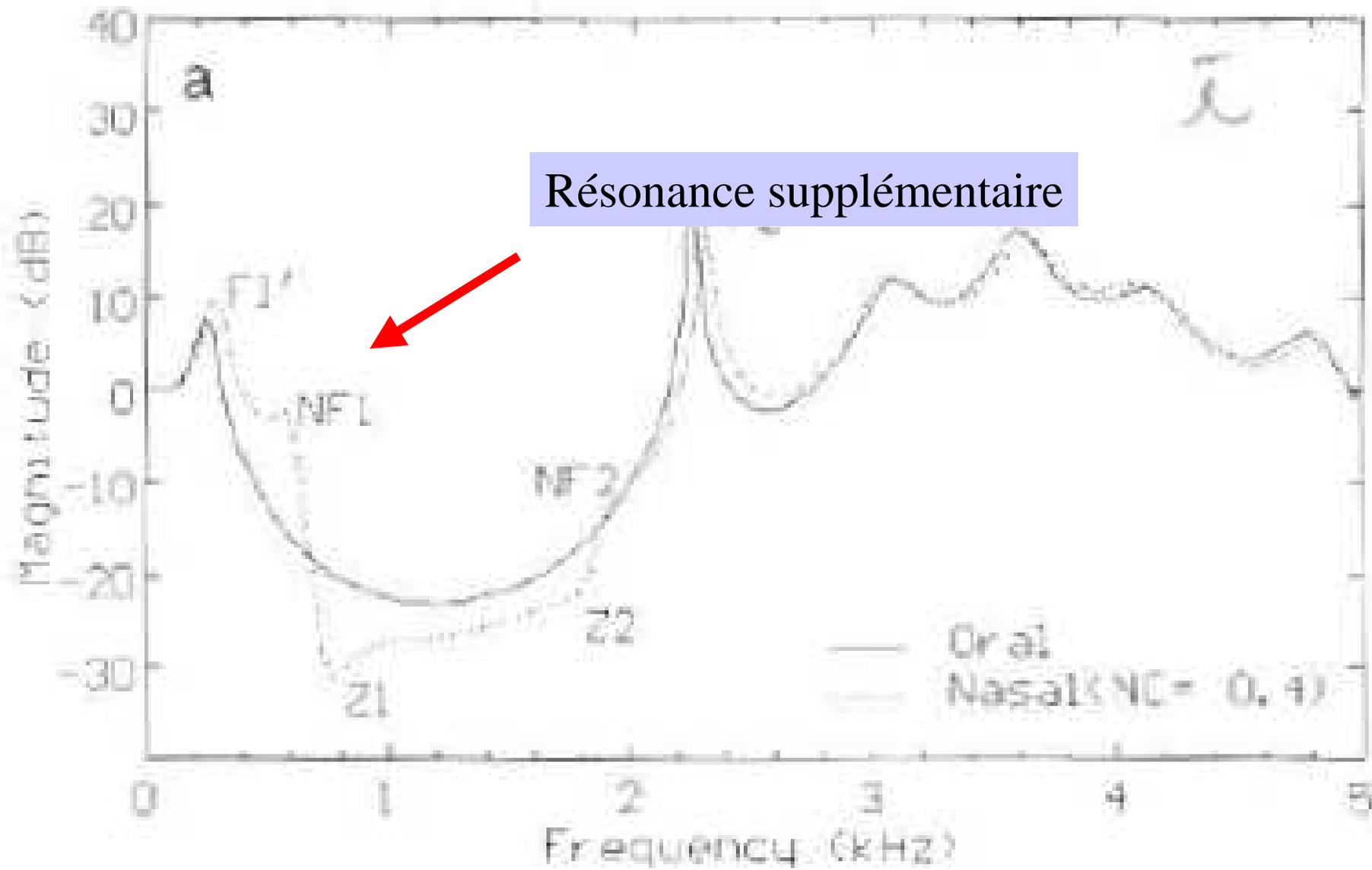
théorie

Maeda

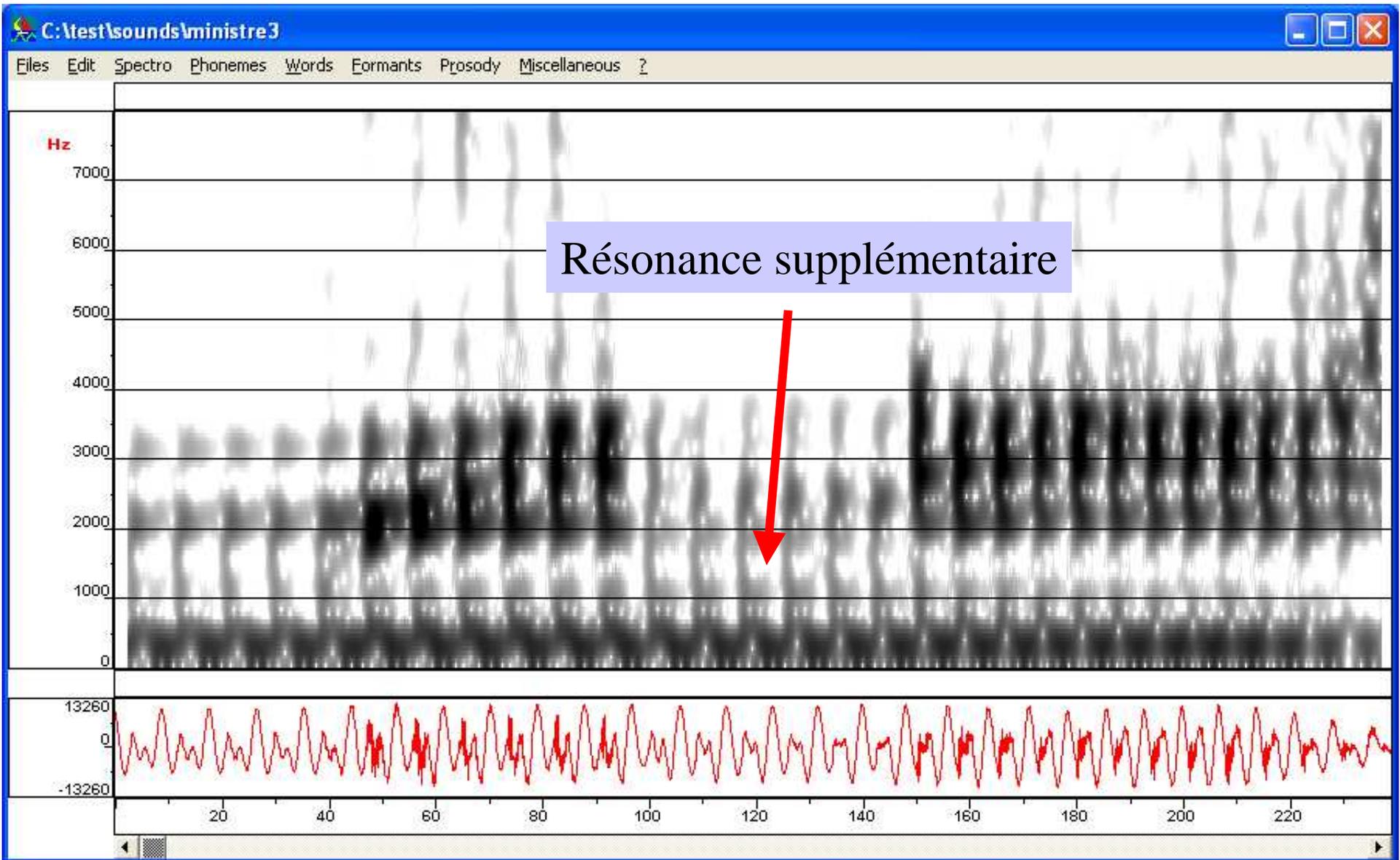
