

# X Aspects aérodynamiques et acoustiques de la nasalité



Ecole d'Eté  
Porquerolles  
Septembre 2008

Jacqueline Vaissière  
les nasalisés 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



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

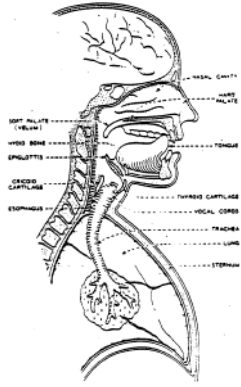
1) Place de ces deux aspects au sein des autres aspects

## 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

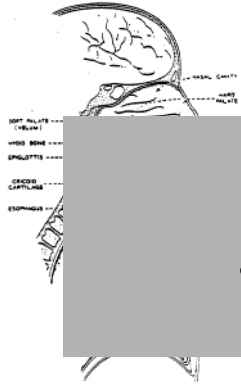
# I) INTRODUCTION

- 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

- [+nasal]

76

- [- nasal]

2 perception  
on entend:  
Extrait ou pas

4 Spectro + perception

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

Basset et al et autres

4 Autres mesures

Aérodynamique

+/-flux

Acoustique

+/-corrélats

Articulatoire

+/- abaissé

+/-ouvert

Style?

spontané

lu

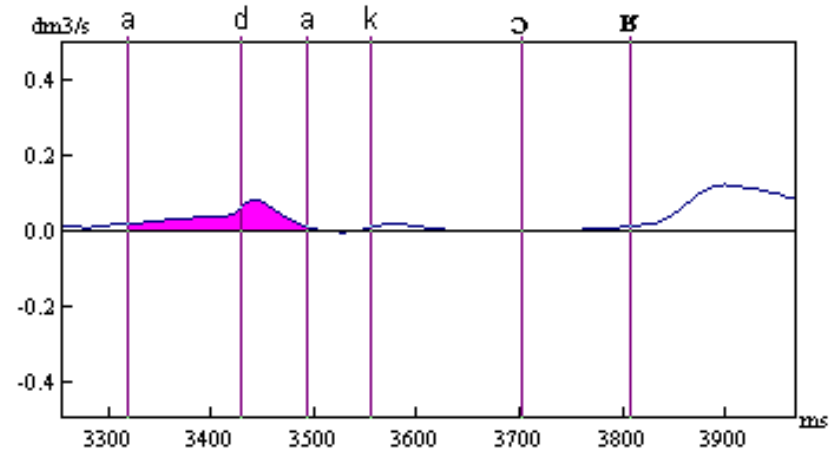
# Exemple 1 et exemple 2

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

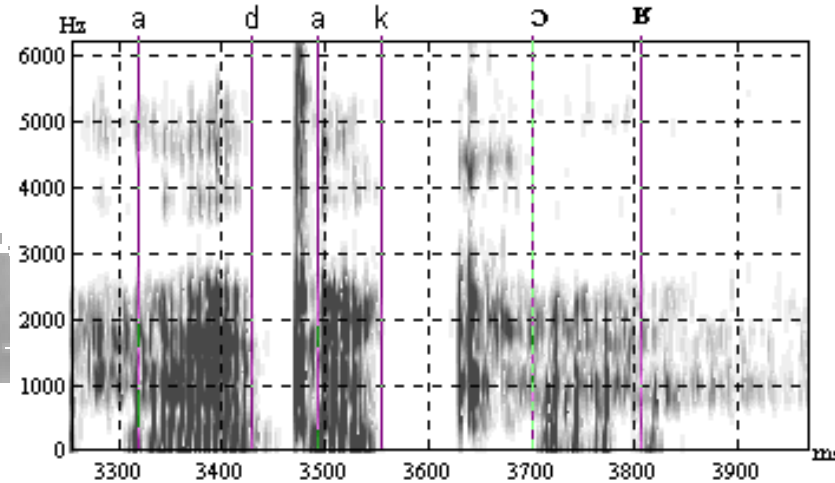
# Sons oraux, phonétique nasalisé sans contexte nasal



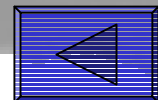
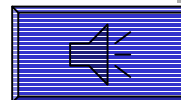
## Spontaneous



« D'accord »



76



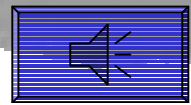
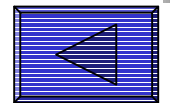
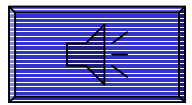
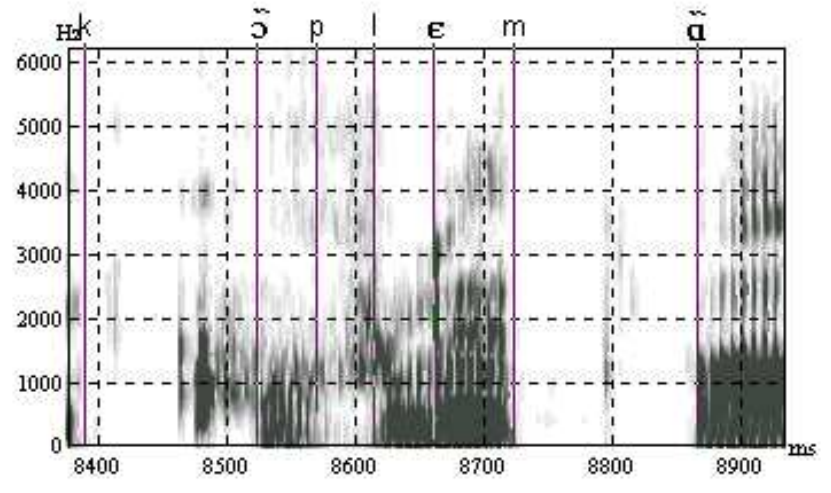
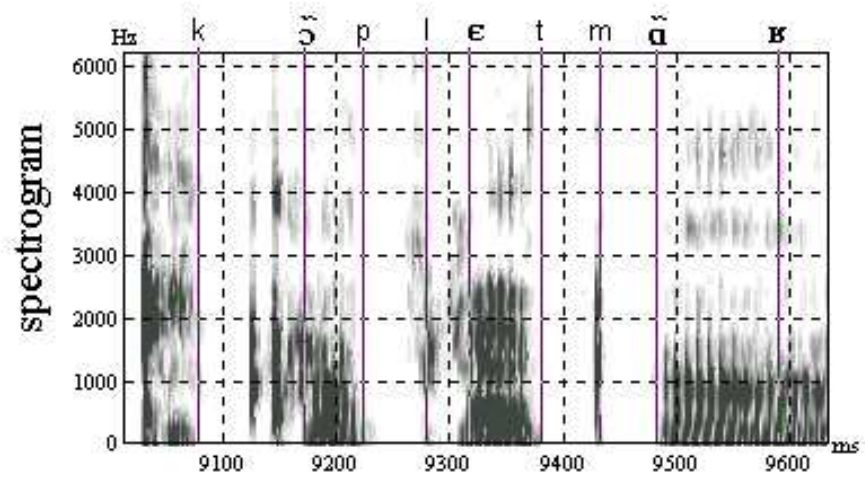
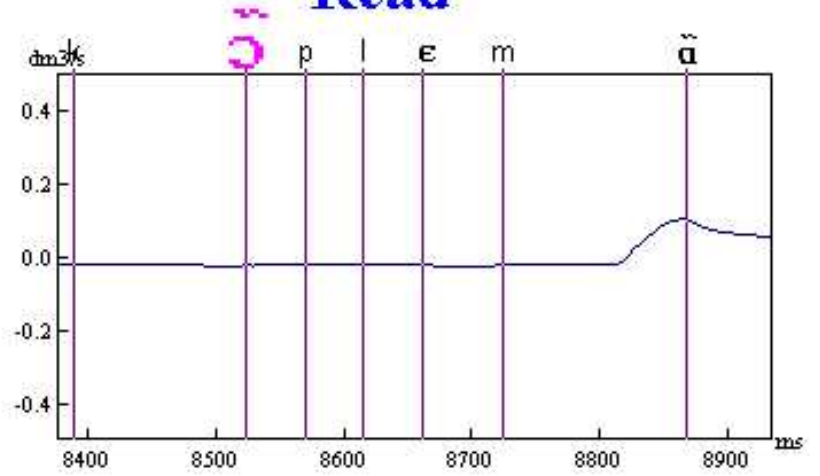
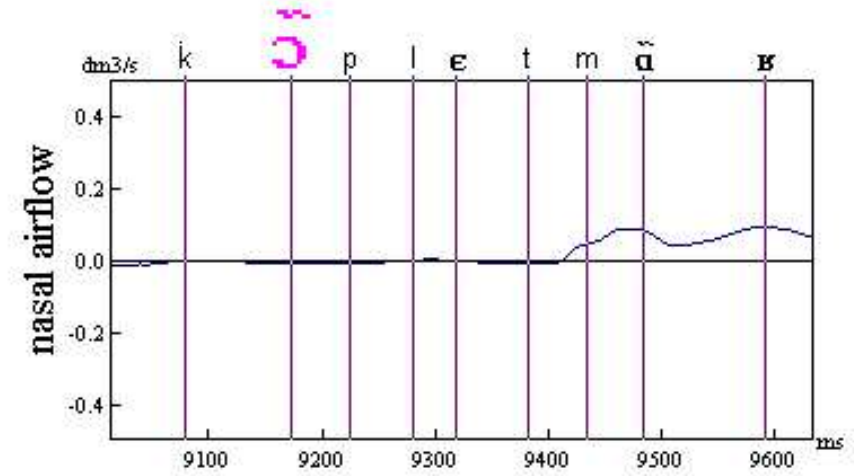


«  
voyelles nasales aérodynamiquement orales


complètement »

Spontaneous

Read



# Exemple 3 et exemple 4

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

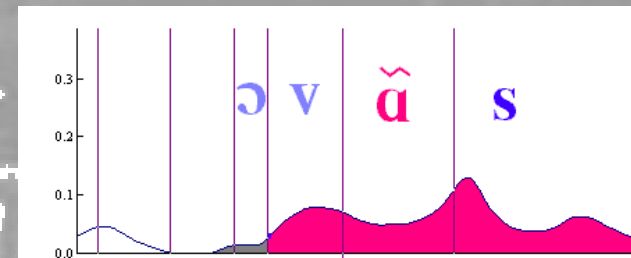
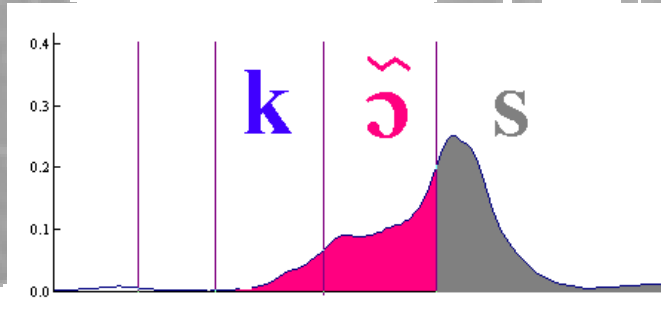
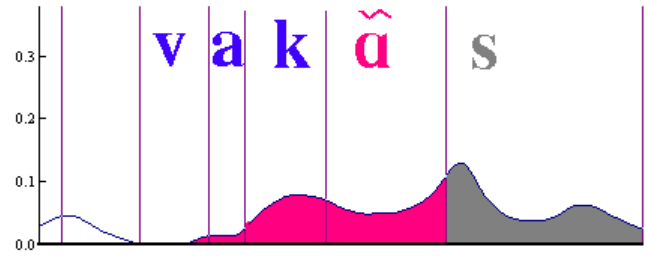
- **Consonnes orales  
aérodynamiquement  
nasales**
- **par nasalisation  
contextuelle**
- **perçues comme  
nasales**



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



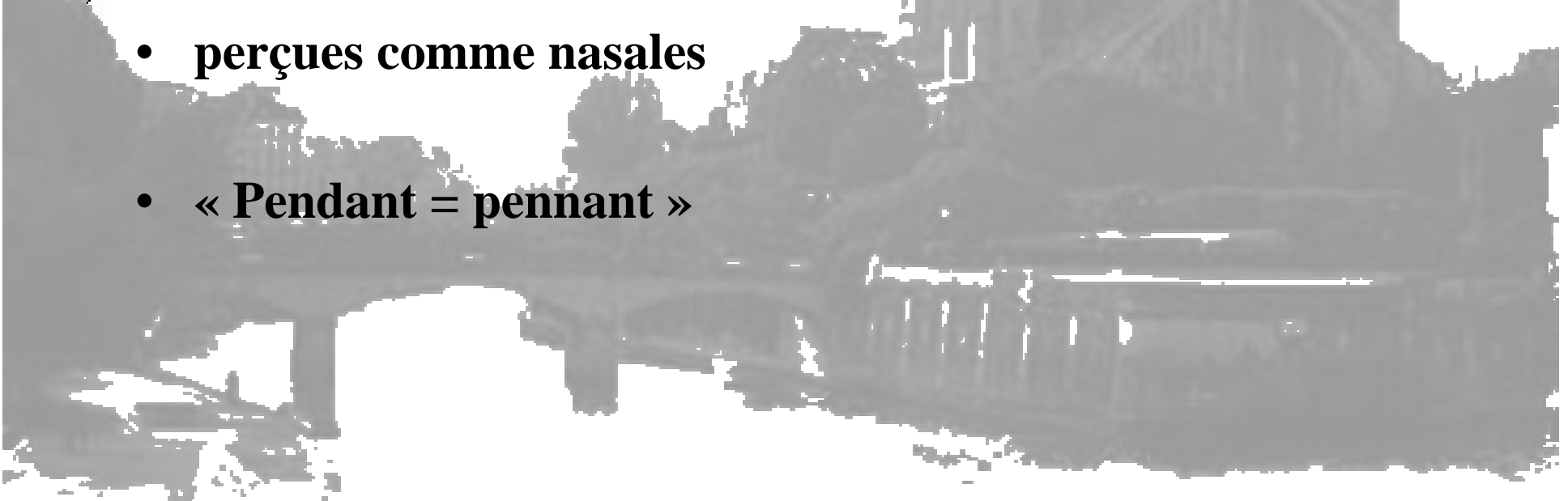
76





# Exemple 5 et exemple 6

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

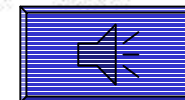
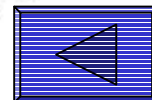
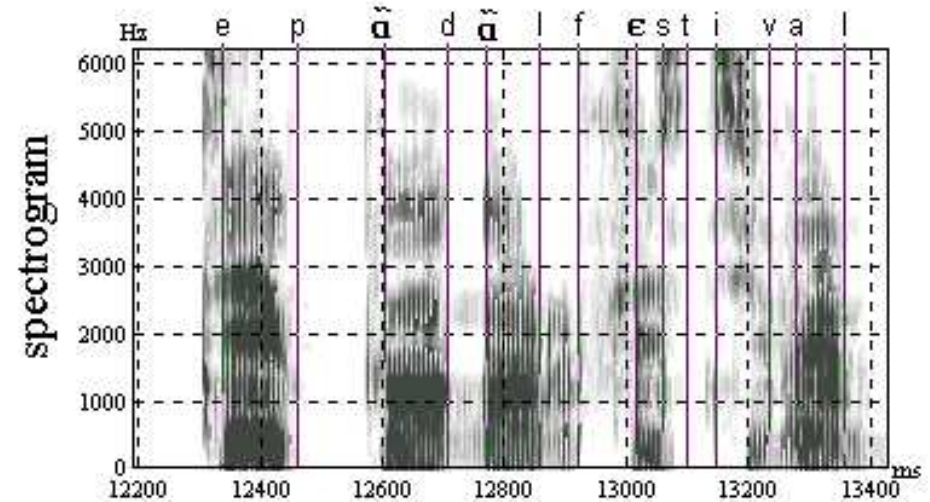
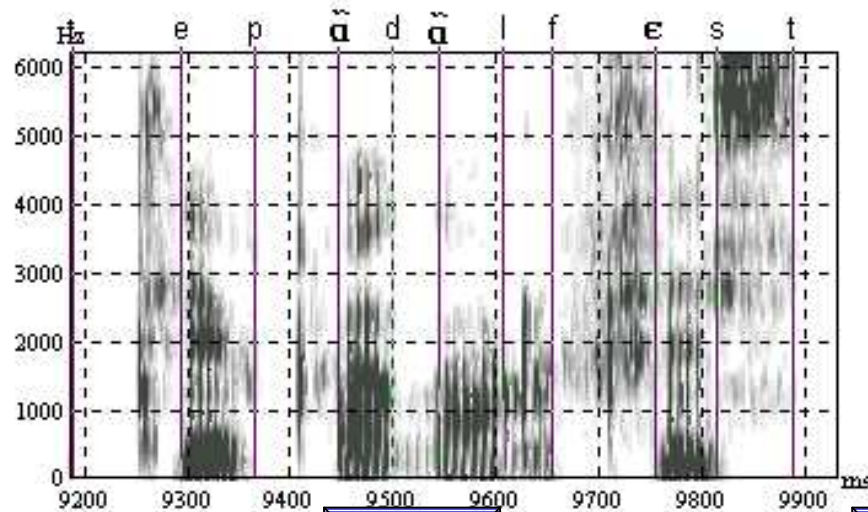
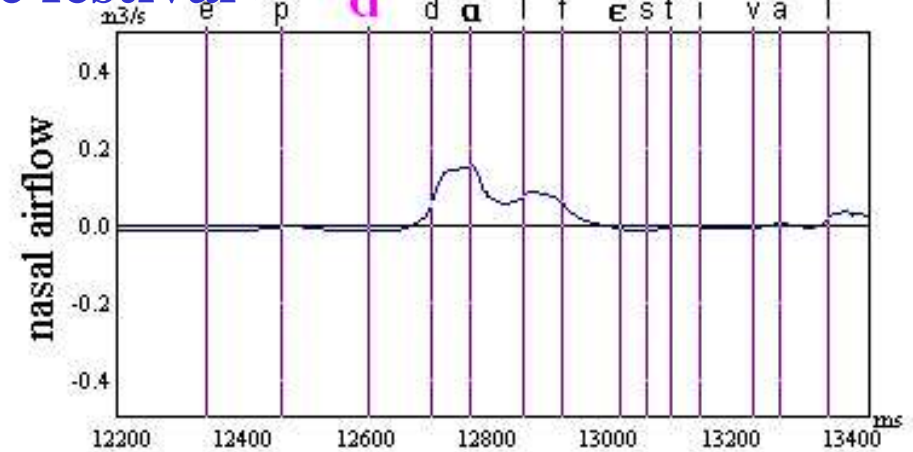
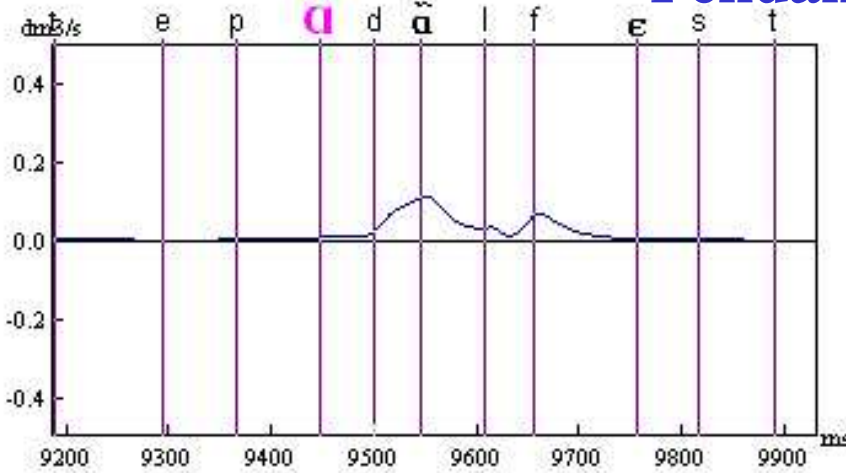


# Consonnes orales aéro-dynamiquement nasales par nasalisation contextuelle perçues comme nasales

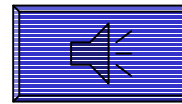
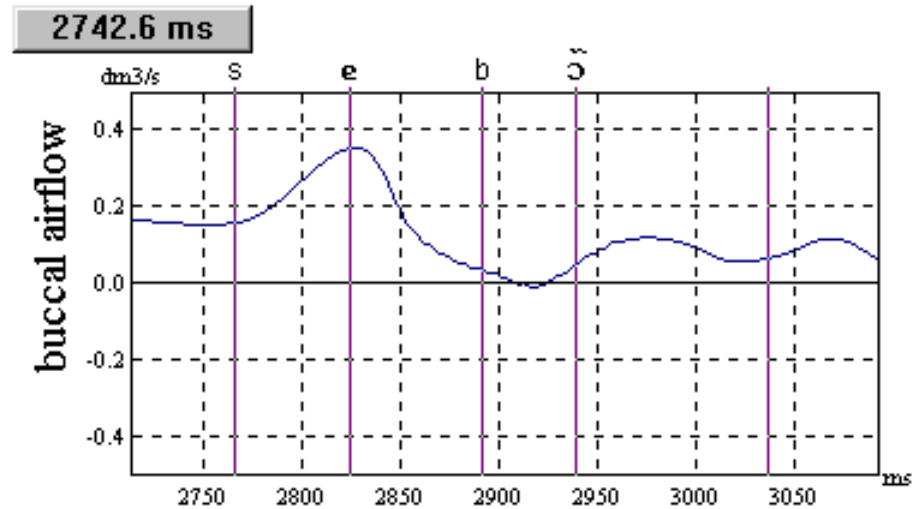
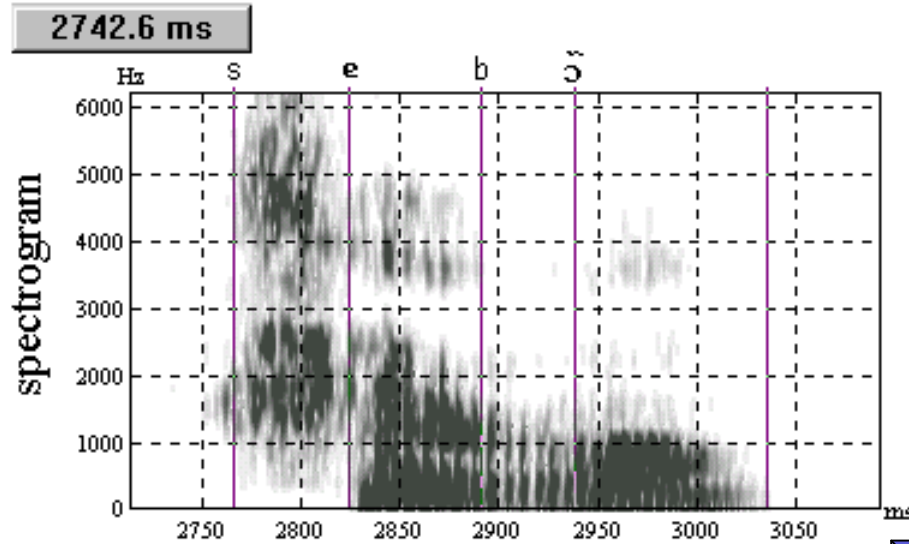
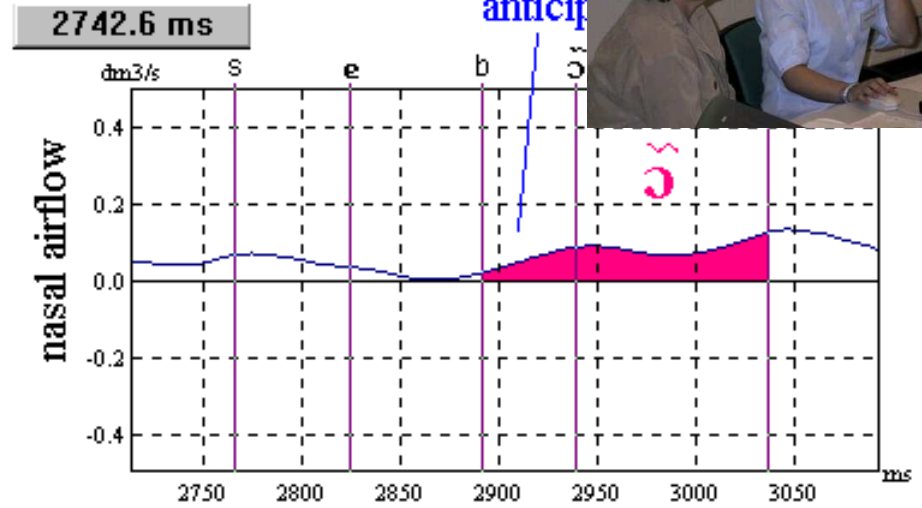
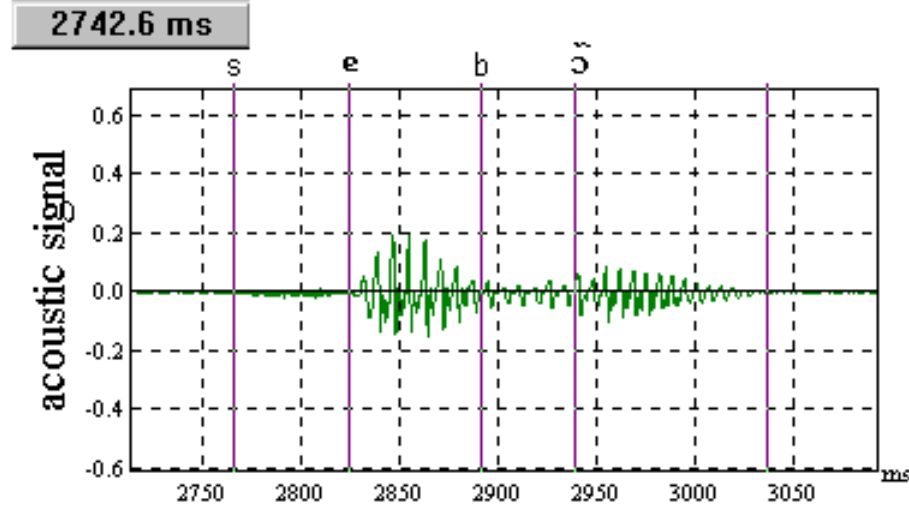