Degré subjectif de nasalisation



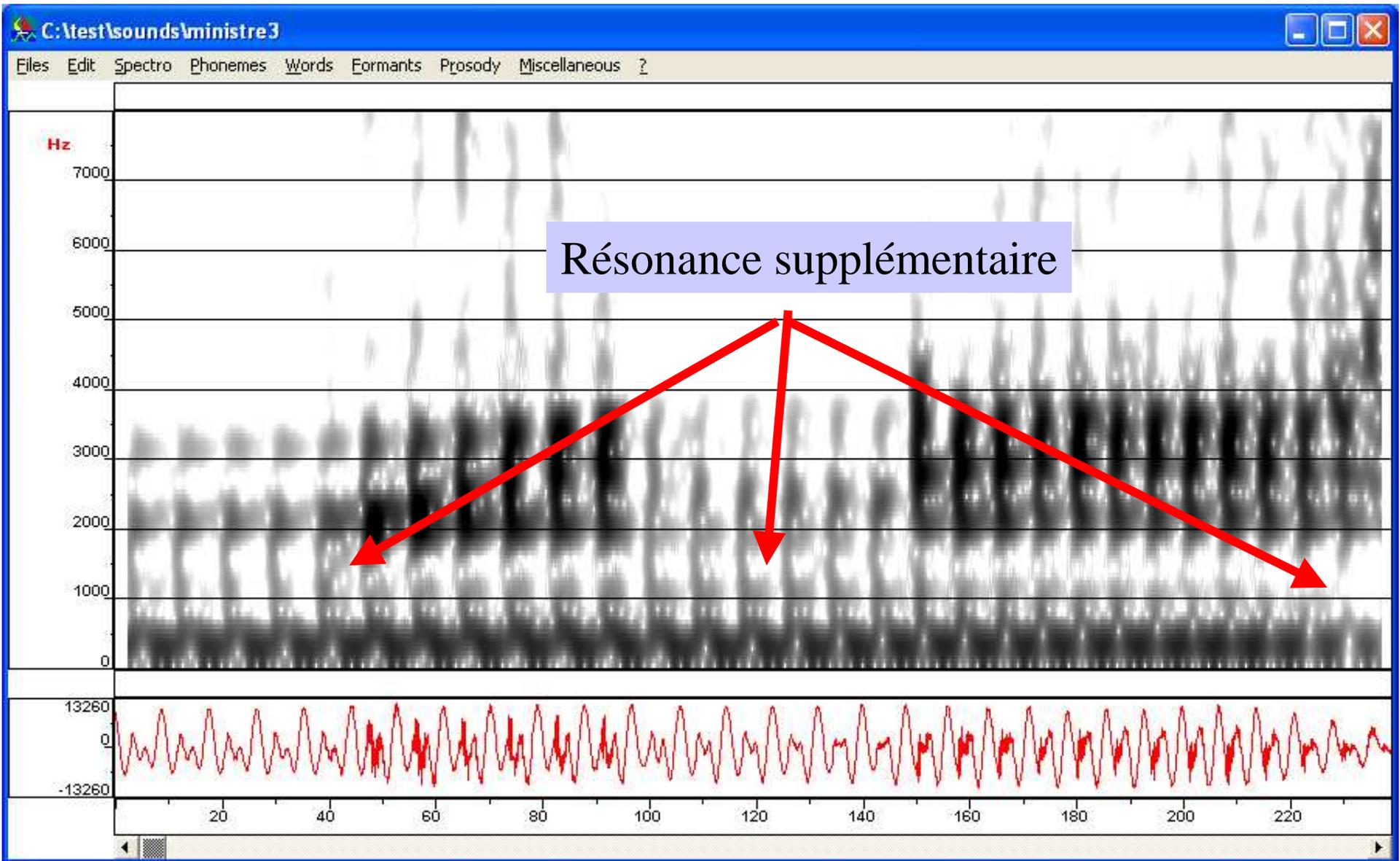
**Peu de couplage
Nécessaire
Pour que la voyelle /i/
Soit perçue comme nasalisée**