Read

Spontaneous Pendant le festival »



# «C'est bon»



# Exemple 7

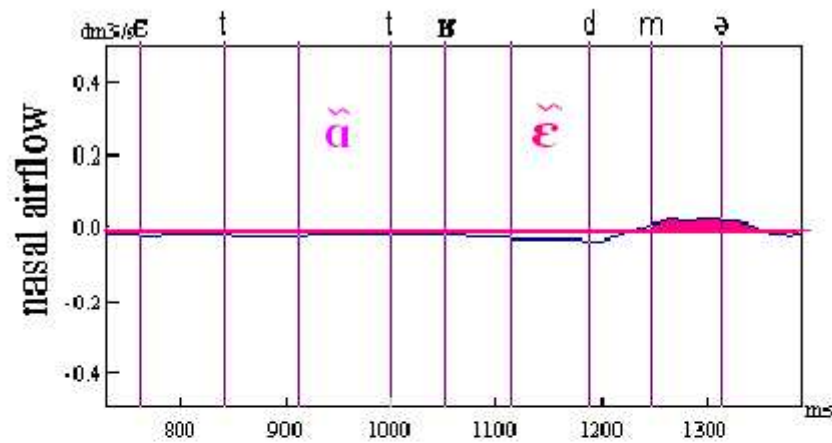
- **Voyelles nasales  
aérodynamiquement  
orales**
- **dénasalisation**



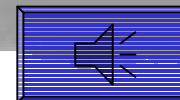
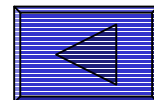
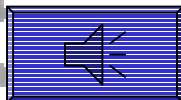
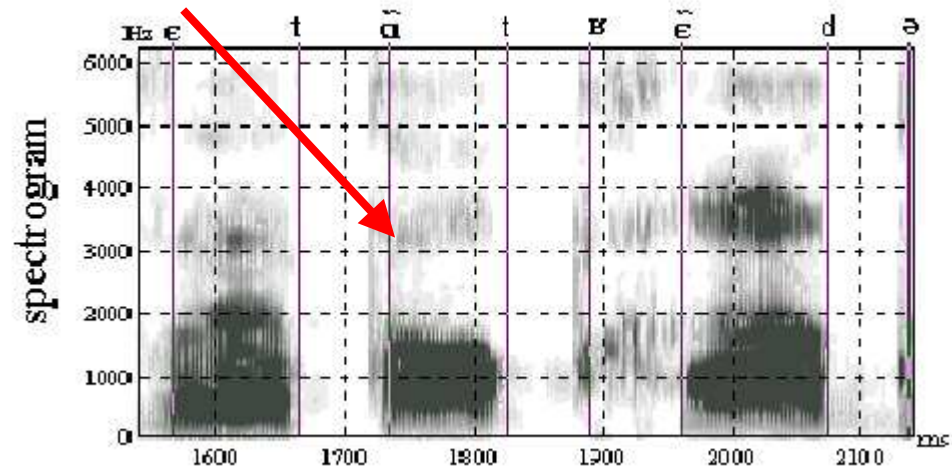
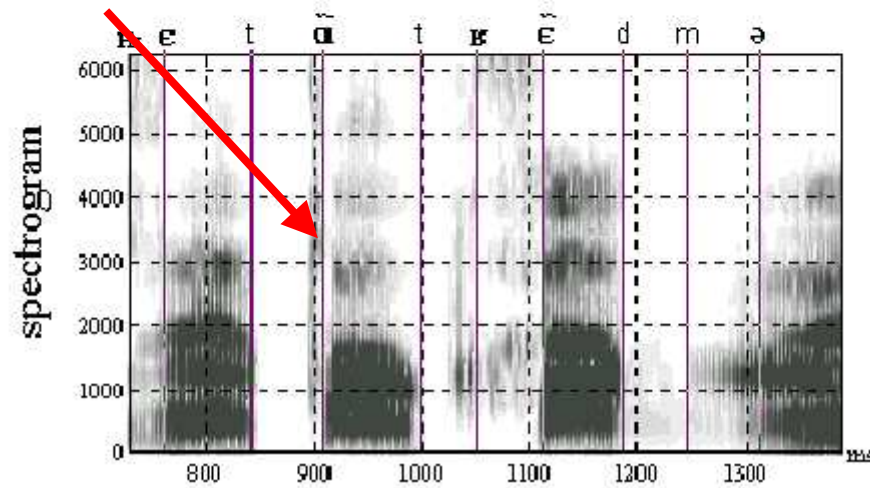
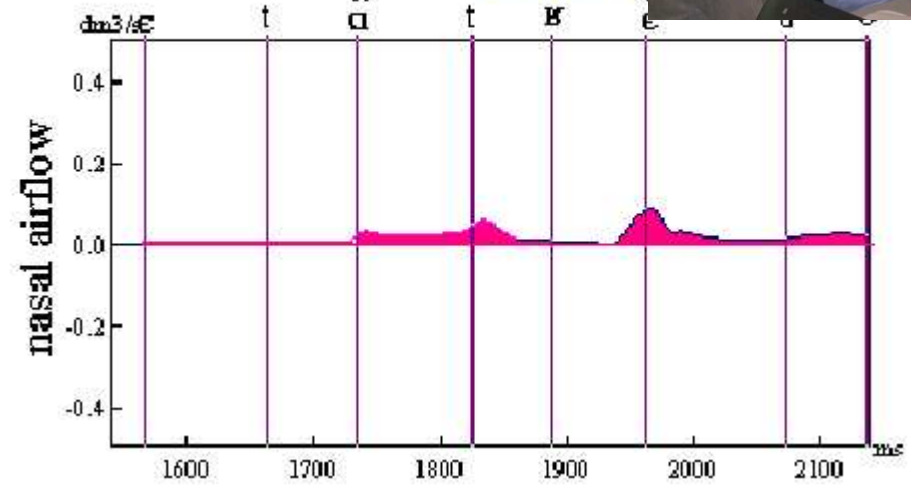
# Voyelles nasales aéro-dynamiquement orales dé-nasalisation



Spontaneous



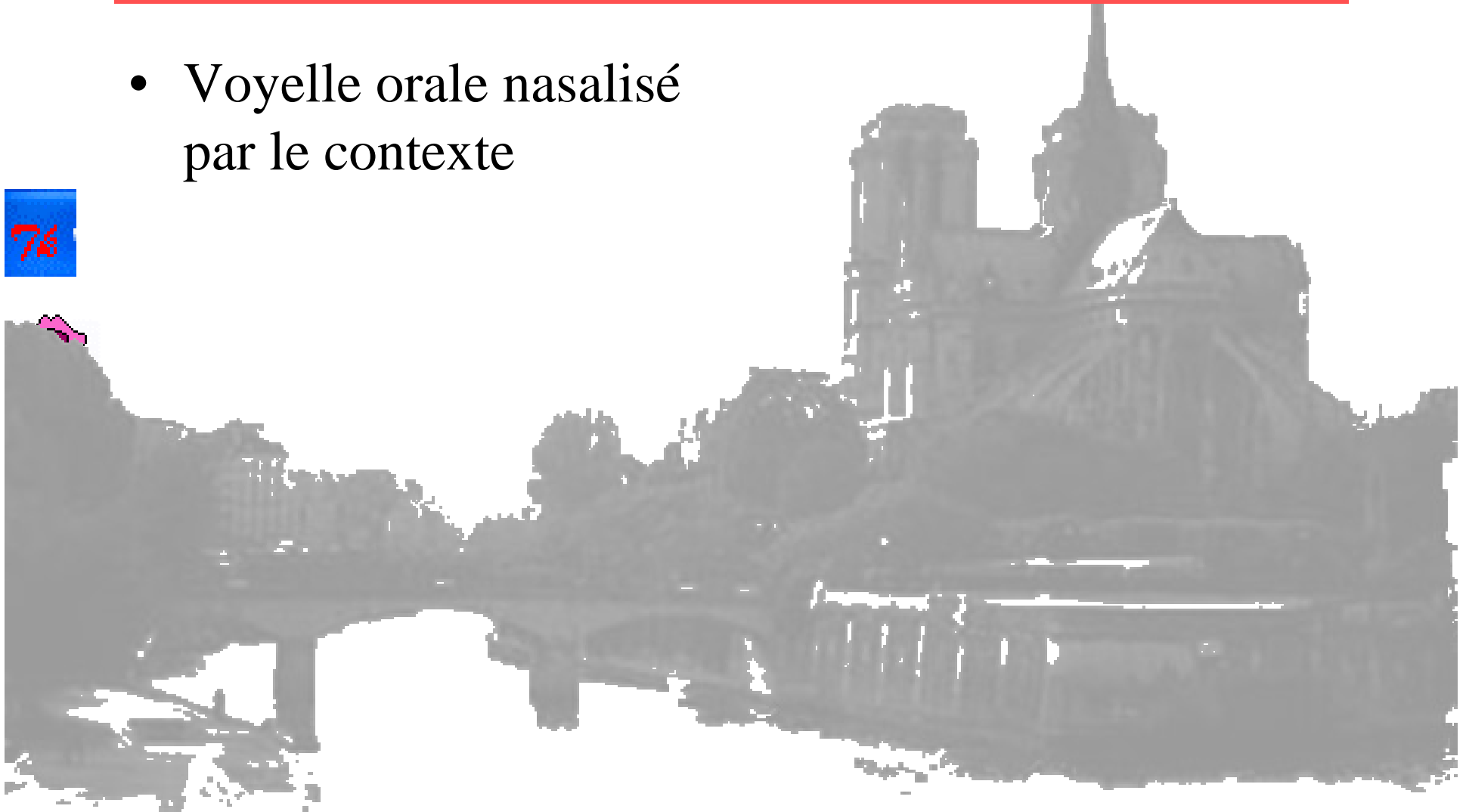
Read



# Exemple 8

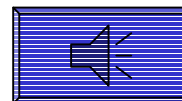
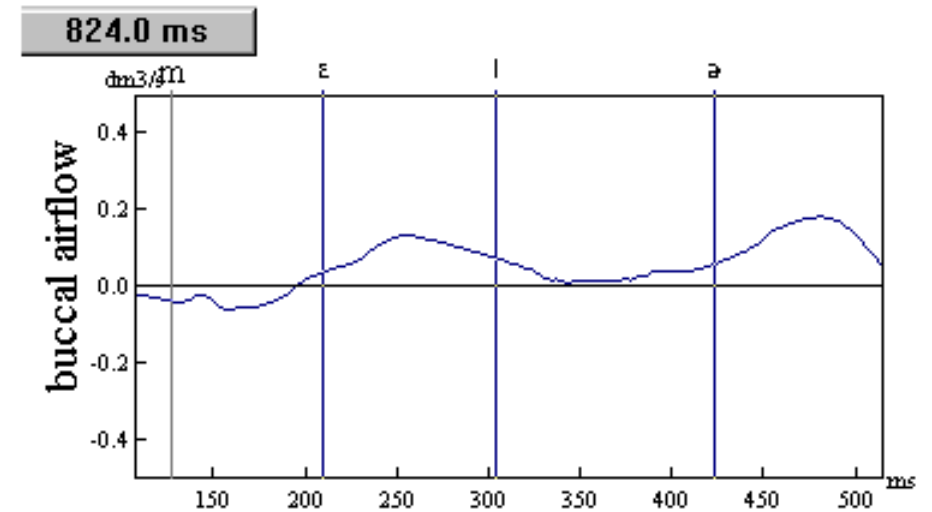
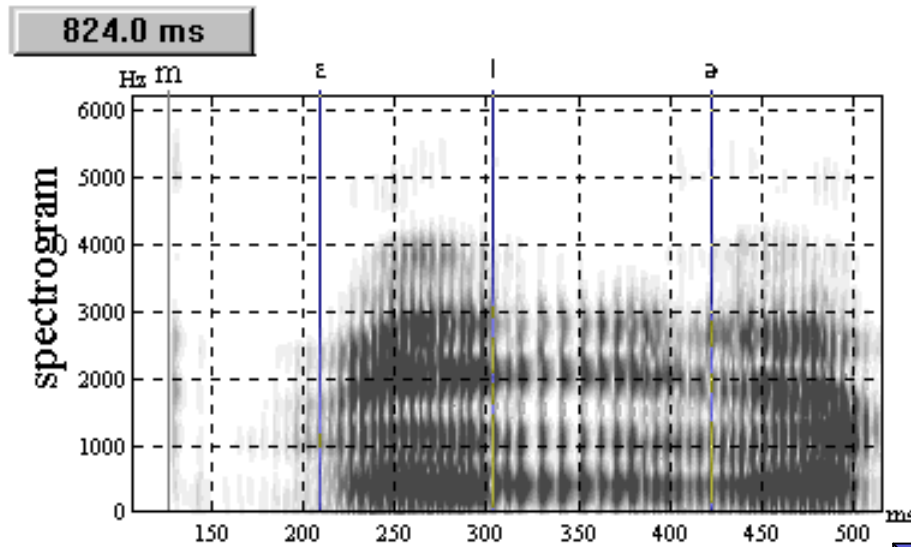
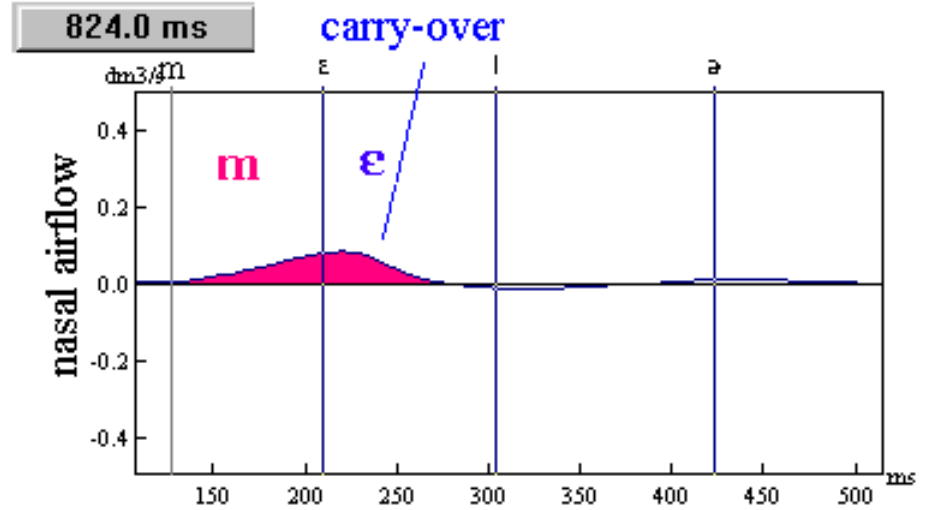
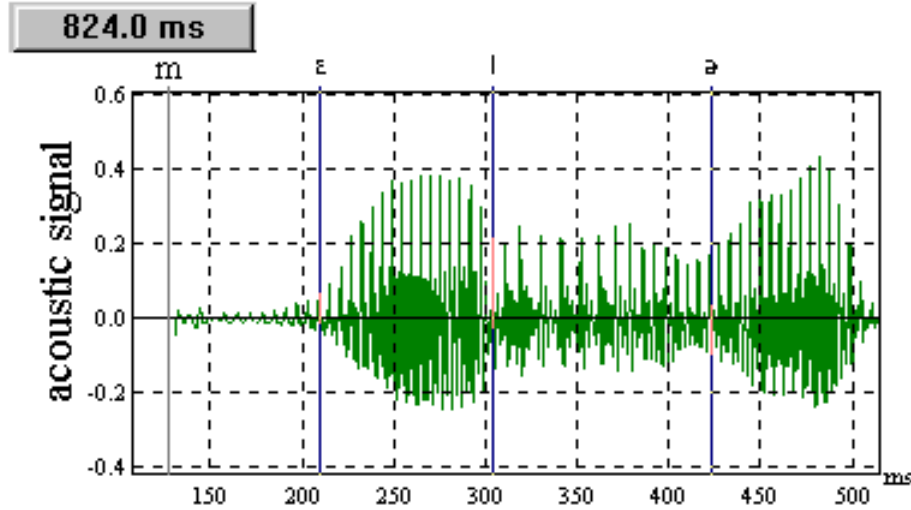
- Voyelle orale nasalisé par le contexte

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 entend:  
Extrait ou pas

76

- On sait moins que
  - Dépend de la fenêtre d'analyse
- - 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



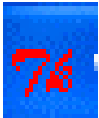
# Et sur leur transcription API

- 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

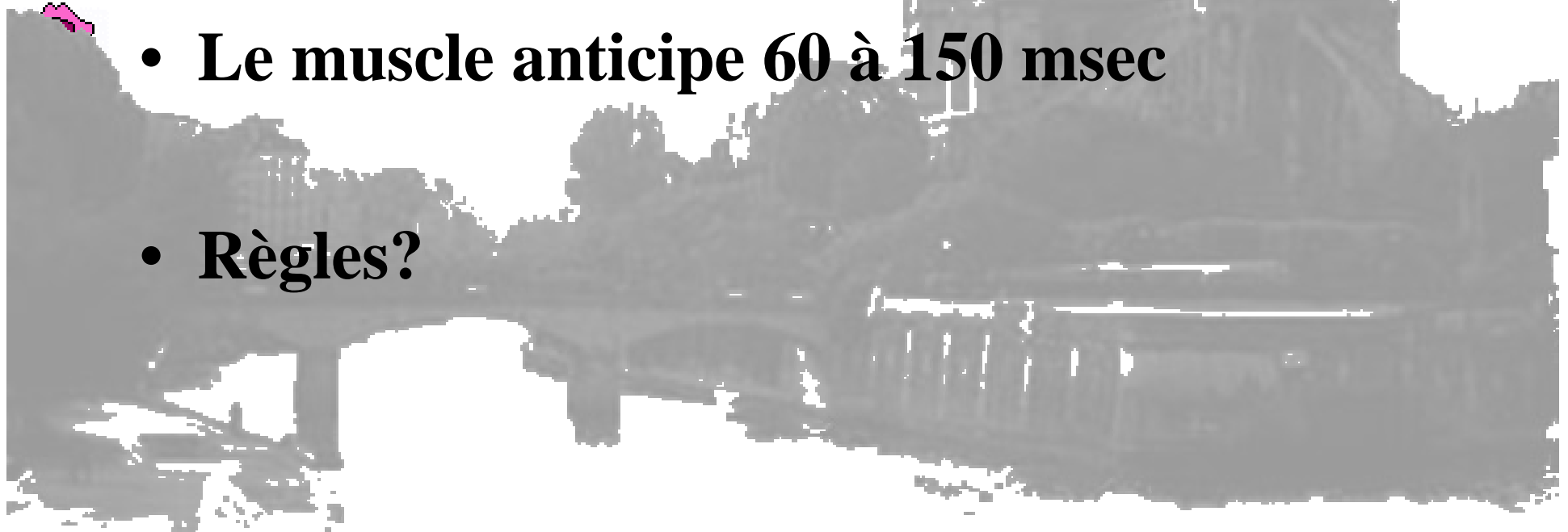
Relaxation du levator palatini est la cause principale de l'abaissement du voile du palais



- 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!

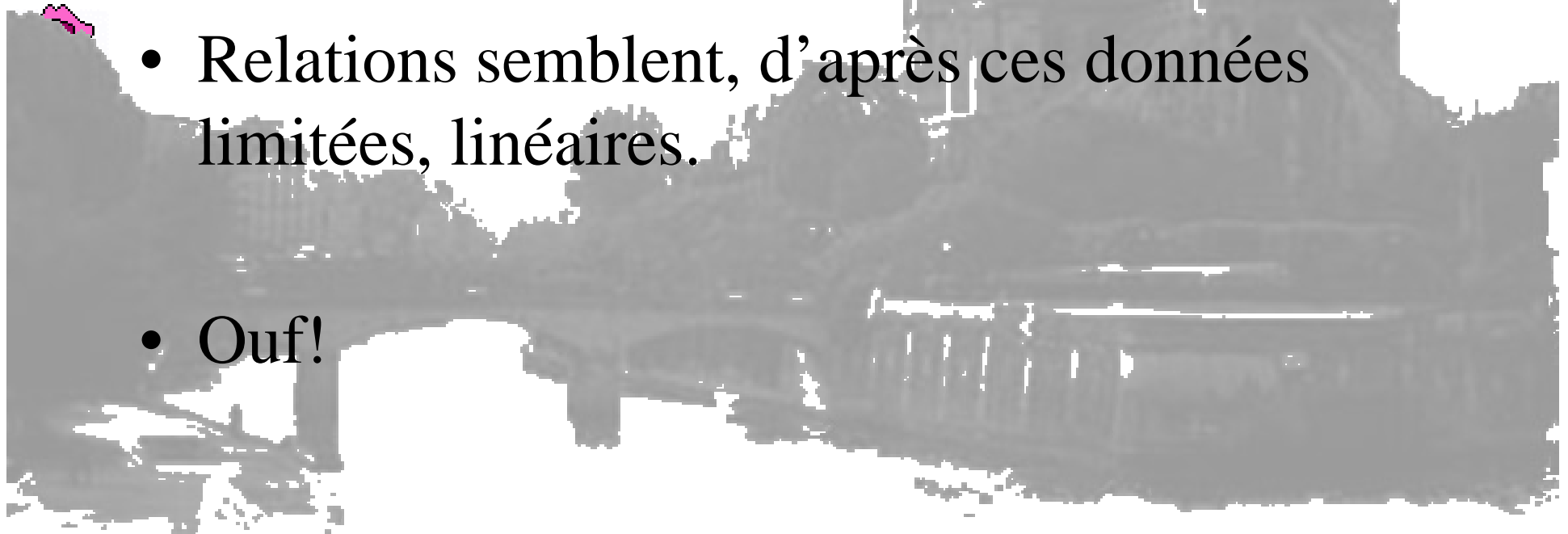
### 3) **Mouvement du voile du palais et hauteur**

## 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

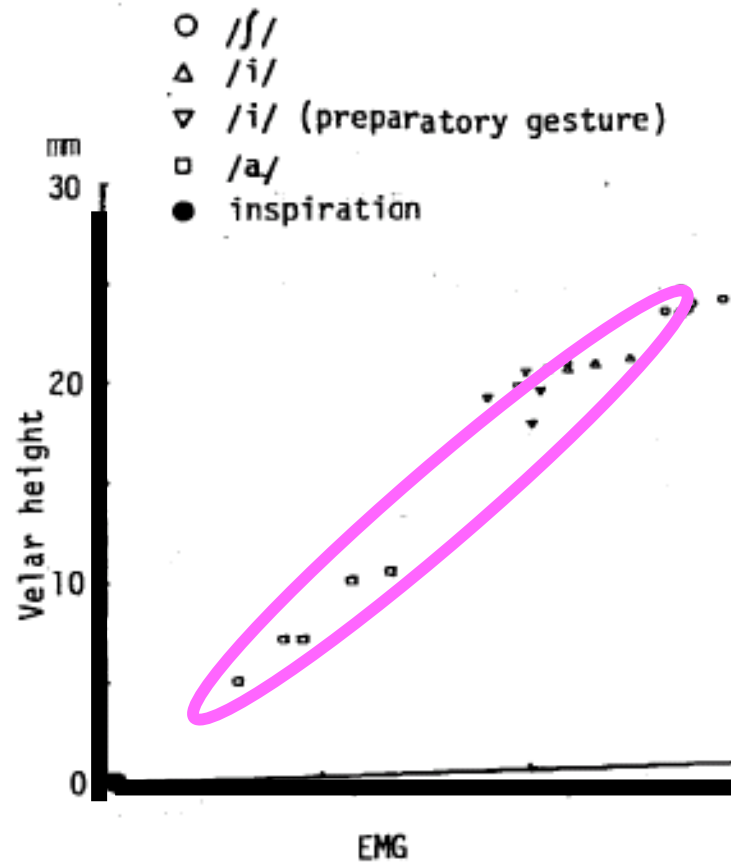
## a) Levator palatini versus ouverture du port

- 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**

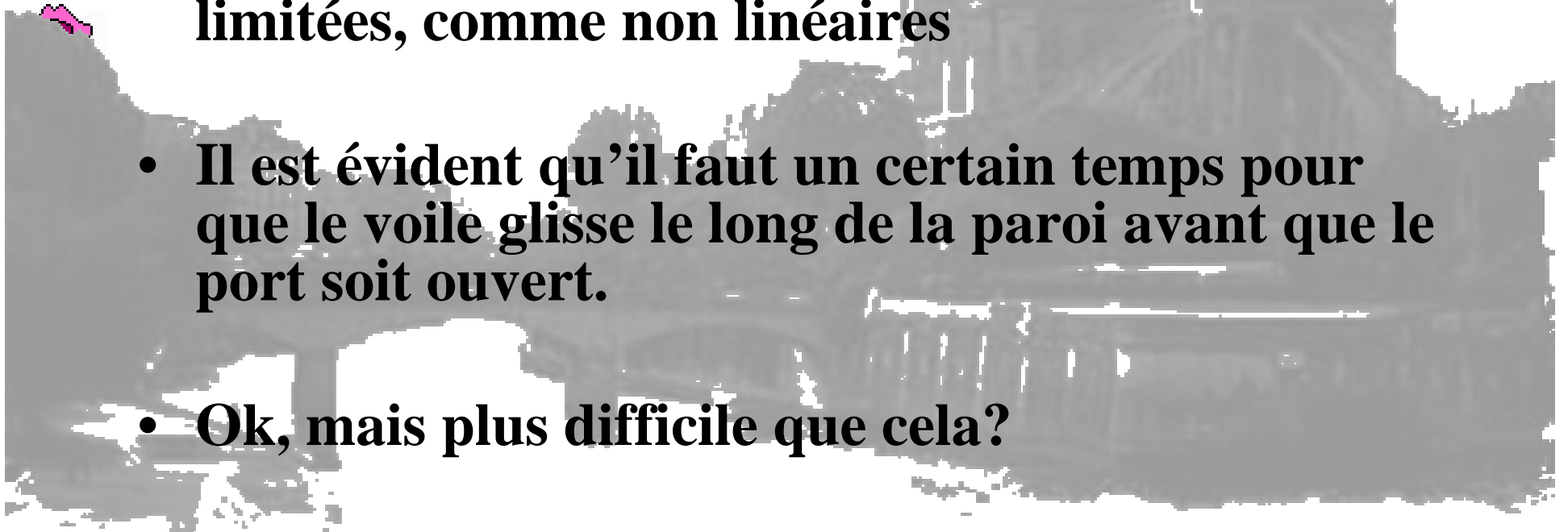
3) Hauteur intrinsèque du voile

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 ?

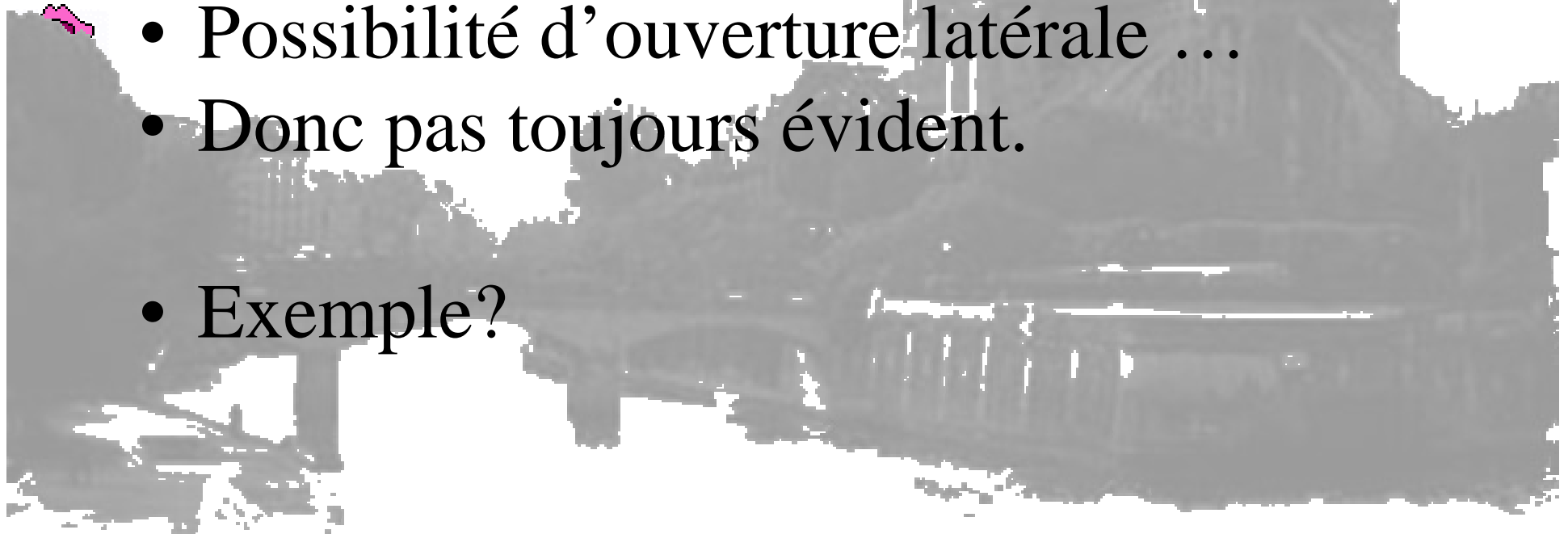
- Oui !
- Sans conteste
- Voix normales



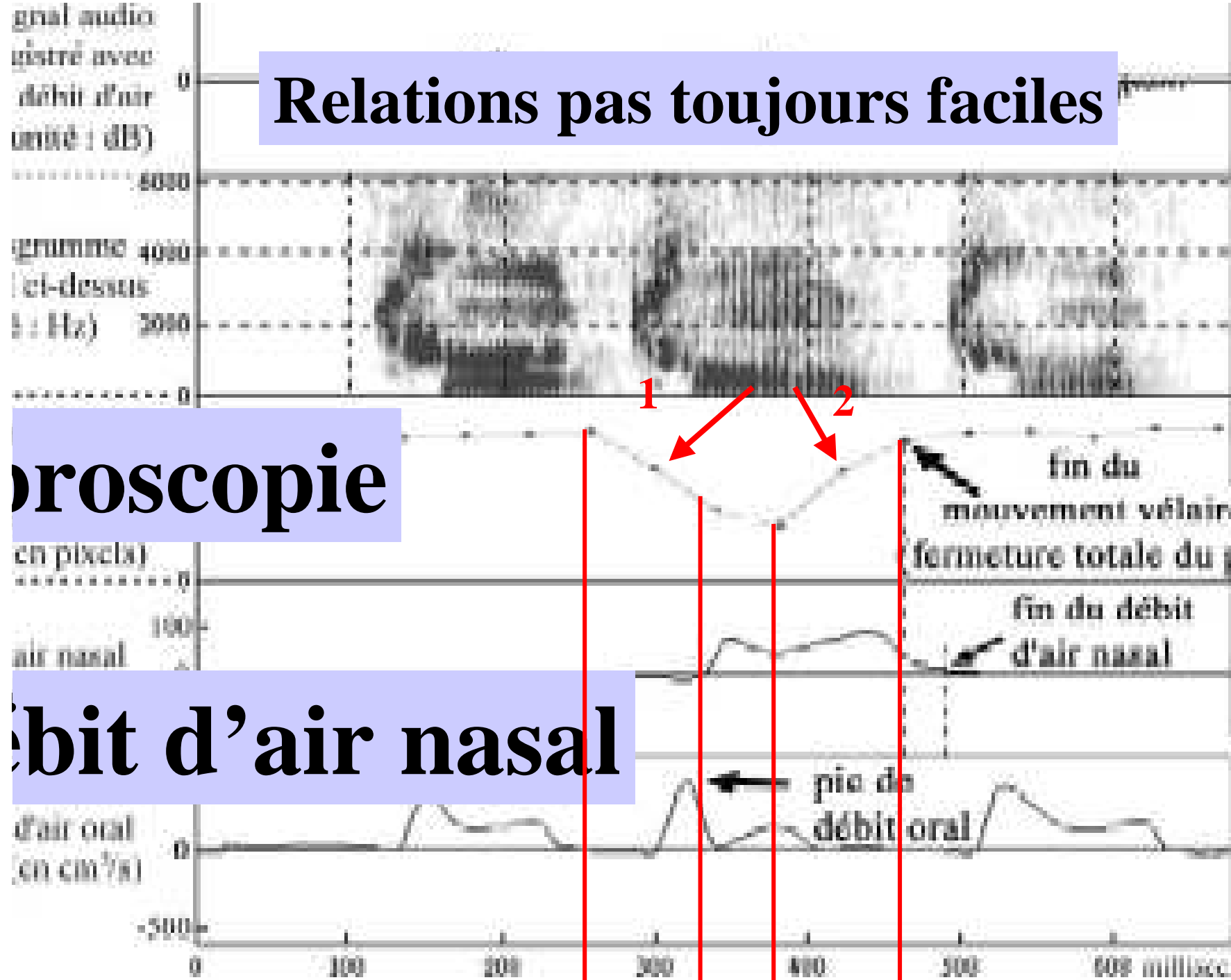
A hauteur du voile du palais égale,  
port ouvert de la même façon?

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

76



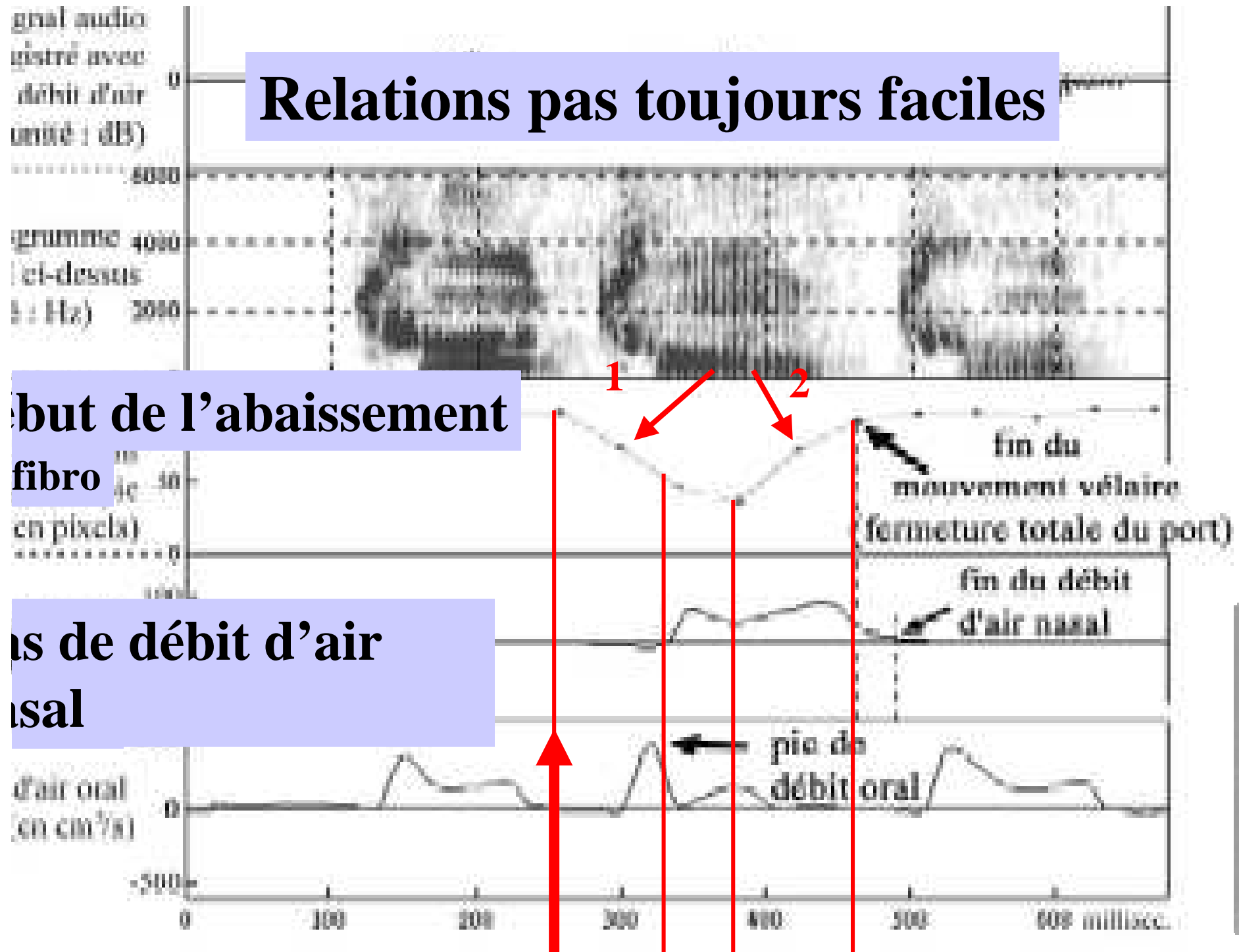
# Relations pas toujours faciles



proscopie

bit d'air nasal

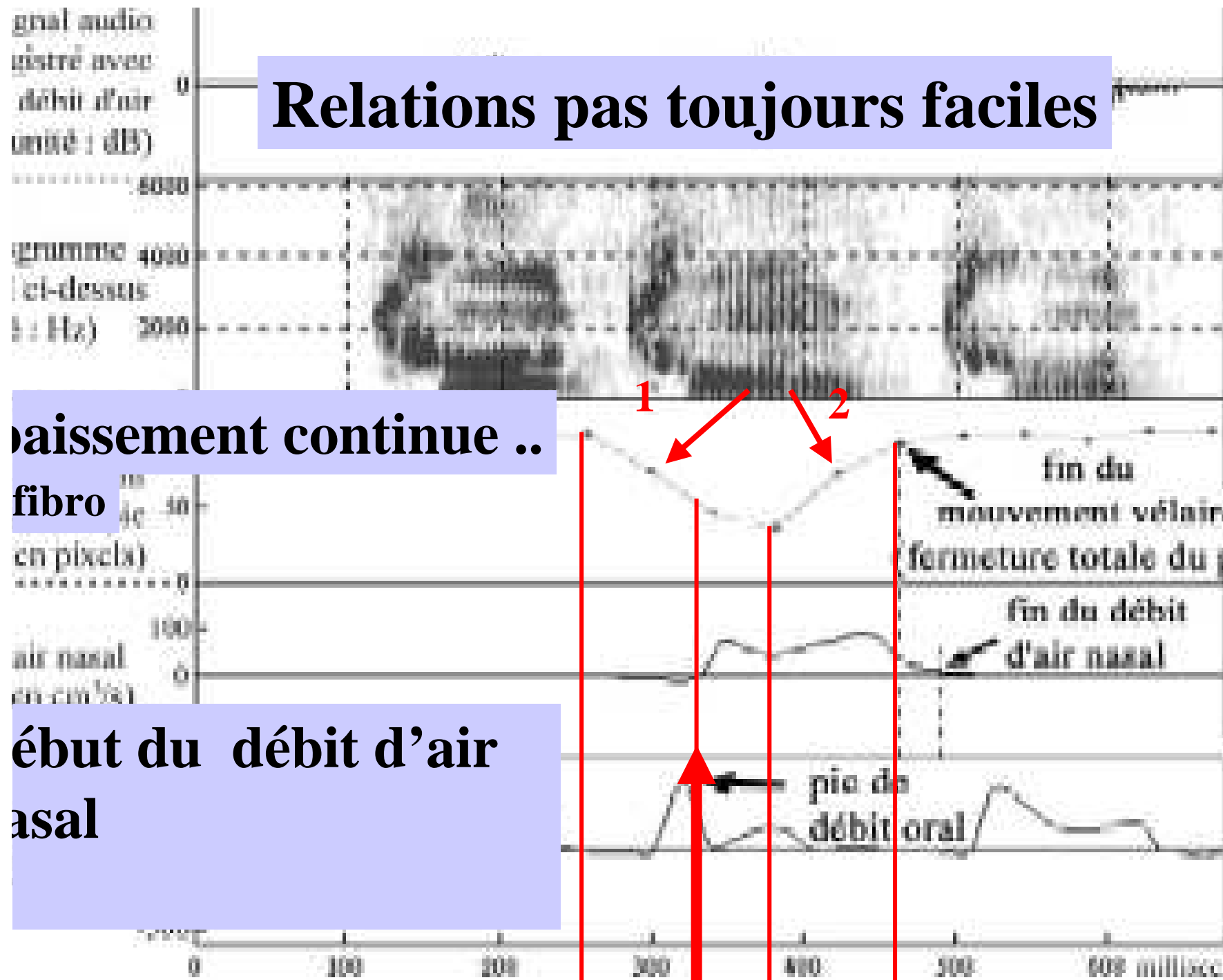
# Relations pas toujours faciles



but de l'abaissement  
fibro

as de débit d'air  
asal

# Relations pas toujours faciles



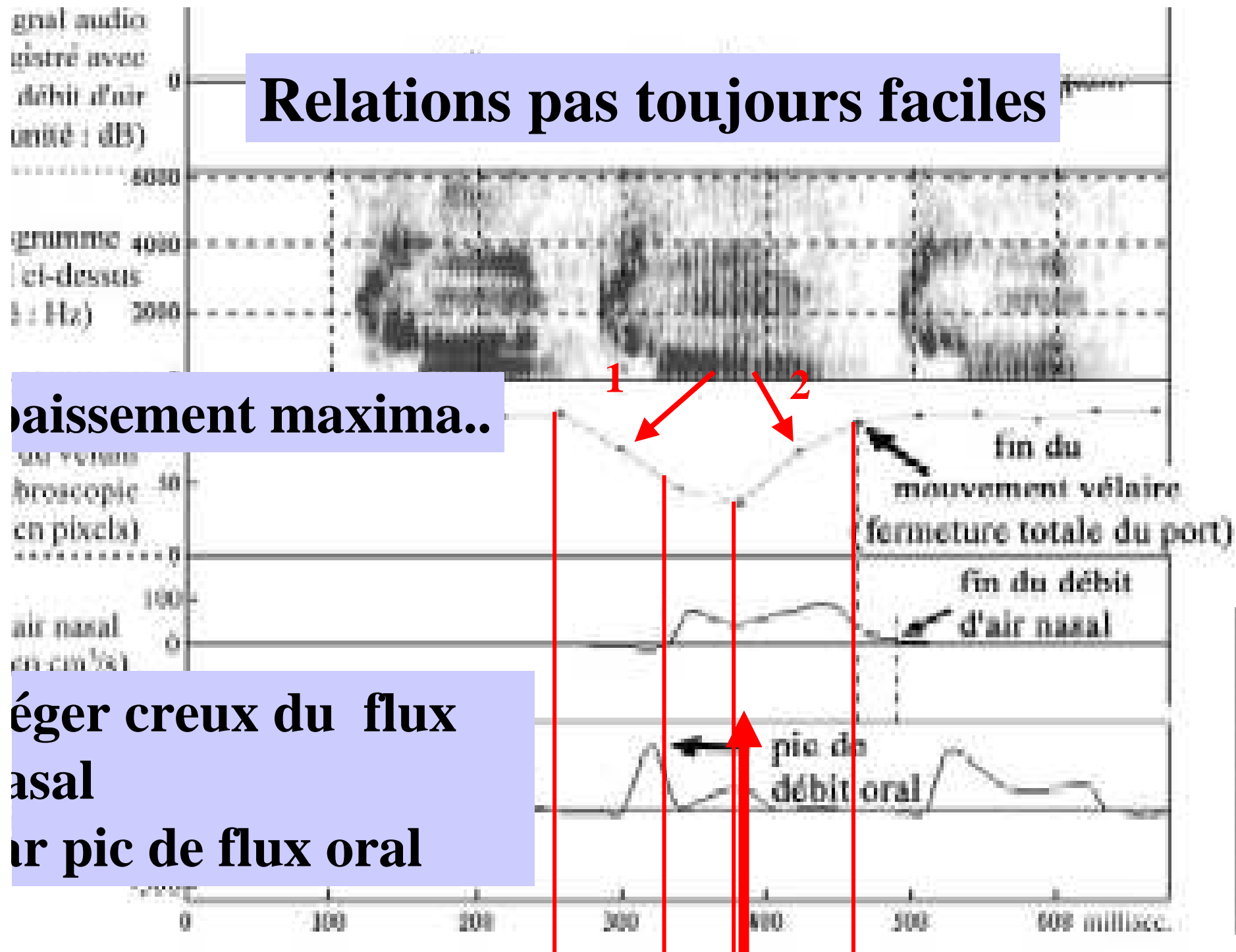
baissement continue ..