Simulation Maeda



Réalité



Résonance supplémentaire

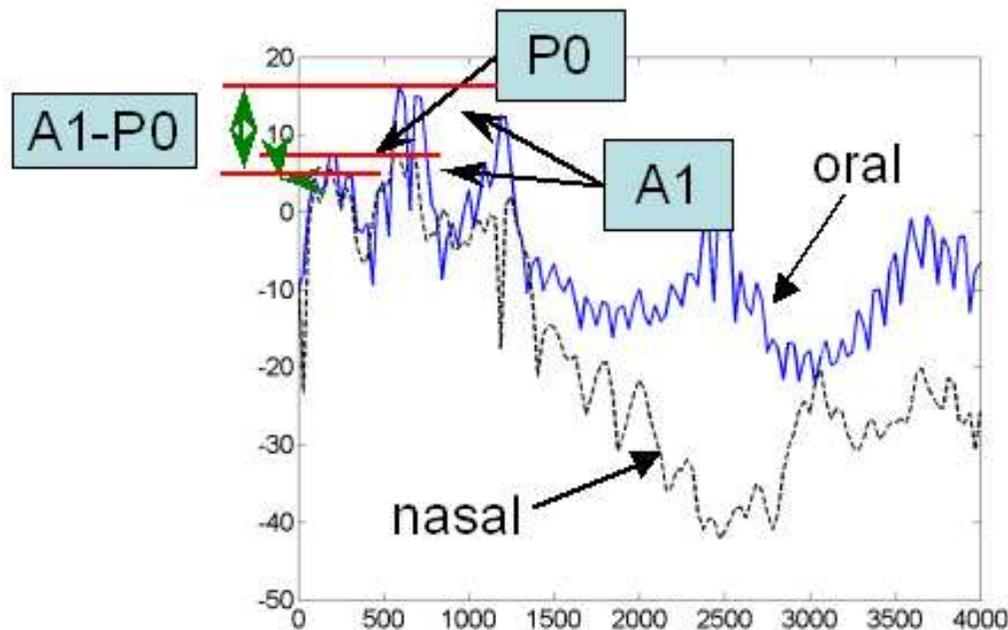
Réalité

empan

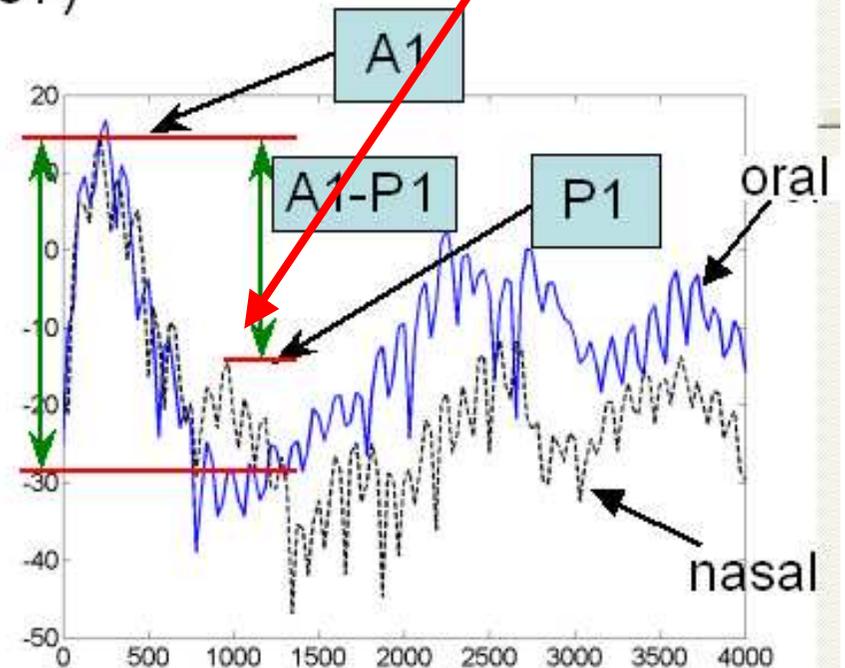