fibro

en pixels)

ébut du débit d'air  
nasal

# Relations pas toujours faciles



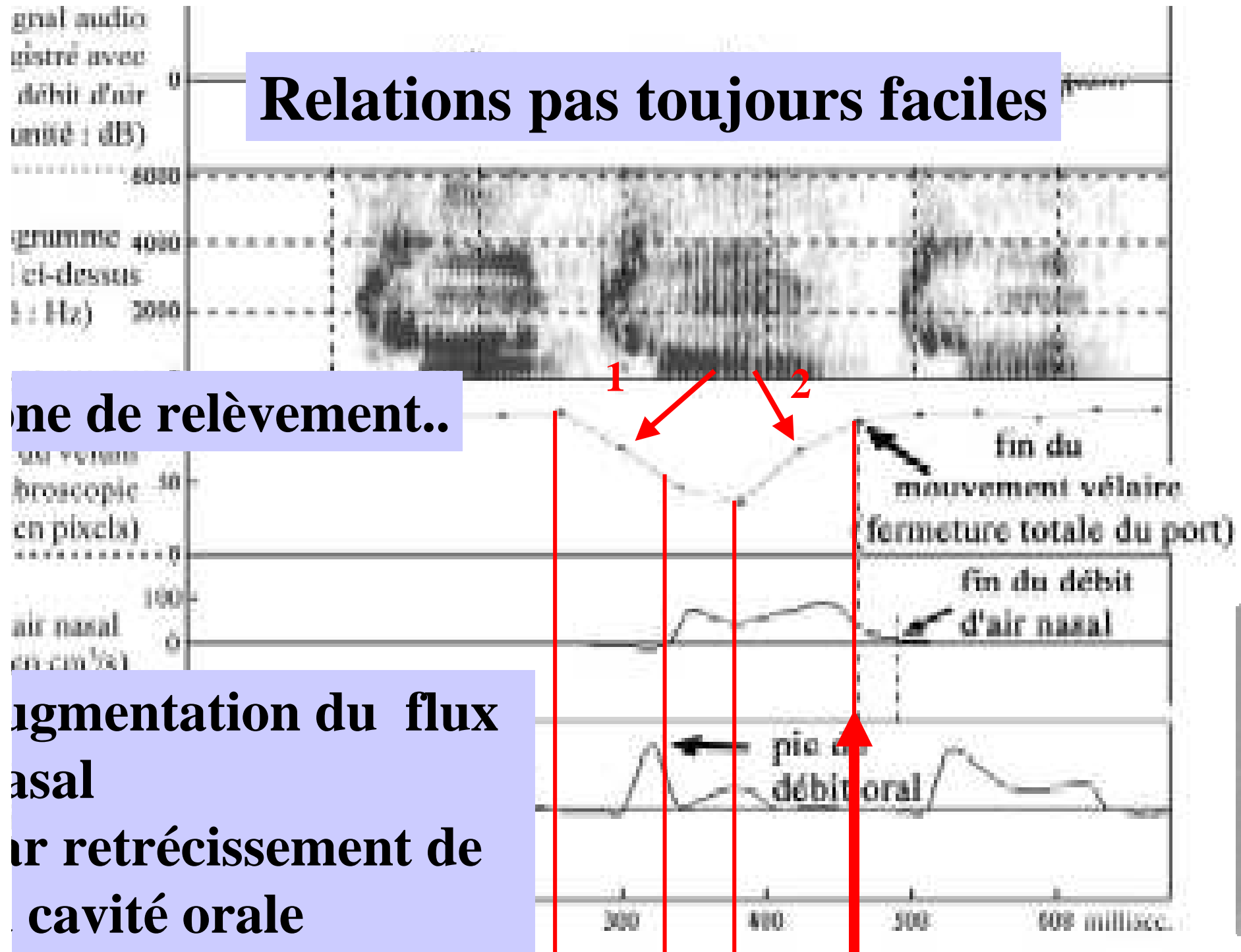
abaissement maxima..

léger creux du flux nasal  
pour pic de flux oral

# Relations pas toujours faciles

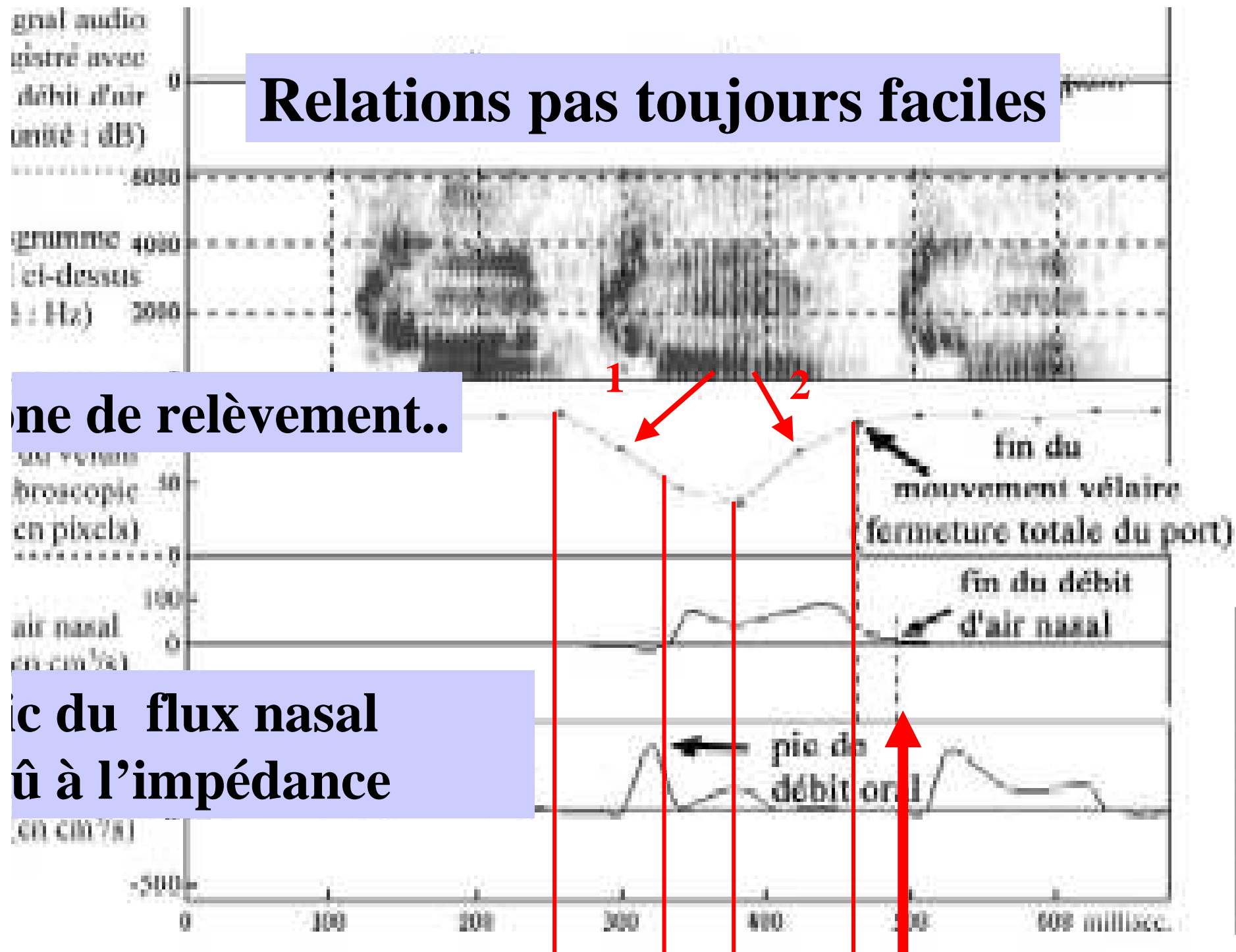
zone de relèvement..

augmentation du flux nasal  
pour retrécissement de  
cavité orale



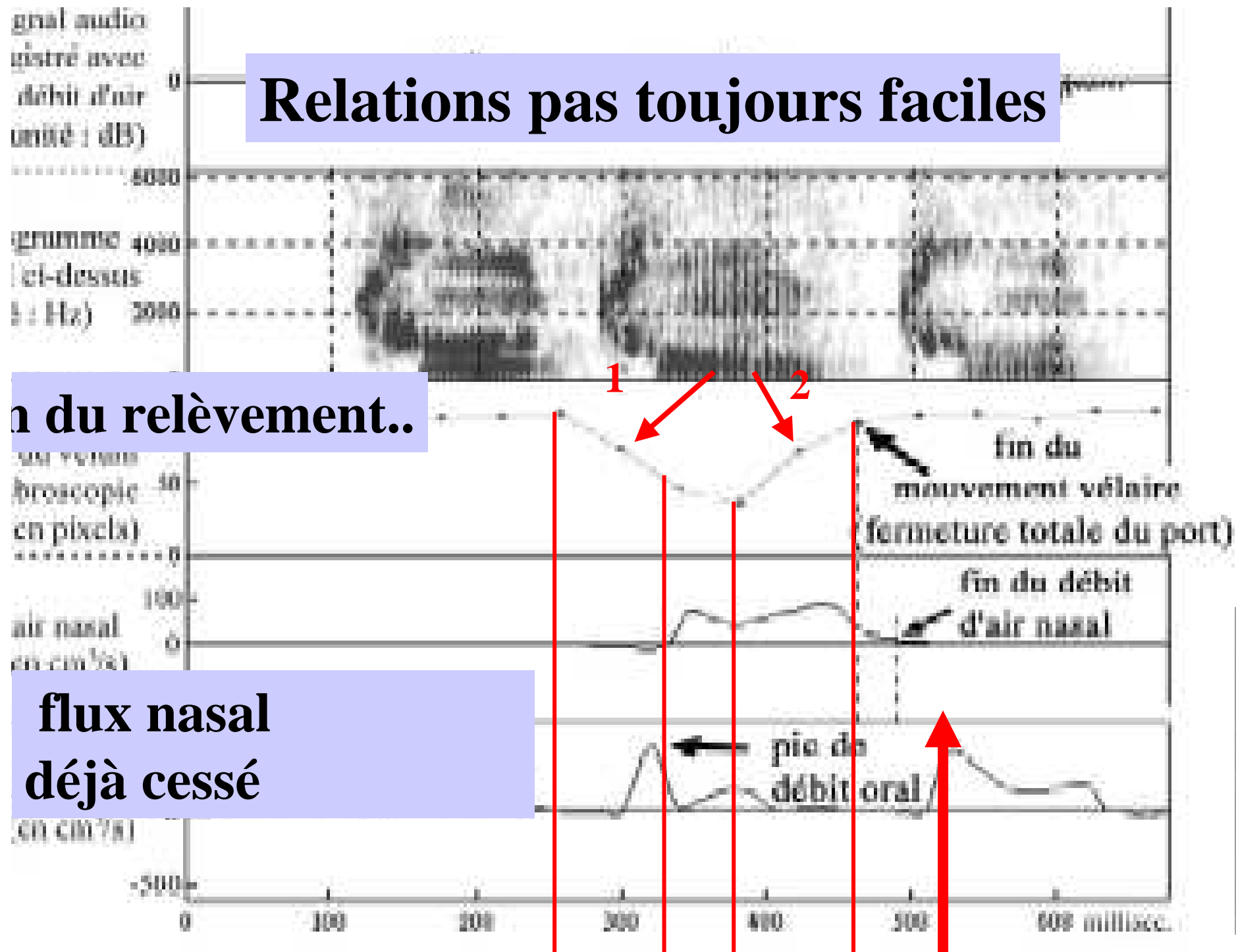


# Relations pas toujours faciles



ic du flux nasal  
û à l'impédance

# Relations pas toujours faciles

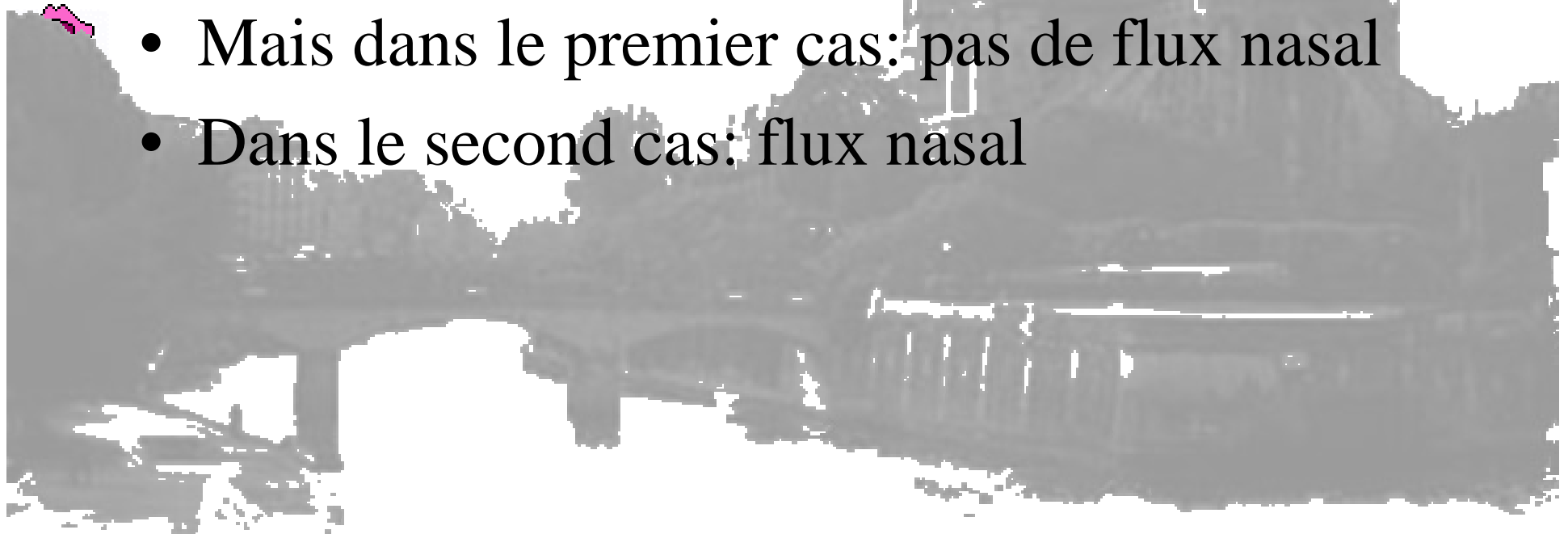


du relèvement..

flux nasal  
déjà cessé



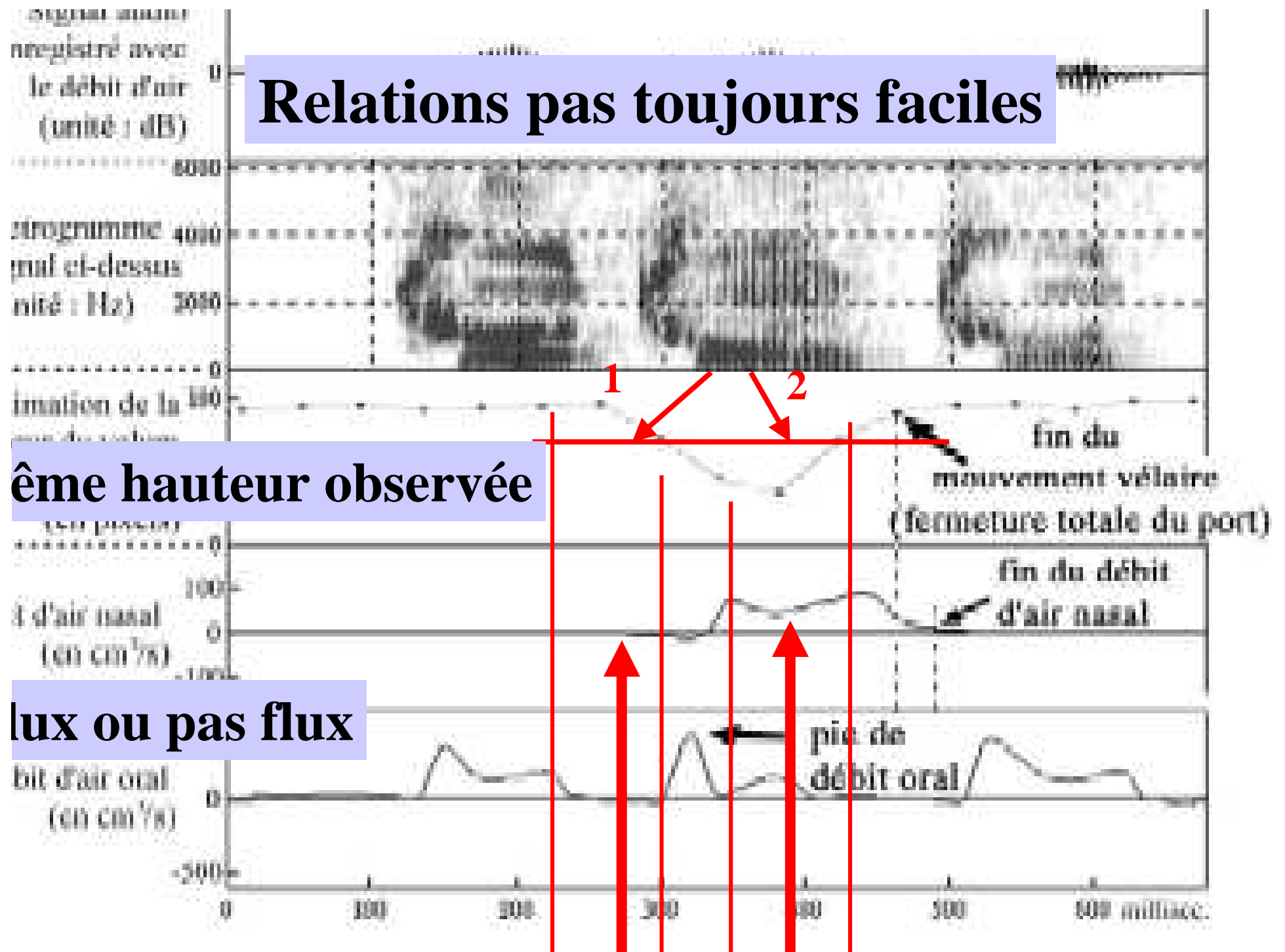
- Donc aux deux points marqués par les flèches rouges
- Même hauteur du voile observée
- Mais dans le premier cas: pas de flux nasal
- Dans le second cas: flux nasal



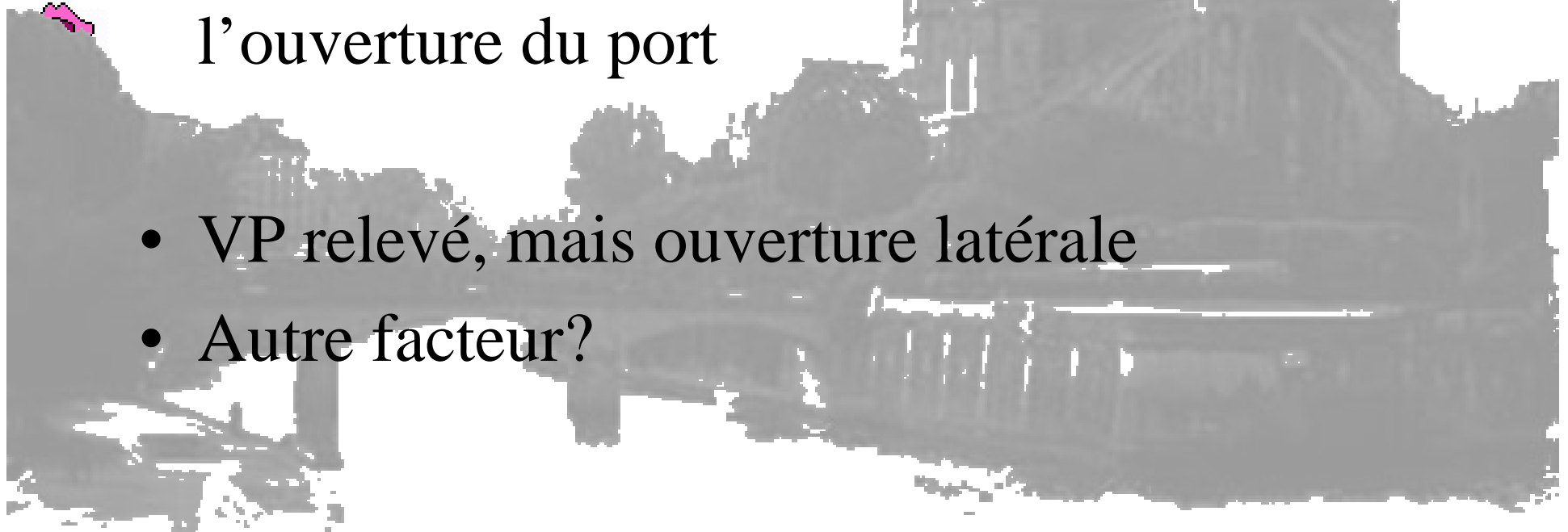
# De la hauteur de voile du palais à l'ouverture du port vélo-pharyngé

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

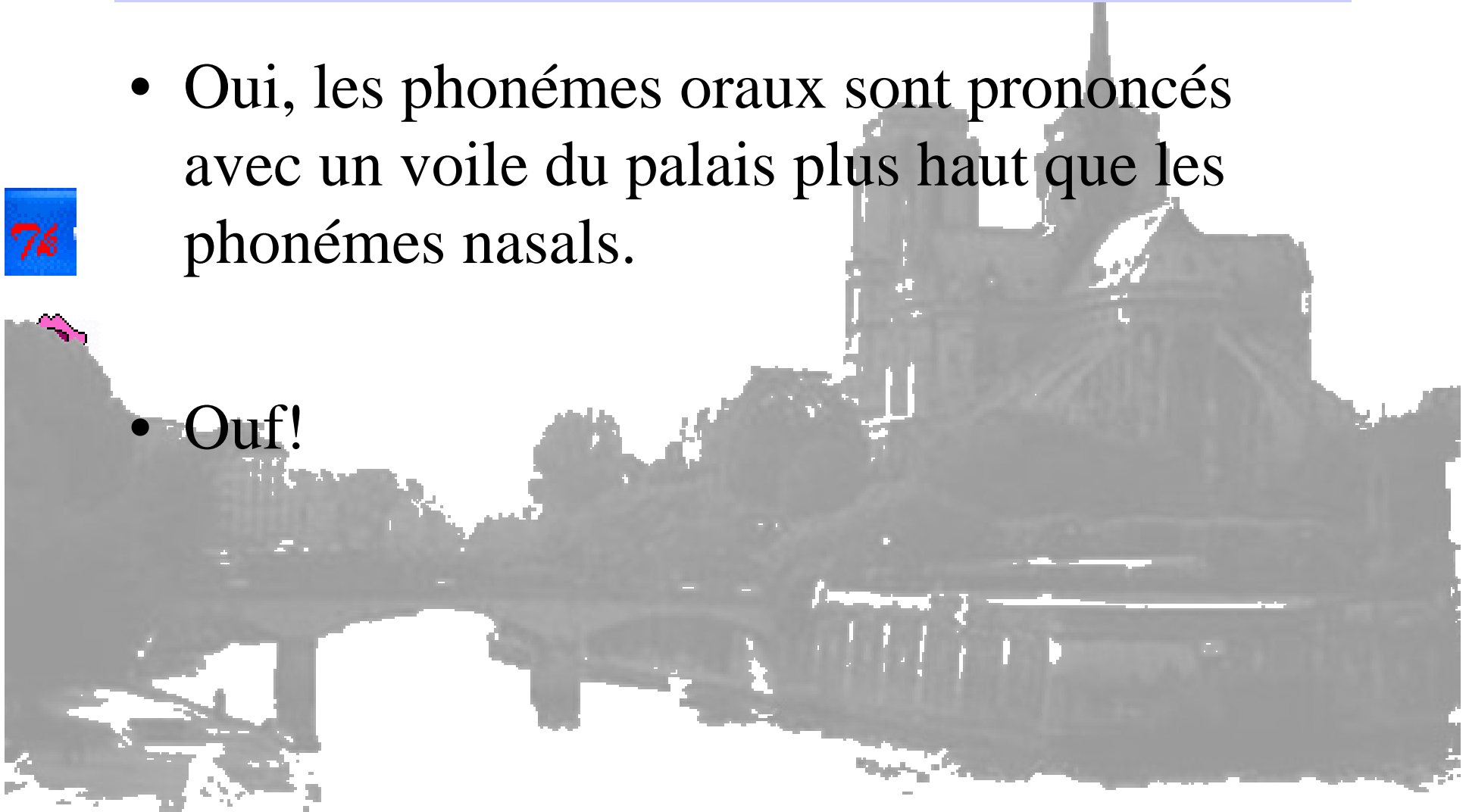
- **Toutes les consonnes et voyelles orales n'ont pas la même hauteur**
- **Toutes les consonnes et voyelles nasales n'ont pas la même hauteur**

# 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/

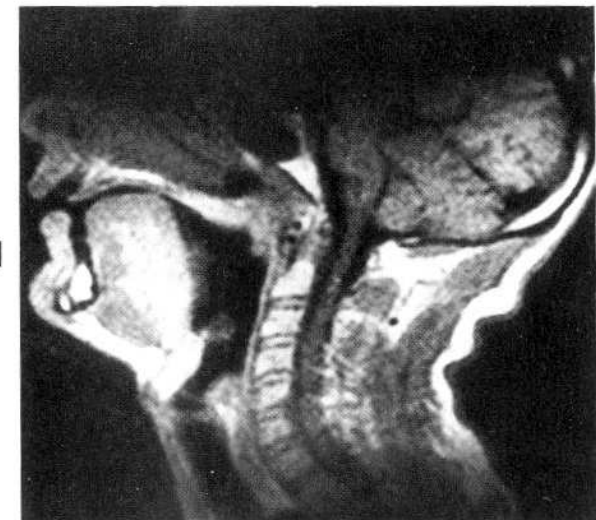
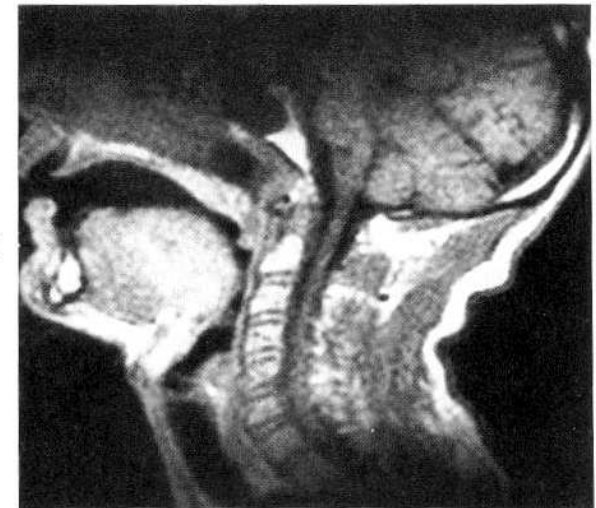
- Voyelles nasales

- **consonnes**

- Sourdes > sonores [a]

- Occl > fric > sonantes

- consonnes nasales [i]



76

**Kuenzel**

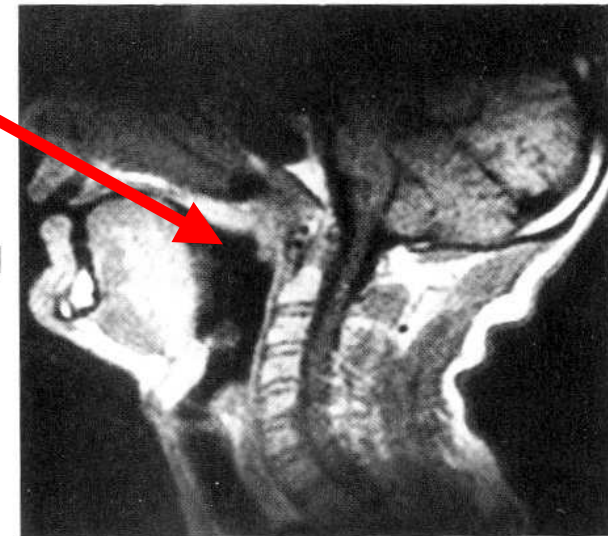
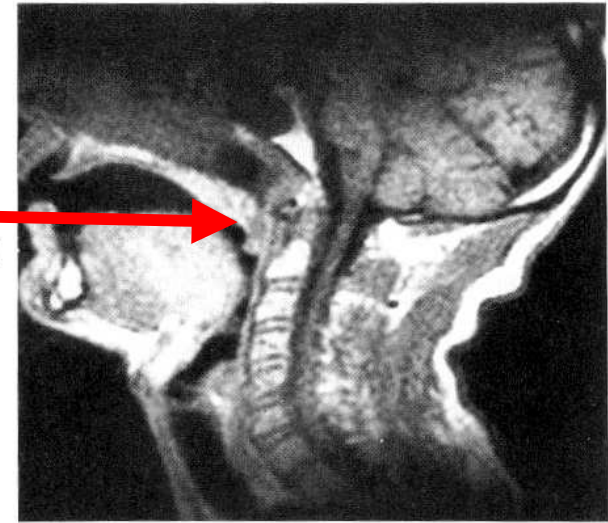
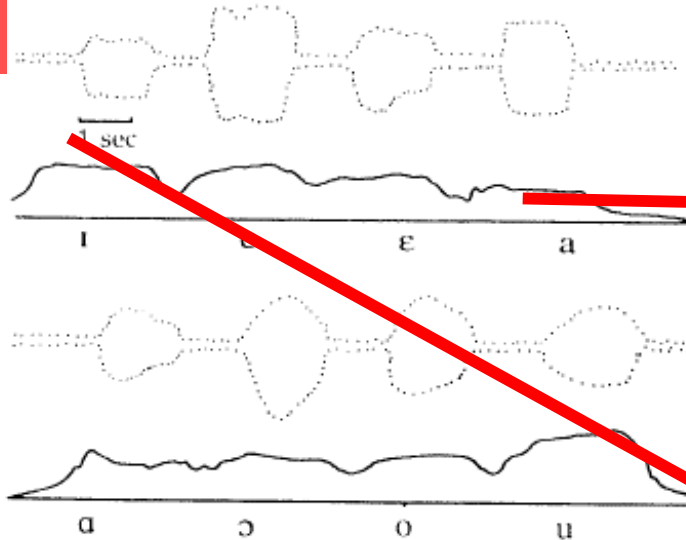
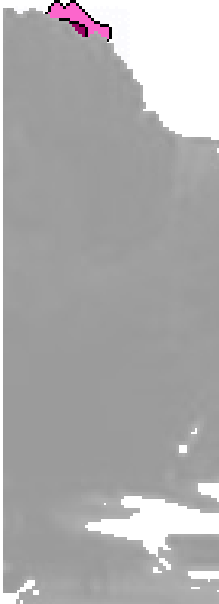
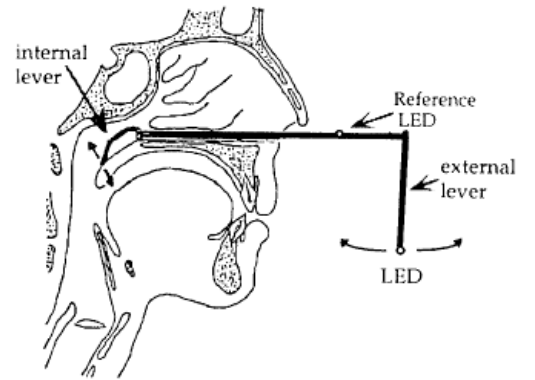


Figure 16. Data on velum height for different vowels obtained with the Velograph. Adapted from Kuenzel (1977) with permission.



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**

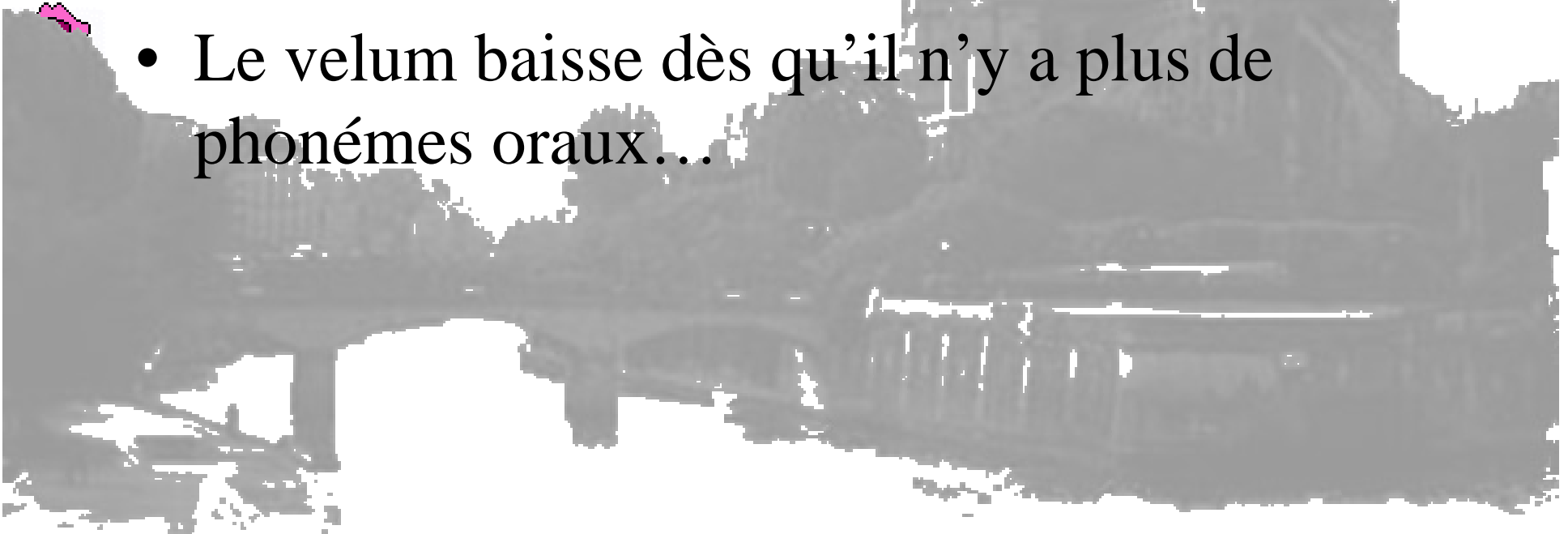
76

• =

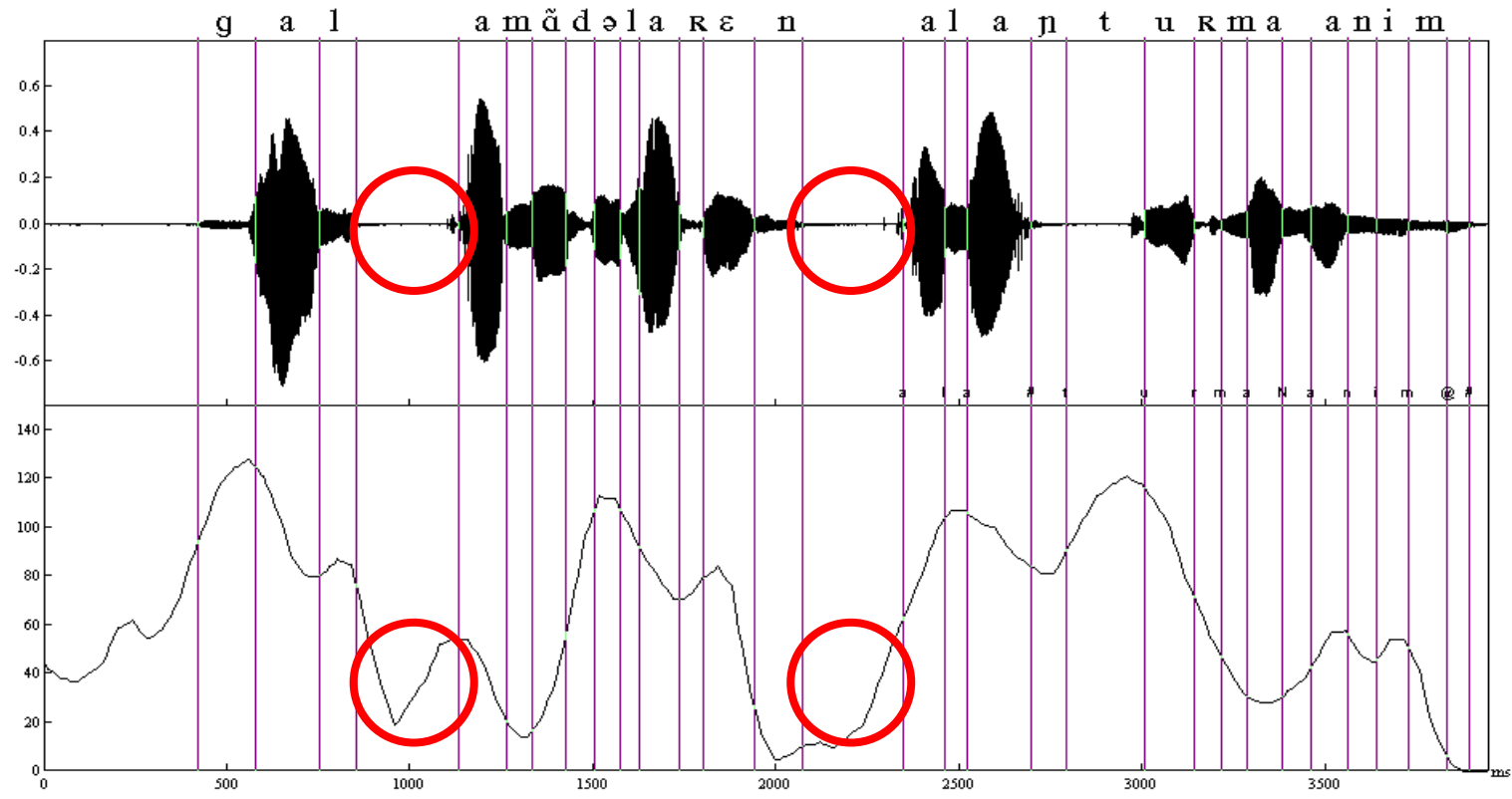
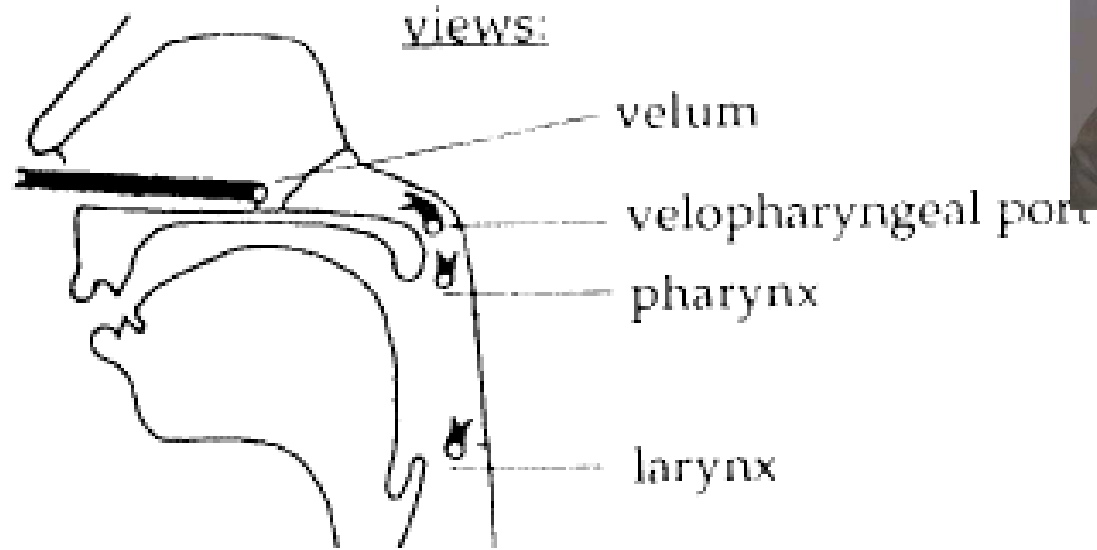
- consonne nasale + voyelle orale + **consonne nasale**

# 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



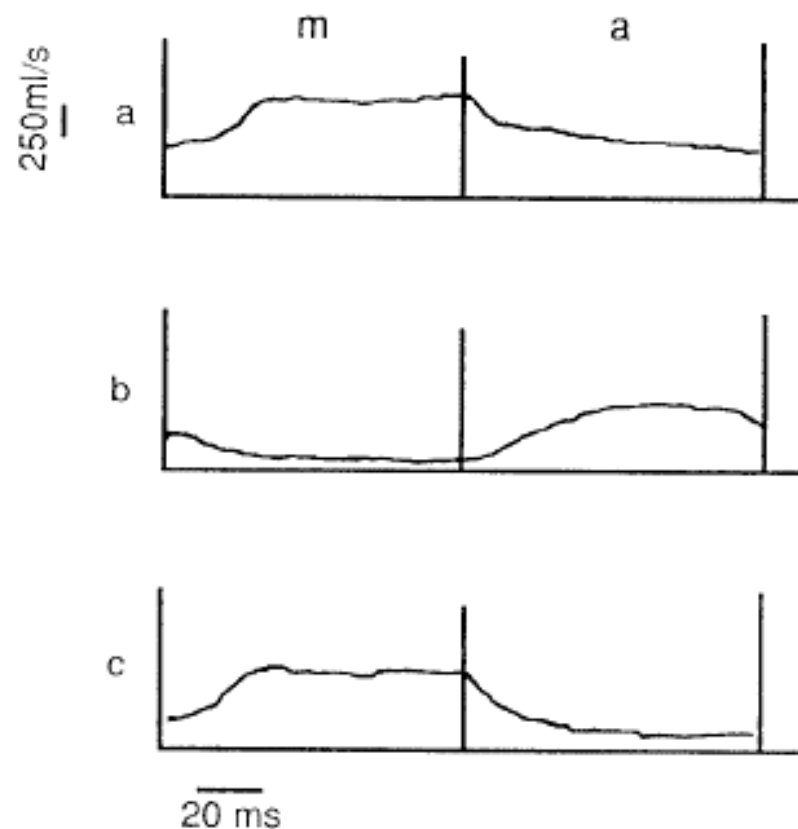
- Encore une erreur classique ...

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 ?