/i/ anglais

Résonance supplémentaire

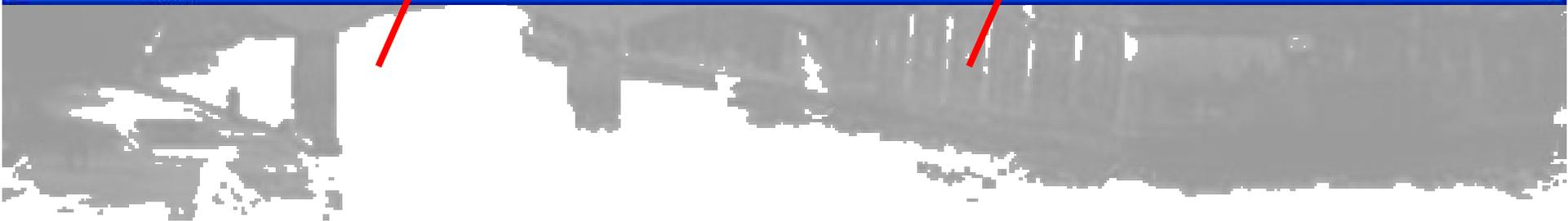
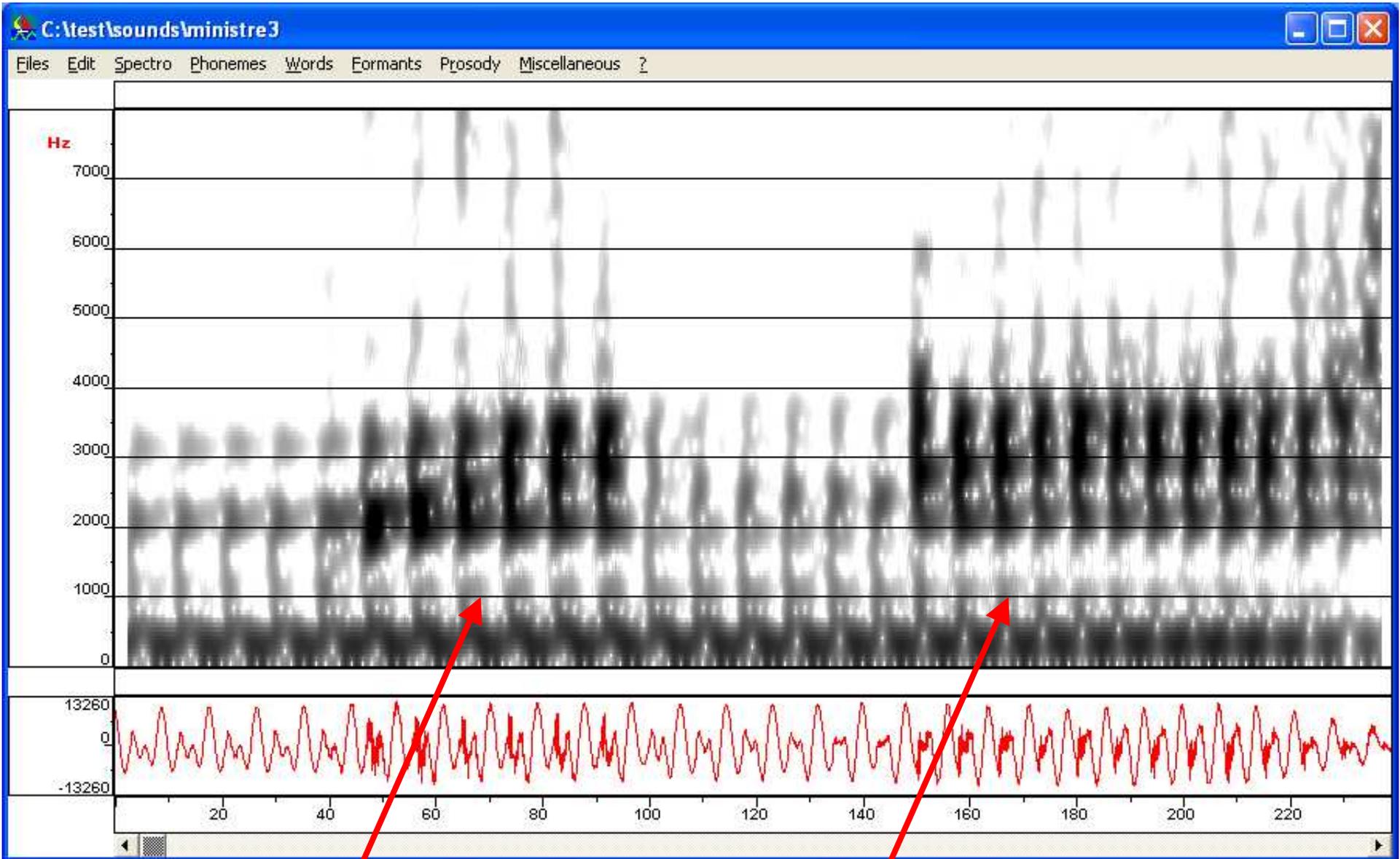
(Chen, 1997)