# 1) Nasographe Ohala



attaque

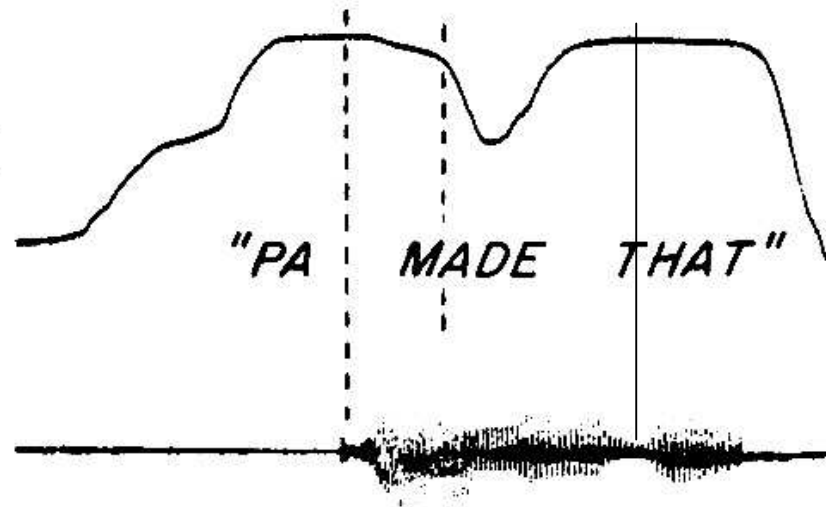
"SAM MADE THAT"

AUDIO



coda

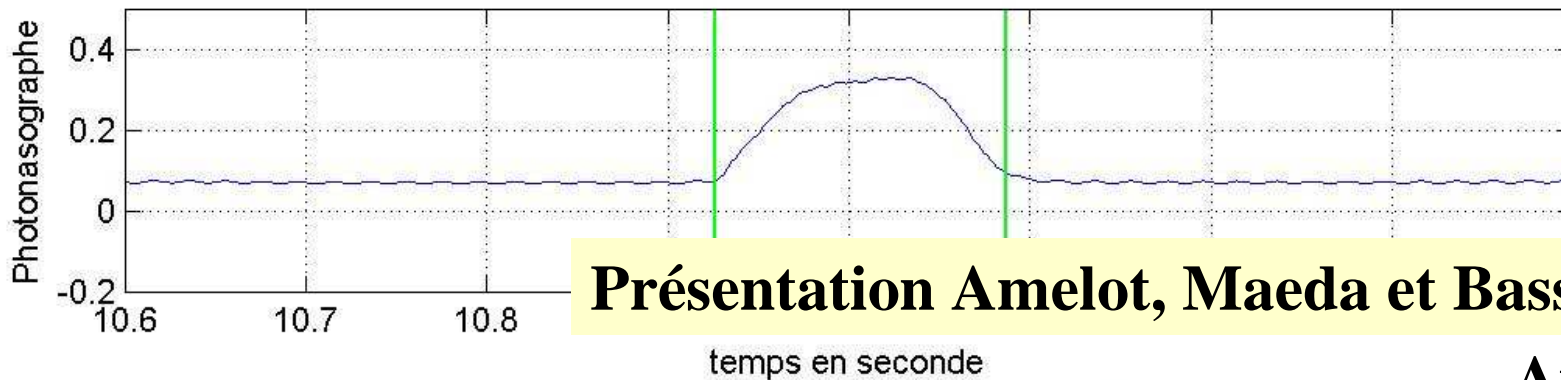
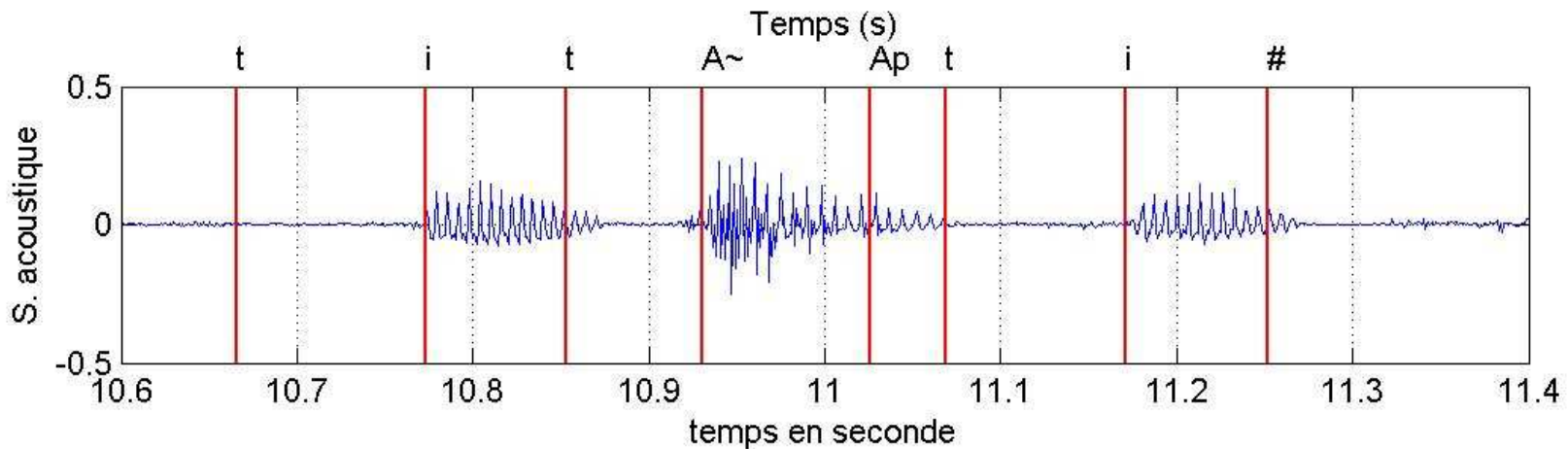
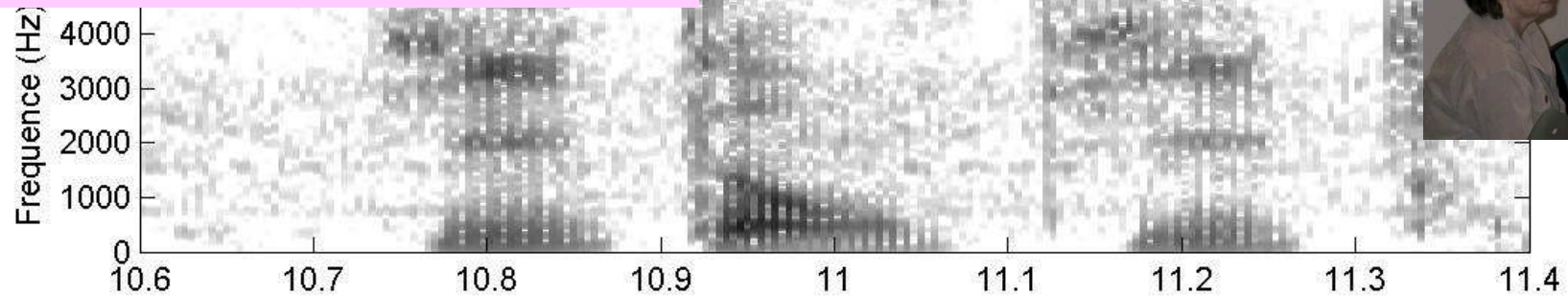
NASOGRAPH



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



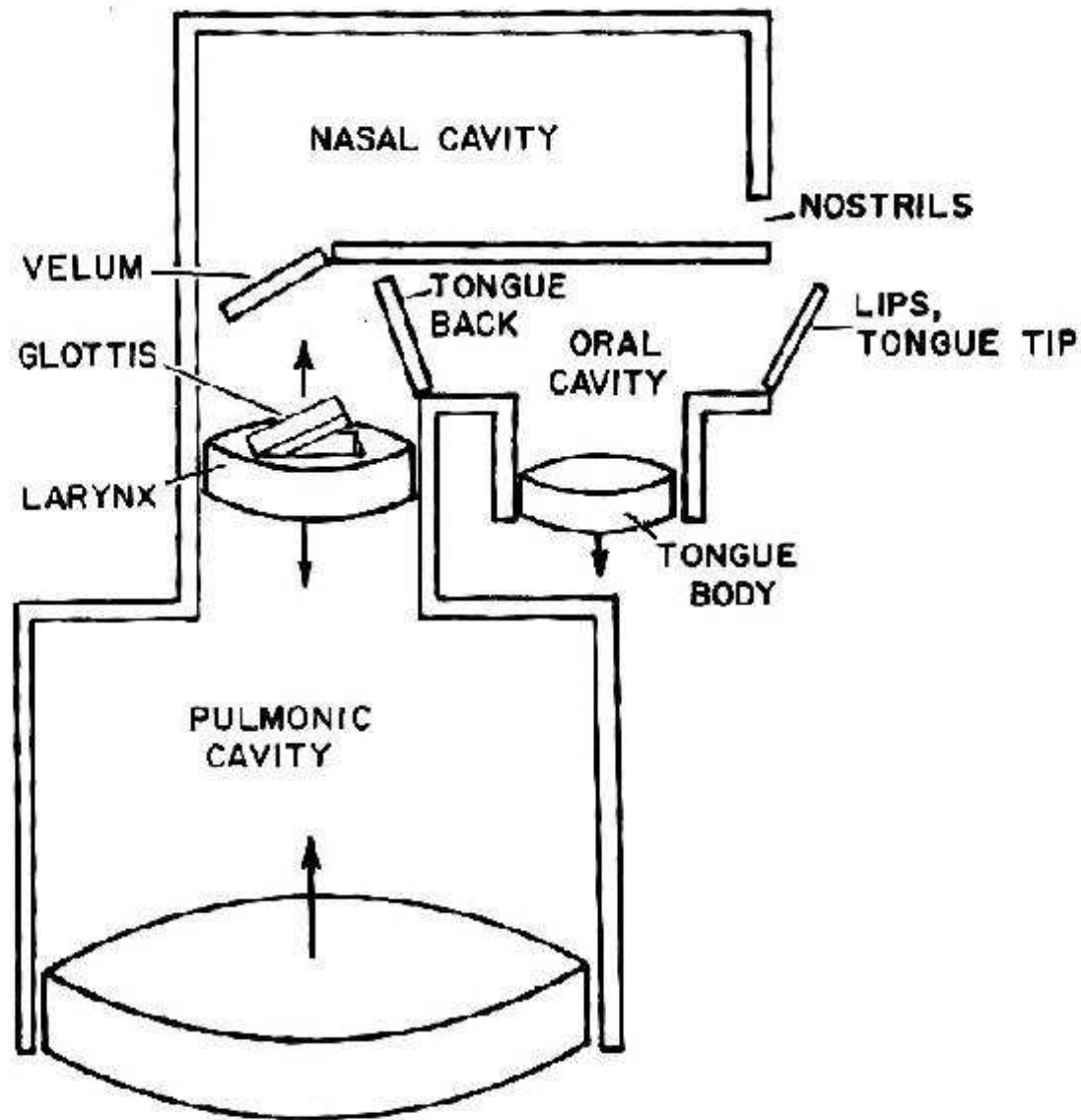
## I) INTRODUCTION

# 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.

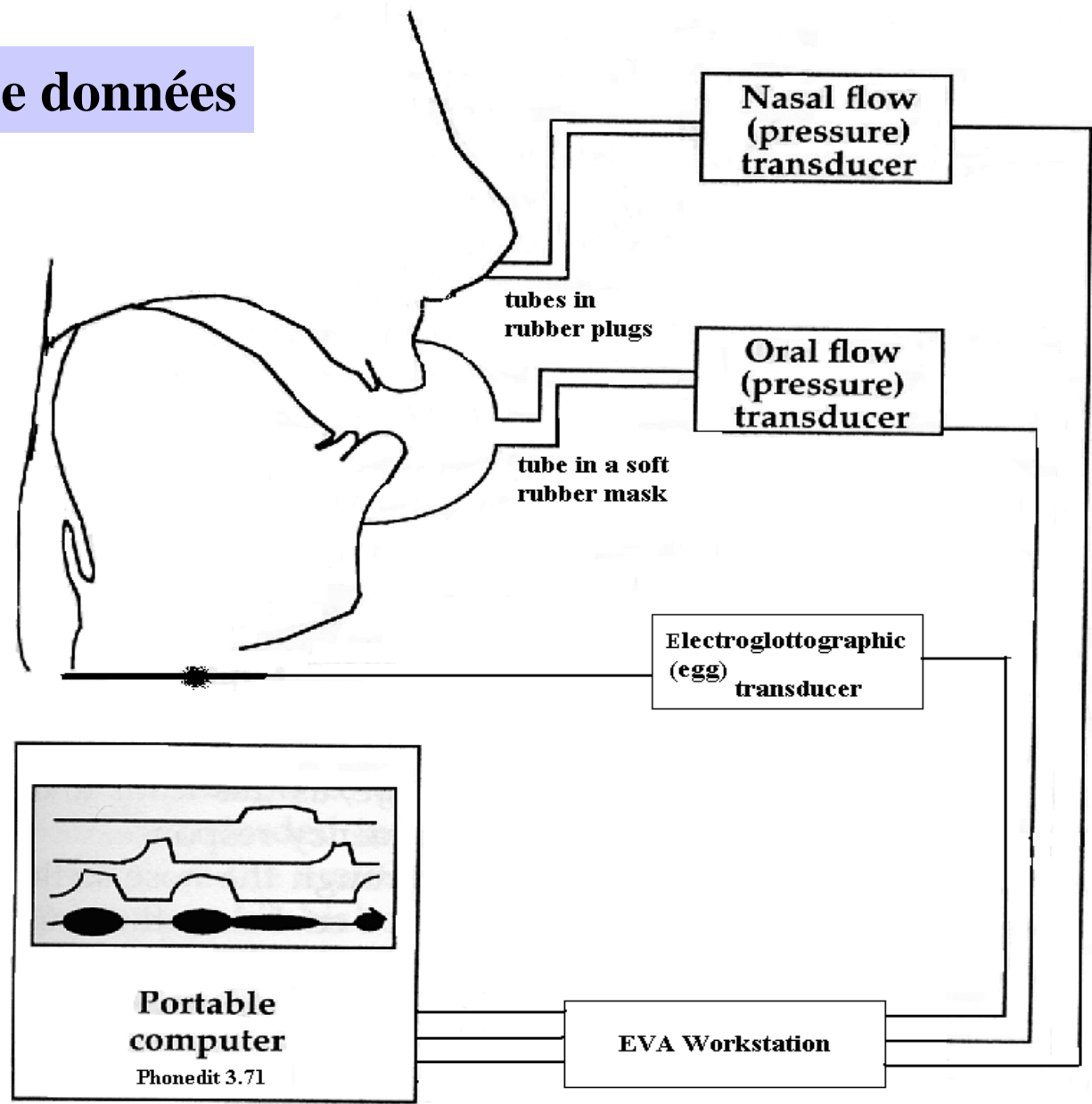
Direction of arrows indicate typical direction of movement of piston-like structure.

# 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



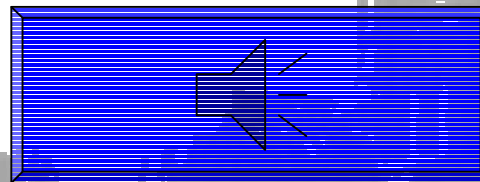
76



# 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

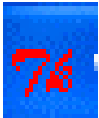
76

- 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



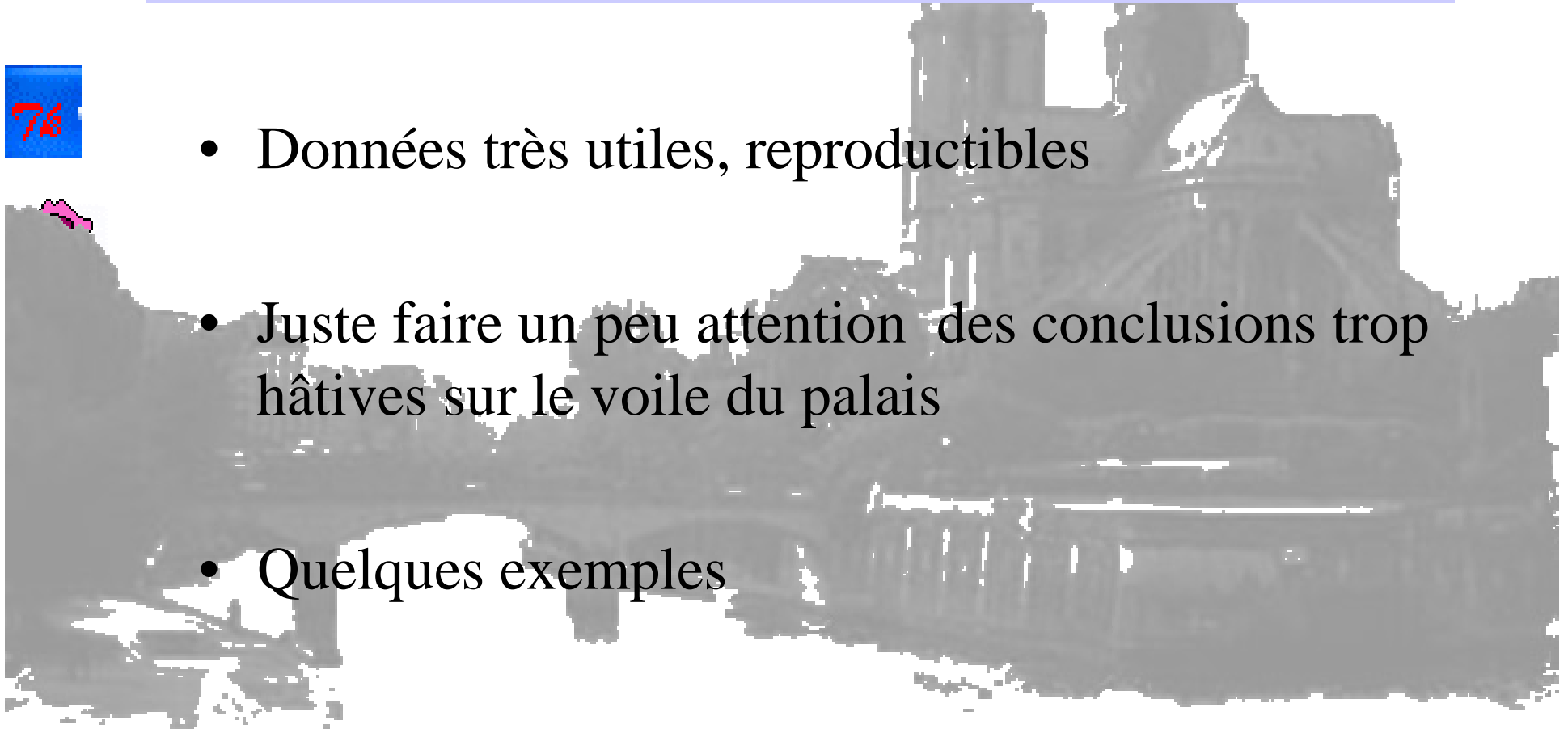
# résumé

- 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 ...

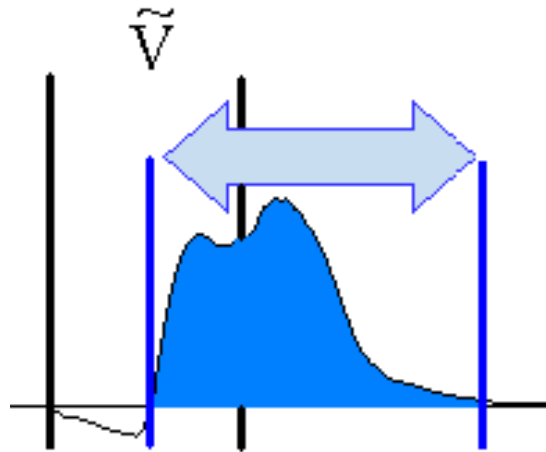


- Données très utiles, reproductibles
- Juste faire un peu attention des conclusions trop hâtives sur le voile du palais
- Quelques exemples

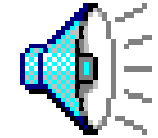
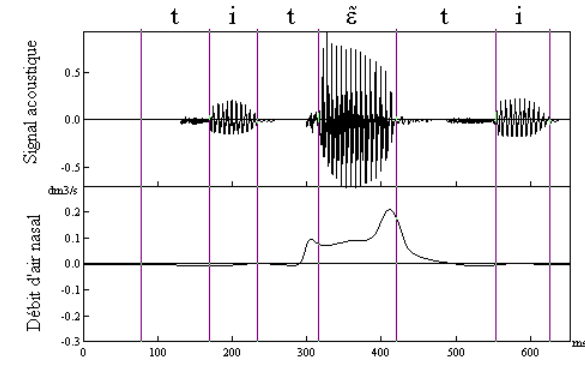


# Résultats aérodynamiques (résultats)

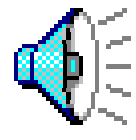
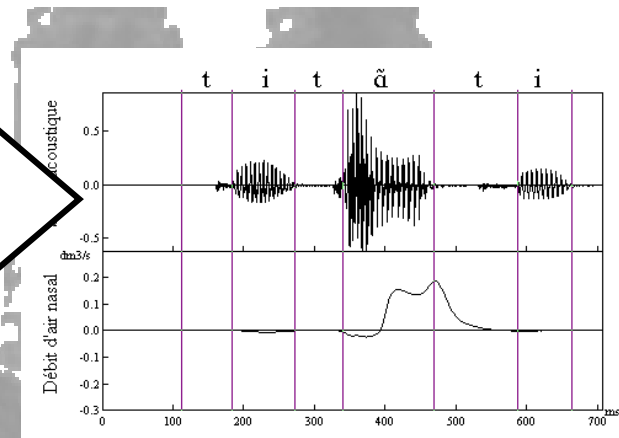
Mesures quantitatives :  $C_1 V_1 C_1 V_n C_1 V_1$   
n=216



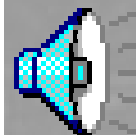
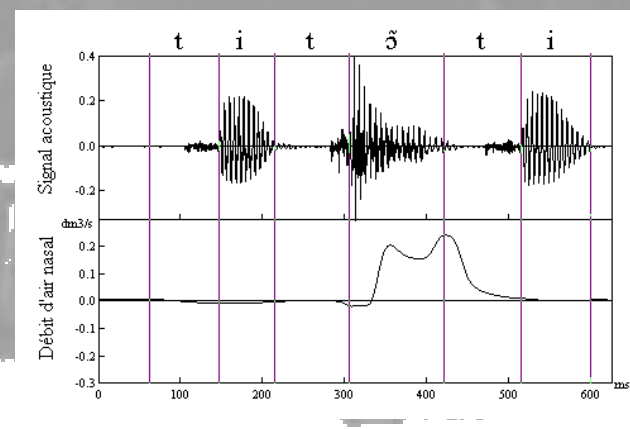
Débit d'air nasal  
supérieur pour  
le phonème  
[20]



112 cm<sup>3</sup>/s



68 cm<sup>3</sup>/s

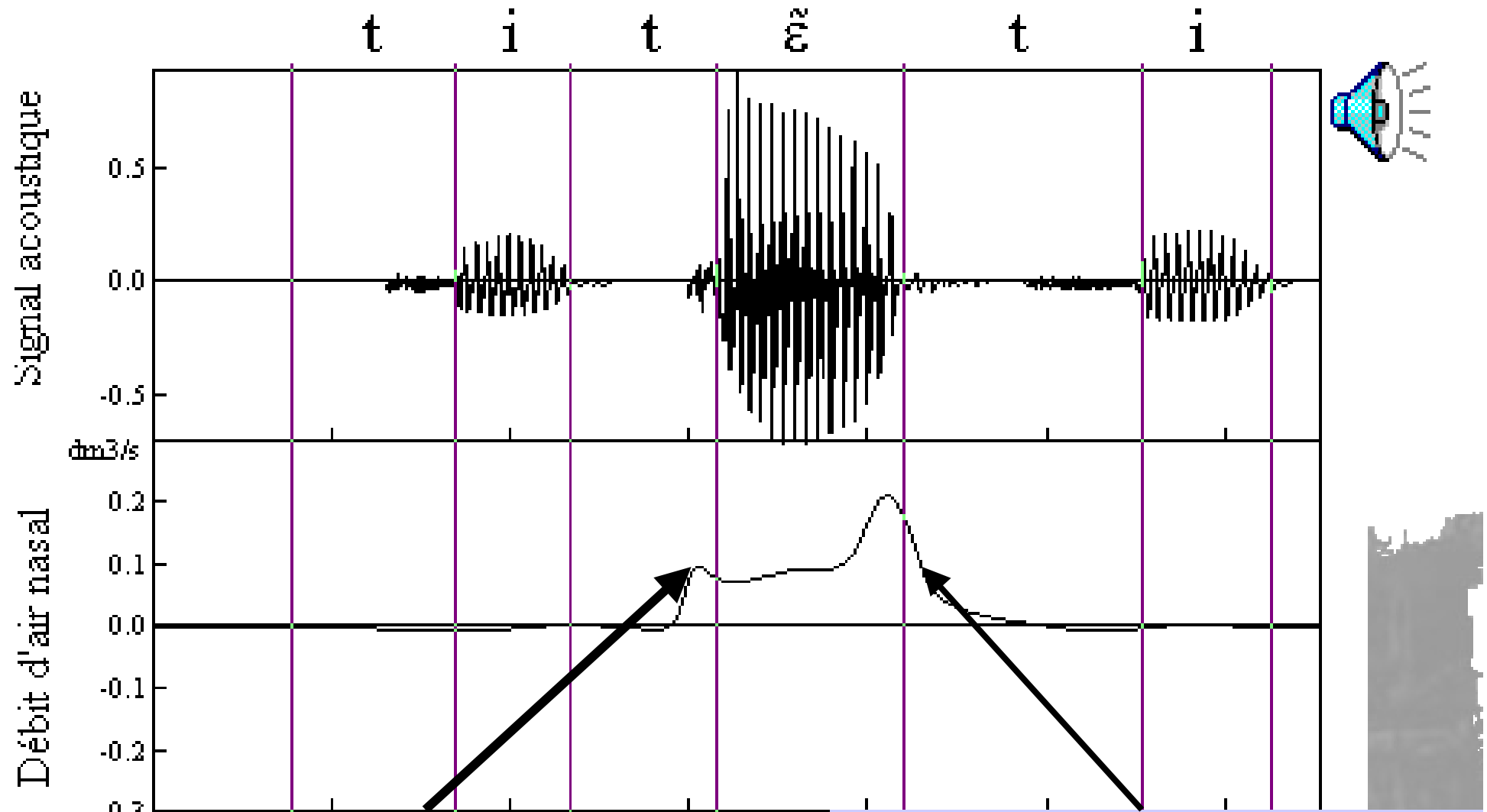


122 cm<sup>3</sup>/s

Données Amelot

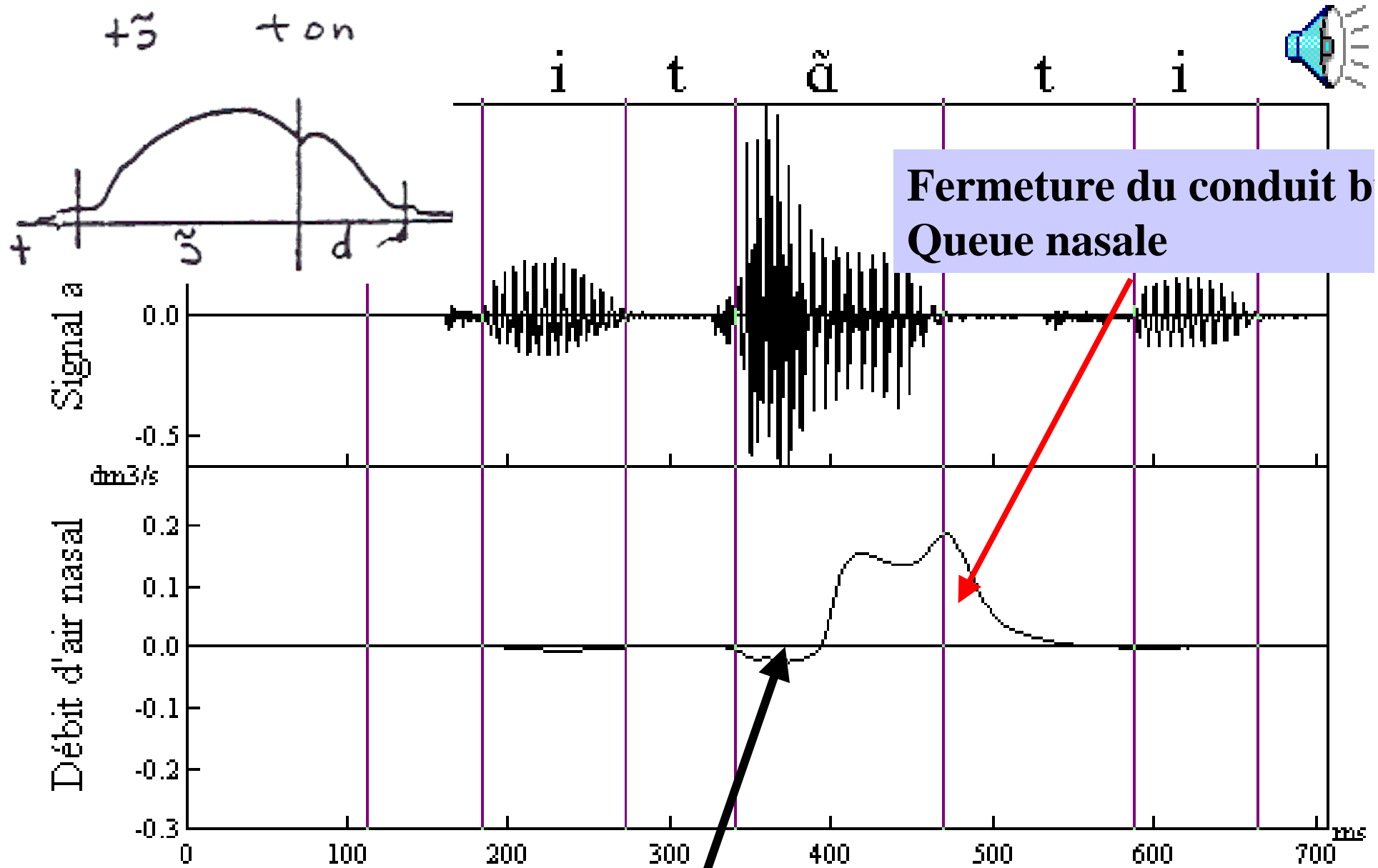


**Les deux pics de débits sont dus à la fermeture du conduit buccal  
(mais le port est plus fermé)**



**Nasalisation du relâchement**

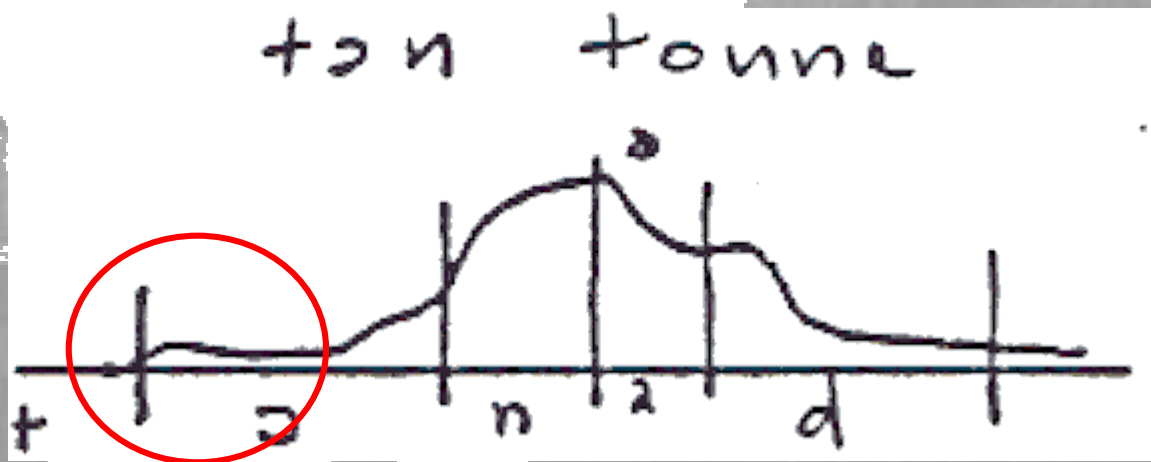
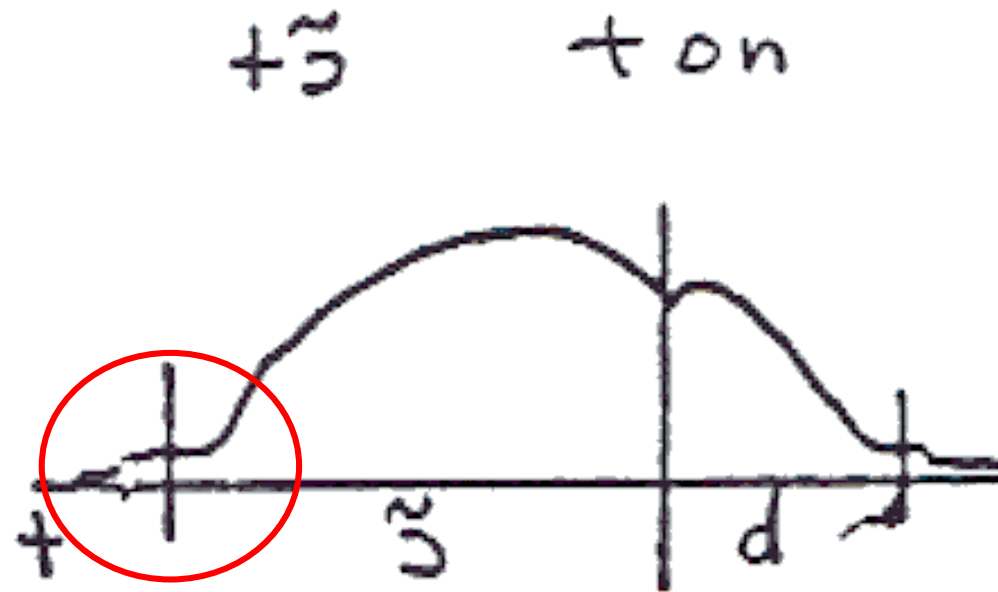
**Fermeture du conduit buccal:  
Queue nasale**



**Cas général: début de la voyelle nasale non nasalisé**



76



Cohn

Cas général: début de la voyelle nasale non nasalisé

76

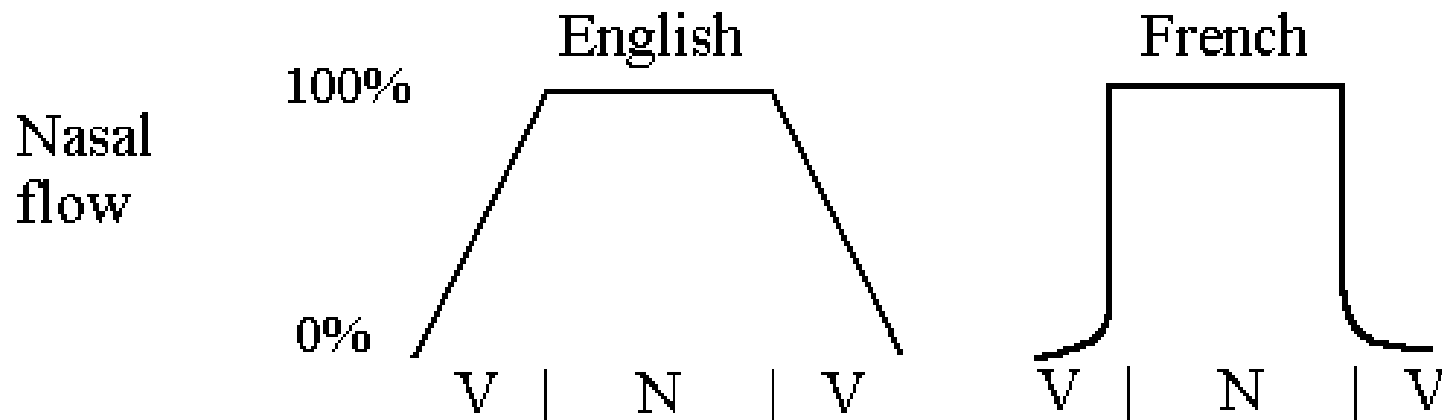
- Des études et des publications intéressantes
- Dont thèses soutenues:
  - Amelot
  - Delvaux, Rossato
  - Cohn
    - Des hypothèses intéressantes

# Débit contextuel

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

76

## (3) Hypothetical phonetic output



## I) INTRODUCTION

# 2) LA CHAÎNE DES MESURES

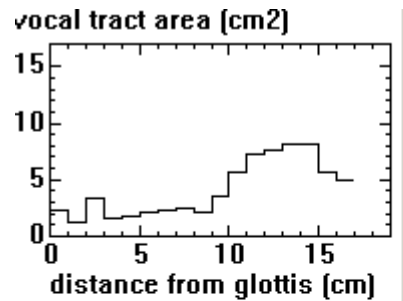
76

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

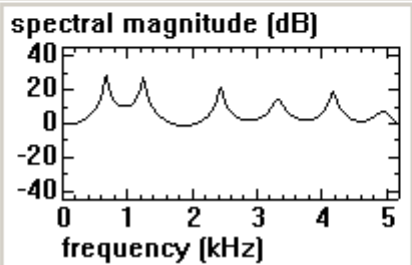
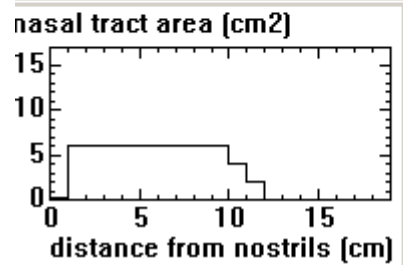
# méthodes

- **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**



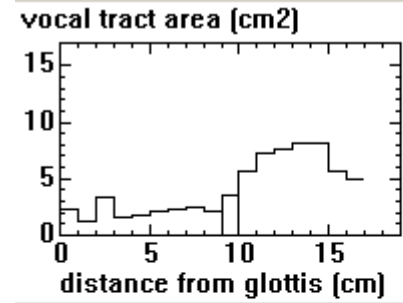


number of sections=17  
 nasal branch section=9  
 nasal coupling (cm<sup>2</sup>)=0



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

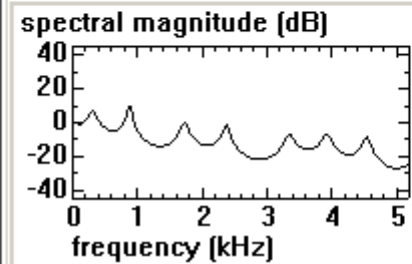
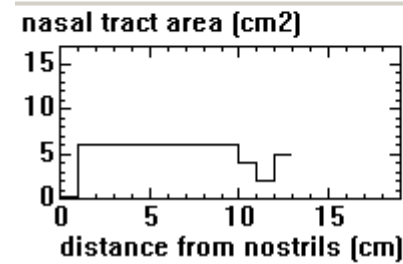
Permet de tester  
 Séparément  
 L'effet des facteurs



number of sections=17  
 nasal branch section=9  
 nasal coupling (cm<sup>2</sup>) .10



Plus de formants



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

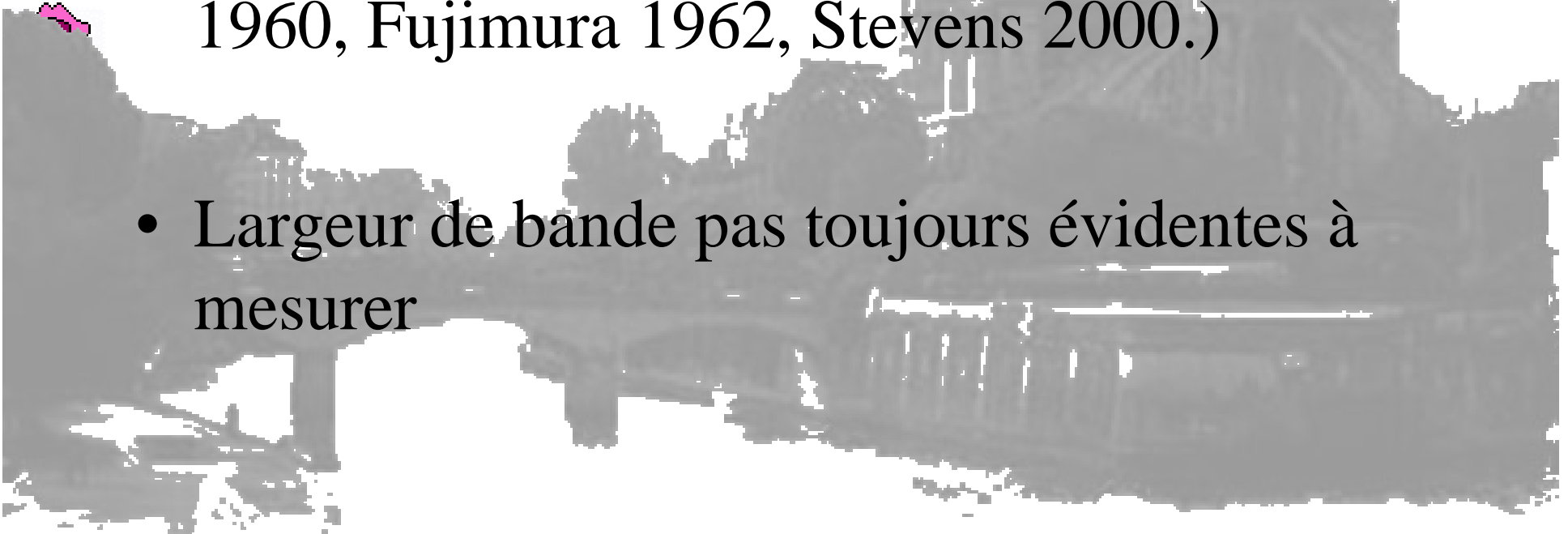
vtcalc

# 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





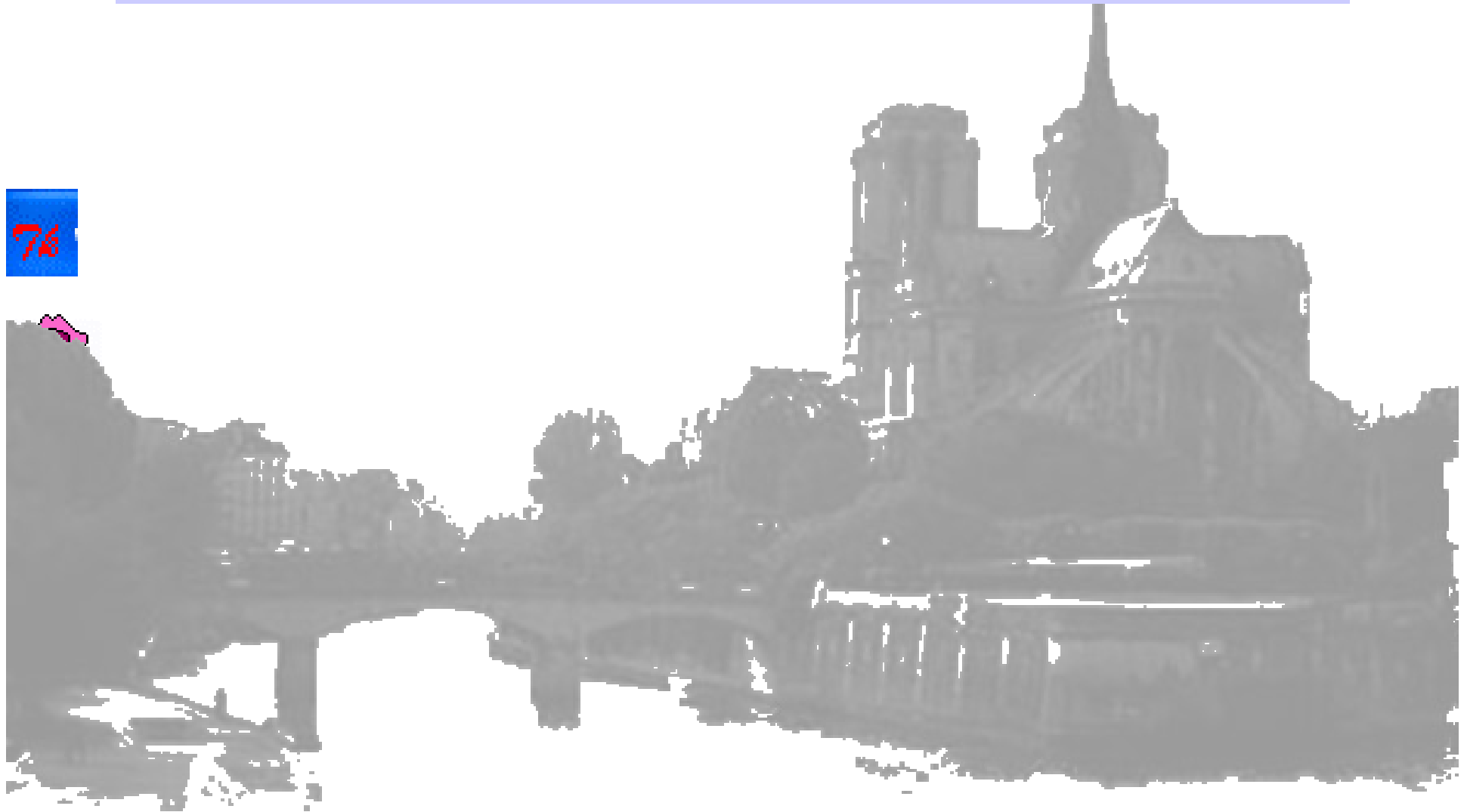
# Modifications des résonances naturelles du conduit buccal ?