Low vowel /a:/

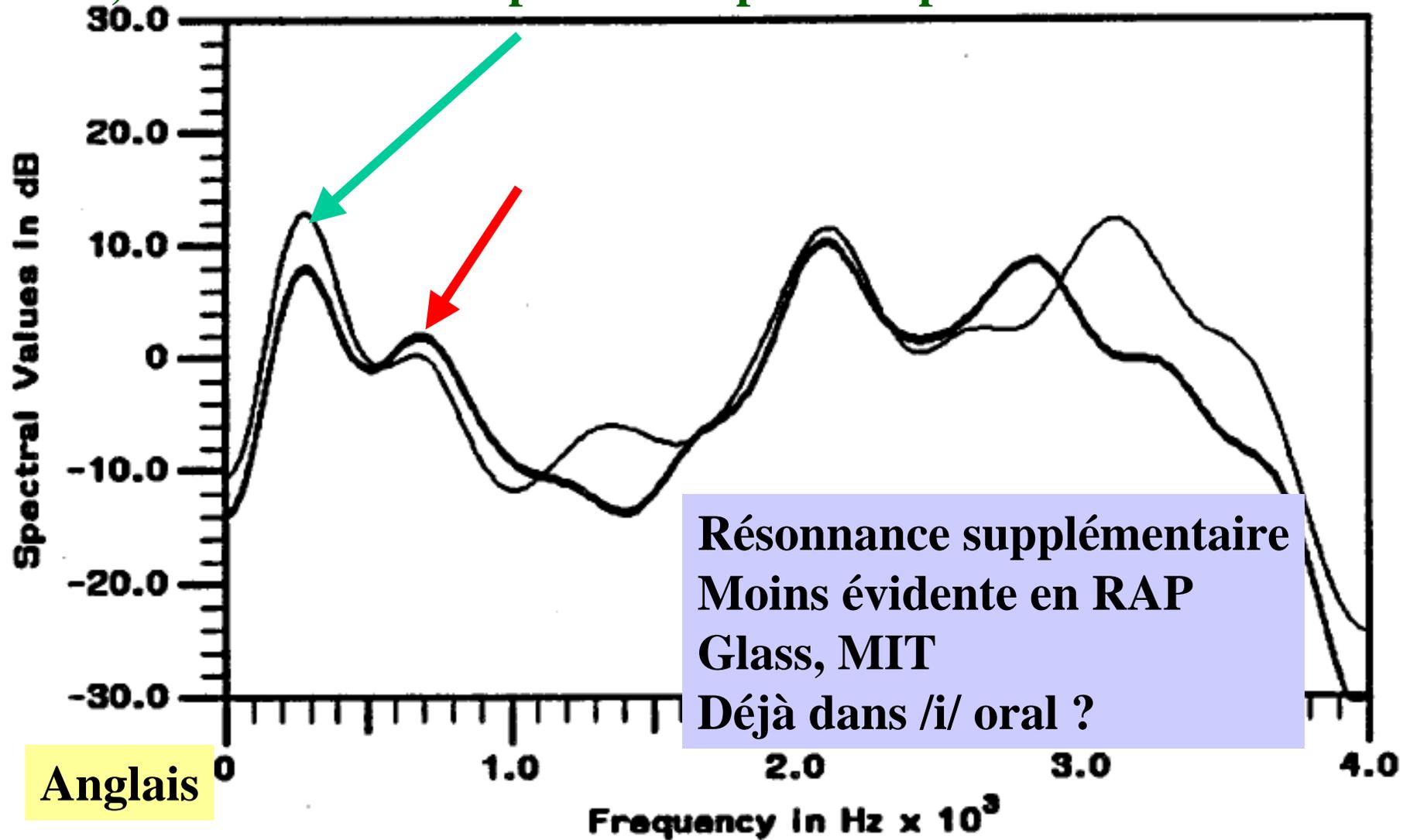


High vowel /i:/



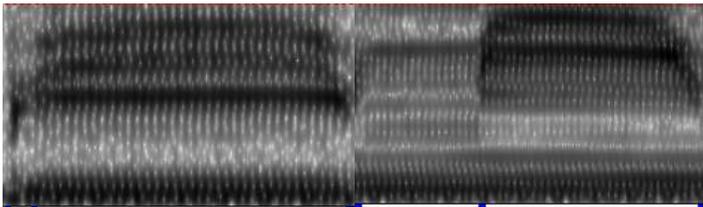
Overlay of Nasalized and Non-nasalized /i/

Ici, réduction de l'amplitude du premier pic



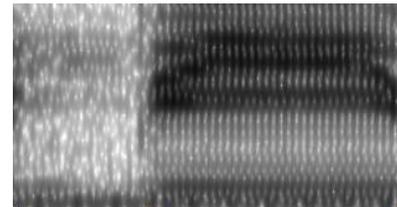
Anglais

Résonance supplémentaire
Moins évidente en RAP
Glass, MIT
Déjà dans /i/ oral ?

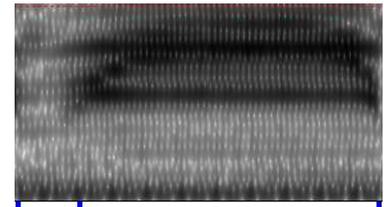


b i m i

| | F0 (Hz) | f1 (Hz) | f2 (Hz) | f3 (Hz) |
|----|---------|---------|---------|---------|
| bi | 241 | 314 | 2604 | 3527 |
| mi | 268 | 571 | 2673 | 3682 |

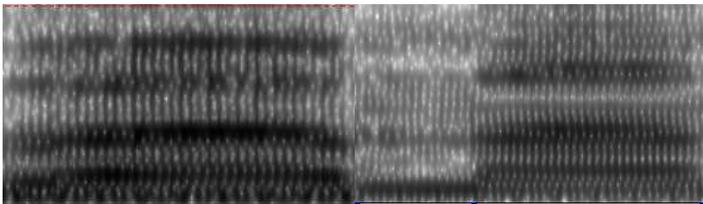


b i



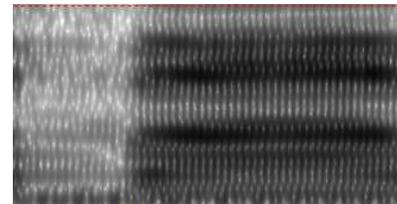
m i

Nez_bouché

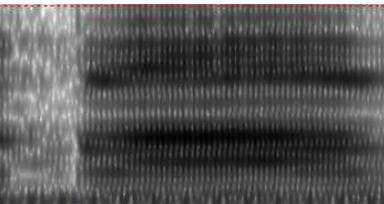


b a m a

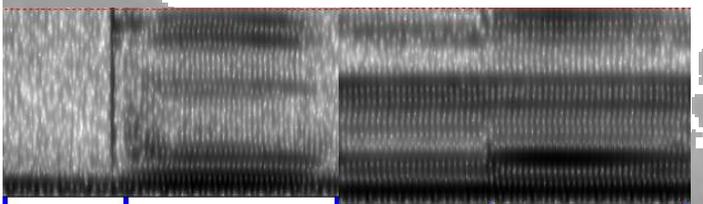
| | F0 (Hz) | f1 (Hz) | f2 (Hz) | f3 (Hz) |
|----|---------|---------|---------|---------|
| ba | 217 | 576 | 1711 | 2997 |
| ma | 260 | 807 | 1678 | 3167 |



b a

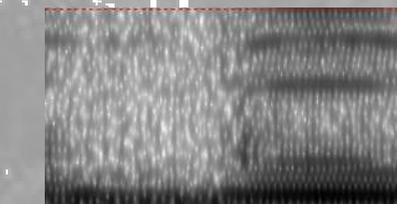


m a

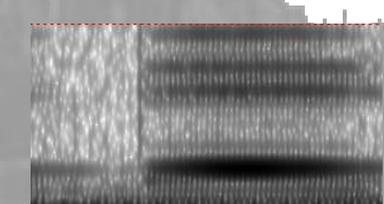


b u m u

| | F0 (Hz) | f1 (Hz) | f2 (Hz) | f3 (Hz) |
|----|---------|---------|---------|---------|
| bu | 249 | 331 | 1011 | 2842 |
| mu | 280 | 324 | 1121 | 2660 |



b u



m u

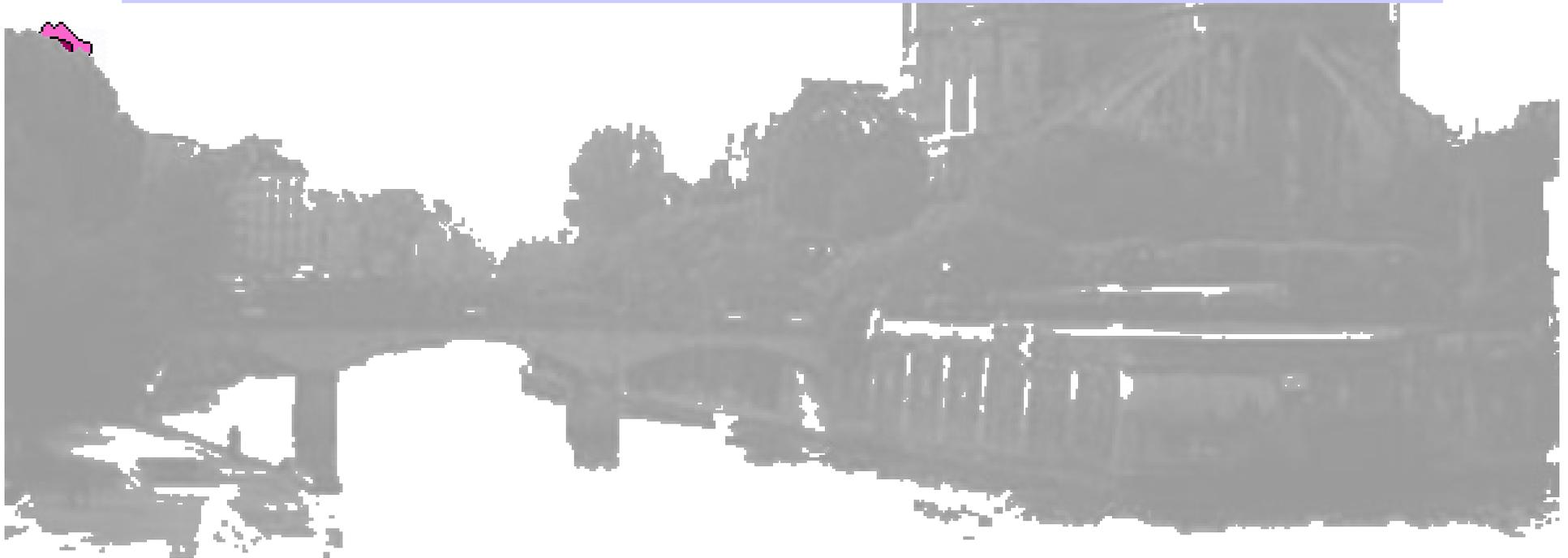
demo

76



conclusions

76



conclusions

- Multisenseur nécessaire pour prendre des données
- Bases de données très utiles pour observer
- Parole spontanée utile pour nuancer les conclusions
- Théorie et faits, fiction and facts (Fant)
- Modélisation est pratique
- Représentation spéciale présentée ici peut-être utile

Merci ...

**Et rendez-vous au cours de
lecture de spectrogrammes
Détection/identification des
voyelles/consonnes nasales
dans la parole continue.**