- 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

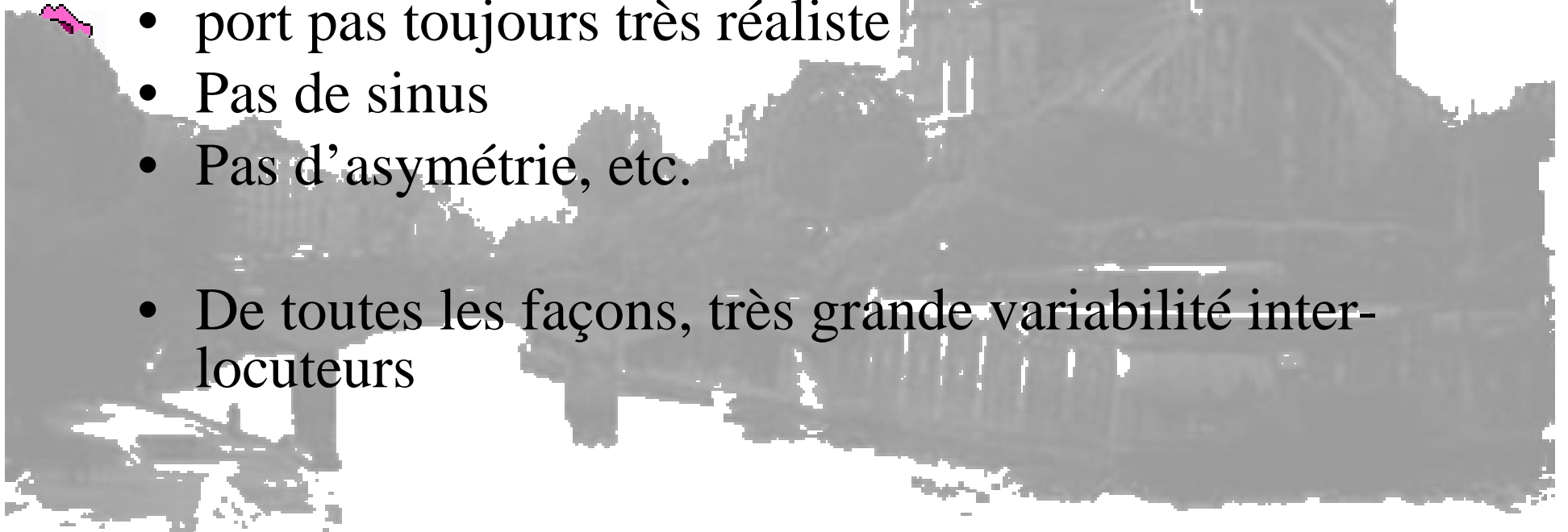
- **Fujimura**

- 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

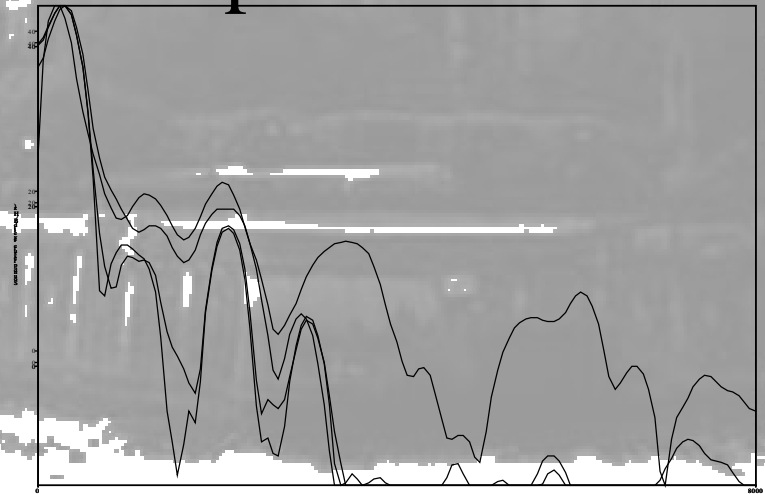
76

Glass, MIT, thèse

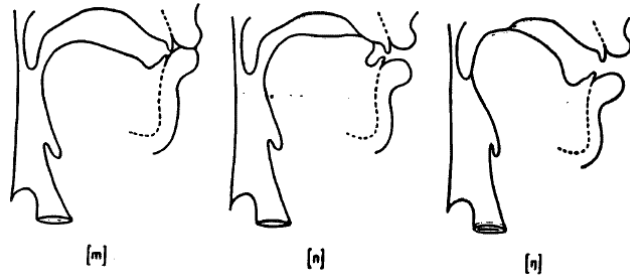
### 3) Caractéristique principale

- 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

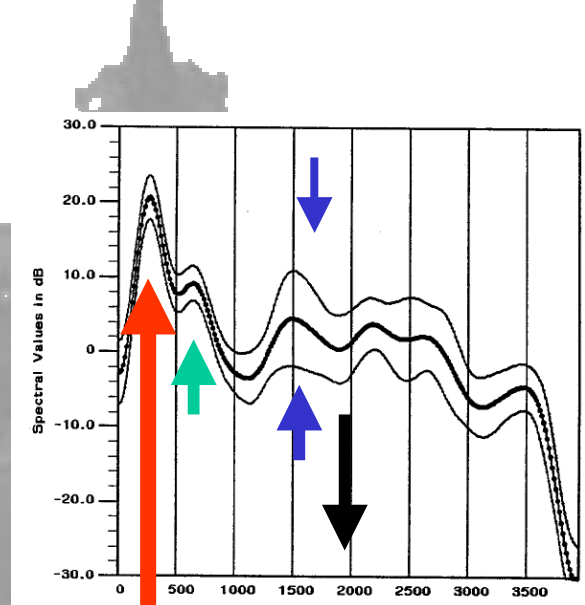
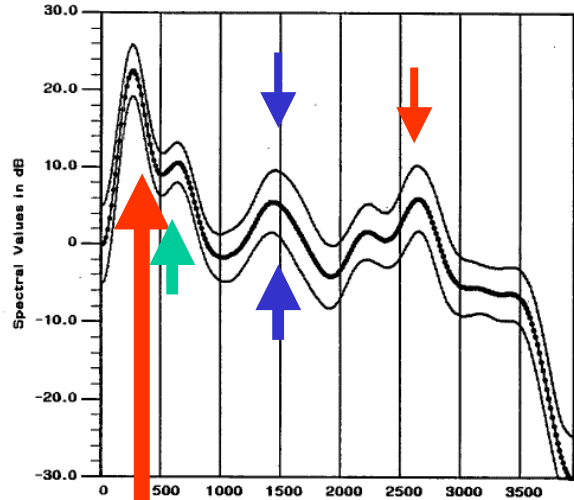
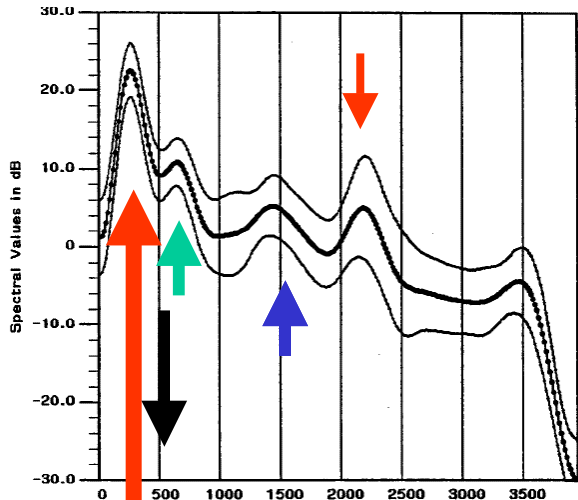


↓ Zéros théoriques



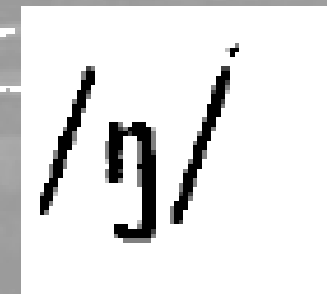
caractéristiques

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



Nasals

lab	lab-d	d / a	rtf	pal	vel	uv	l-v
m	m̥	n	ɳ	ɲ	ŋ	N	ŋm
m̥	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

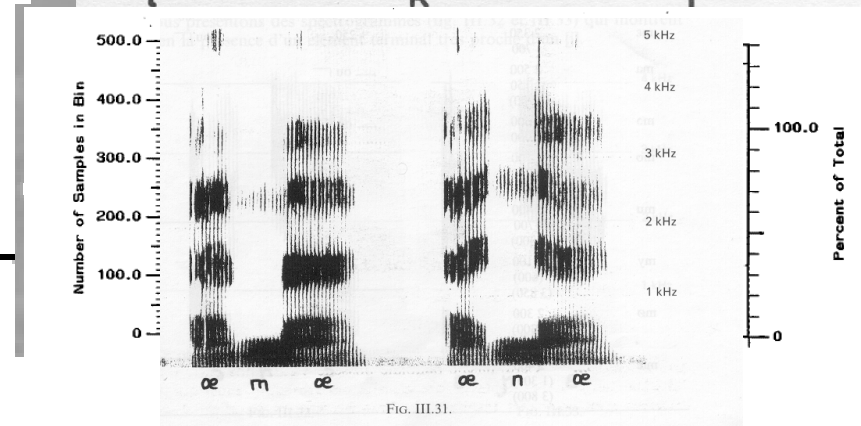
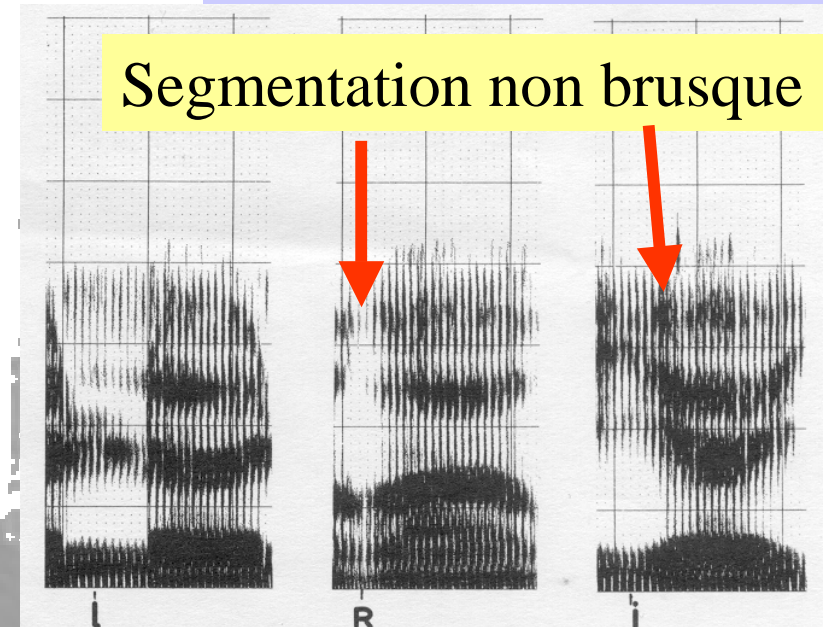
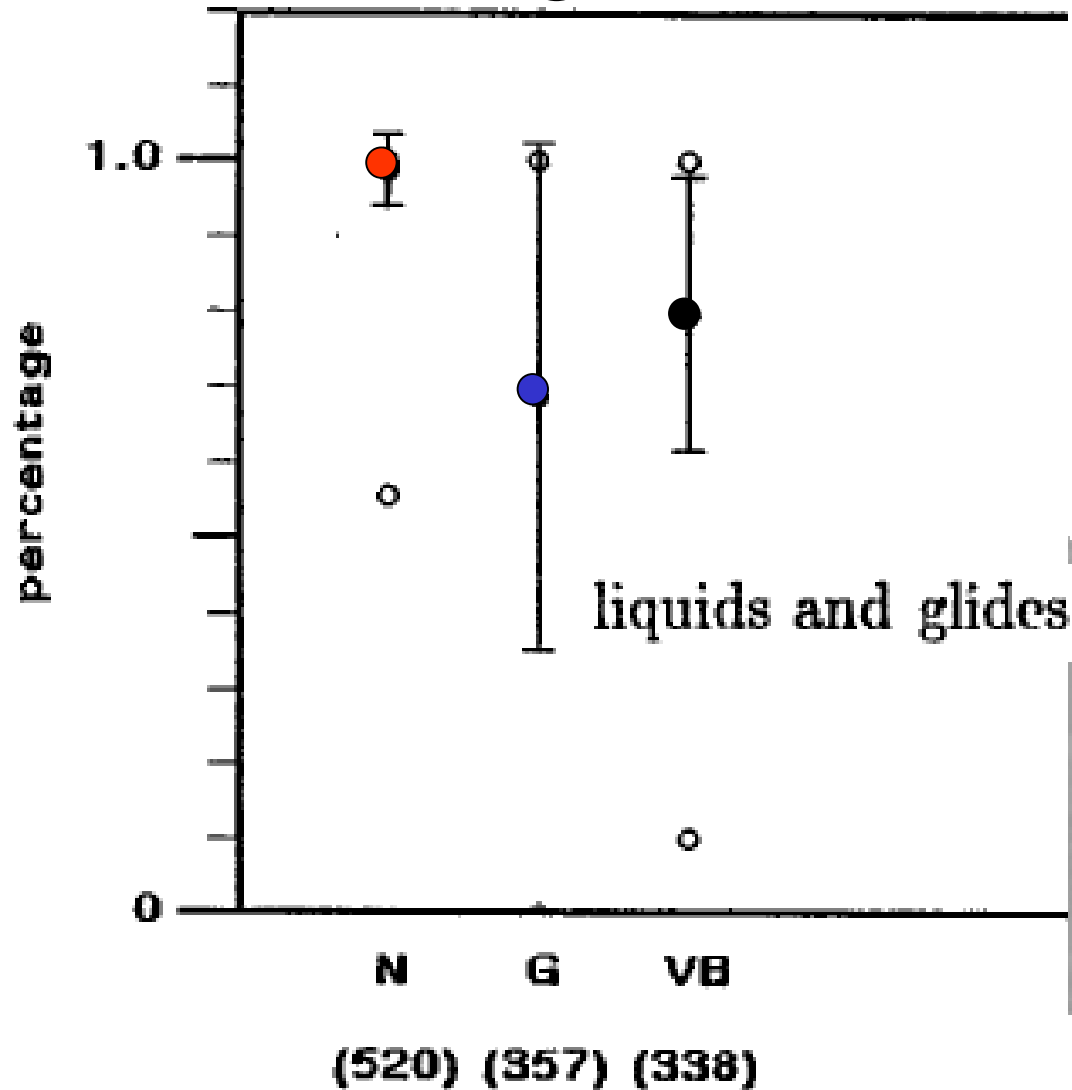


Figure 3.20: Low Resonance Percentage



la

ma

na

ra

F1 moyen

F1 bas

F1 haut





# Amplitude du pi

- Influencée par la position
- Plus élevée si médiale

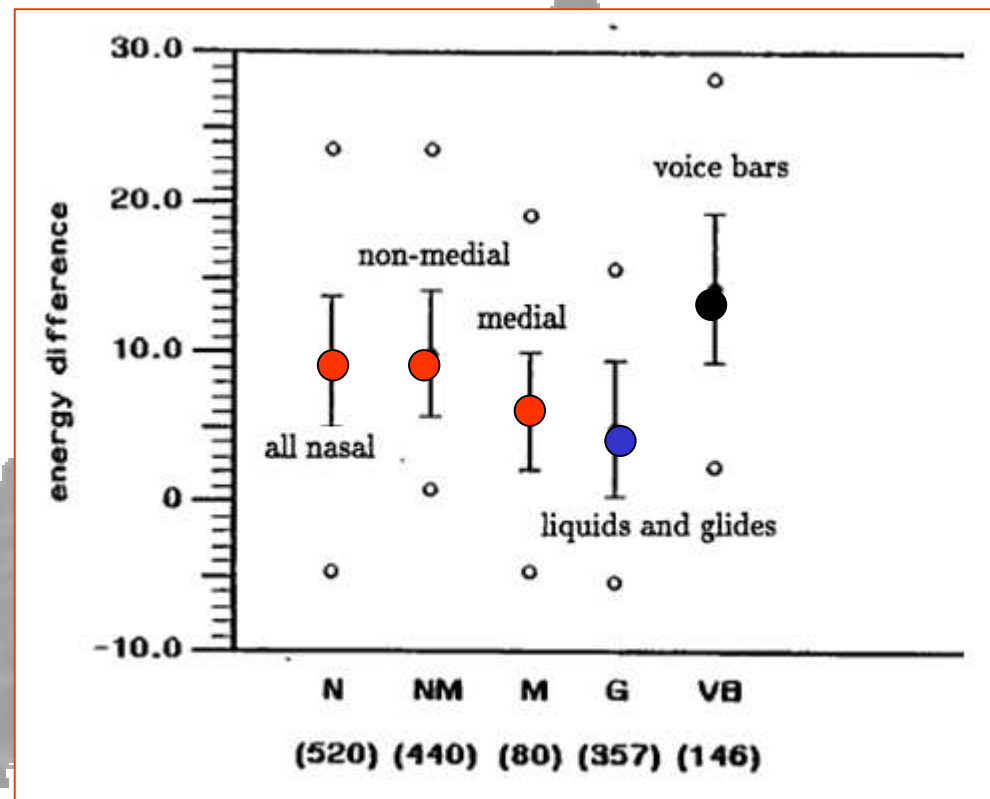
76

Plus facile dans VnC

Confusion avec sonantes  
(fricatives faibles)

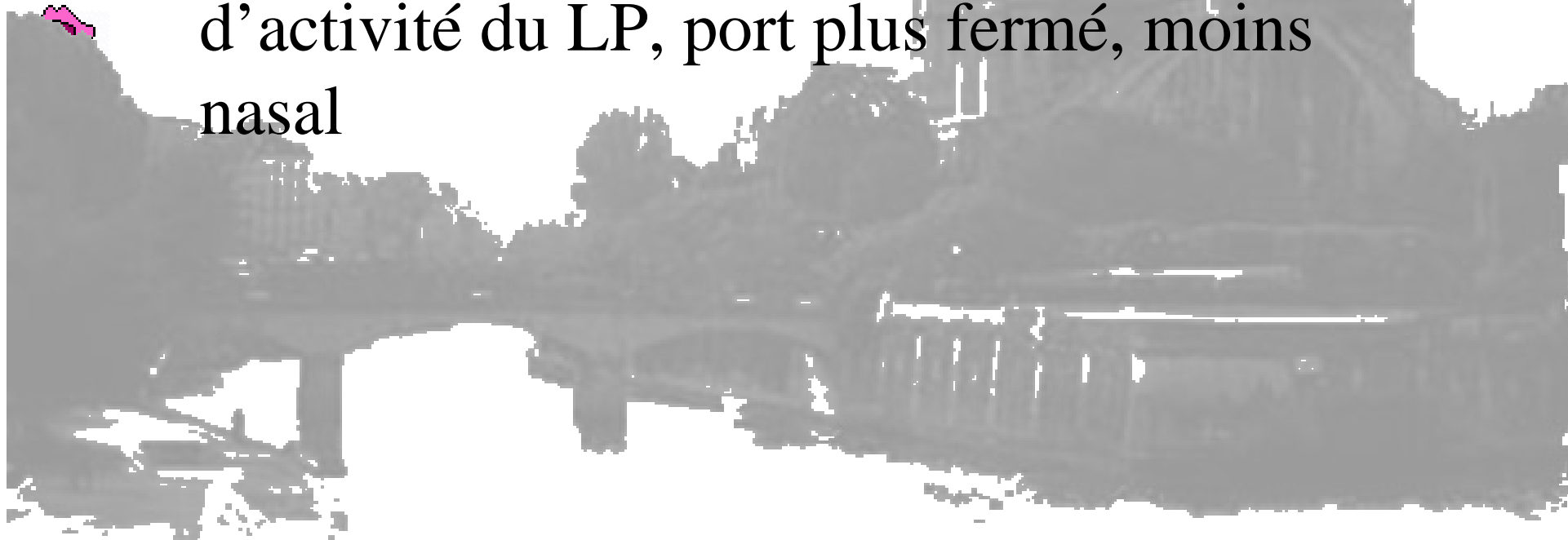
Dans les autres cas

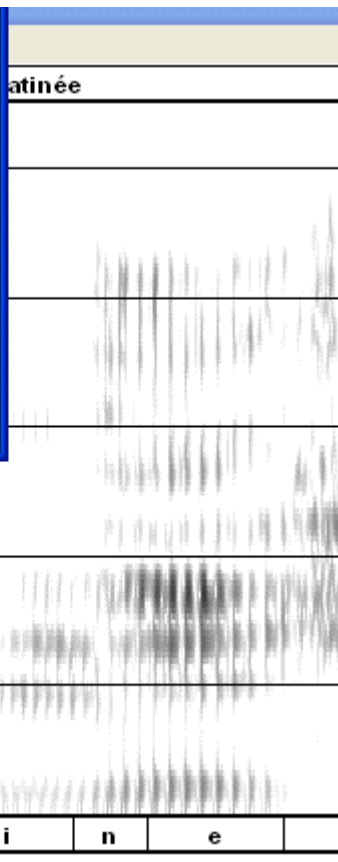
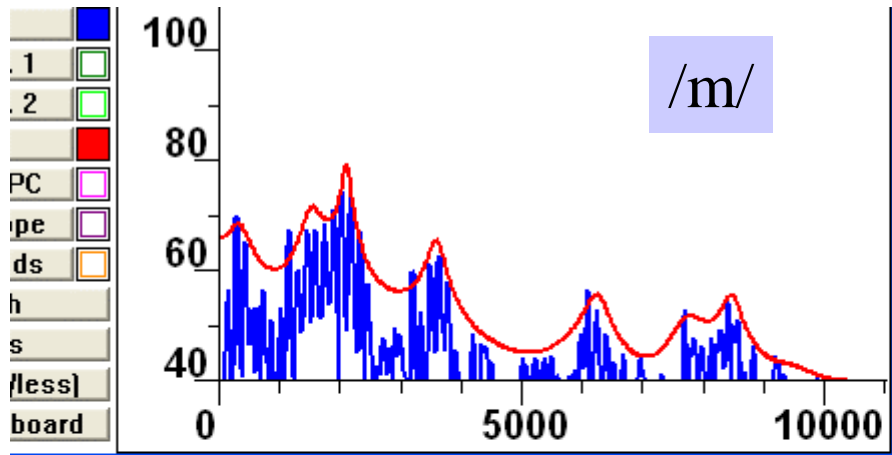
Et parfois voyelles avec F1 très bas



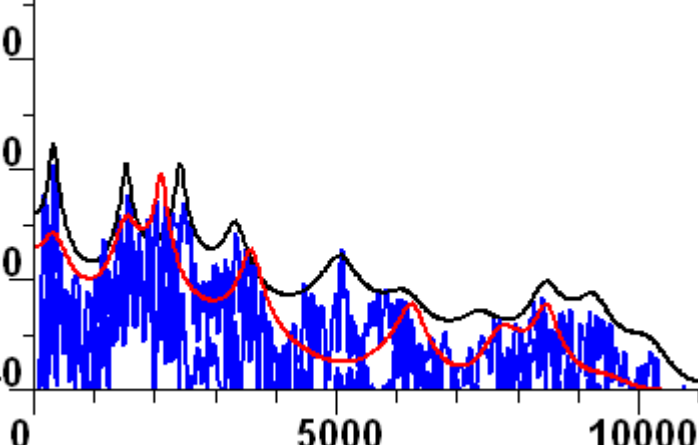
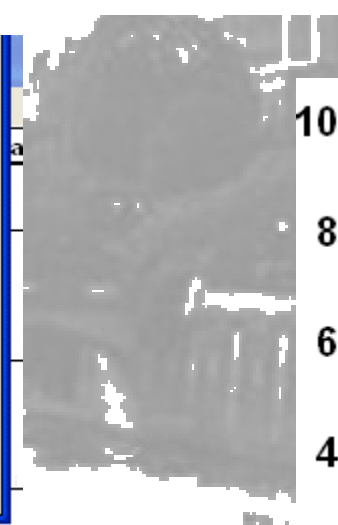
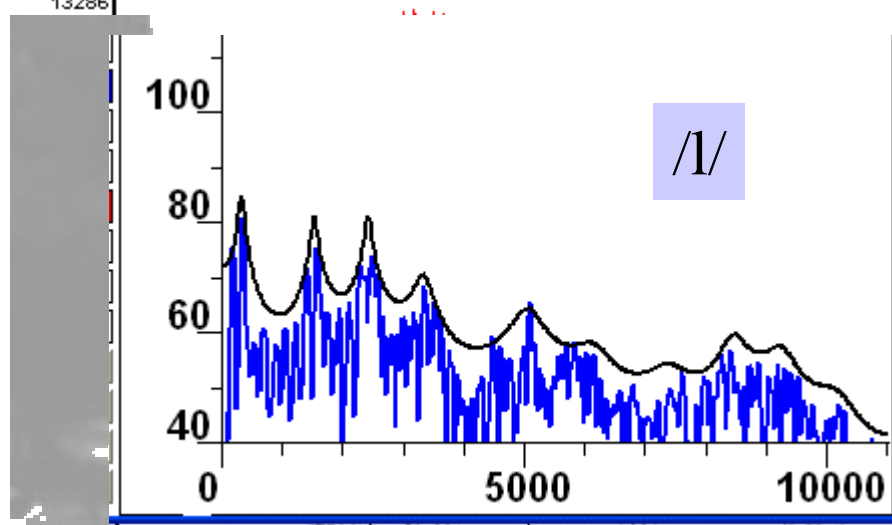
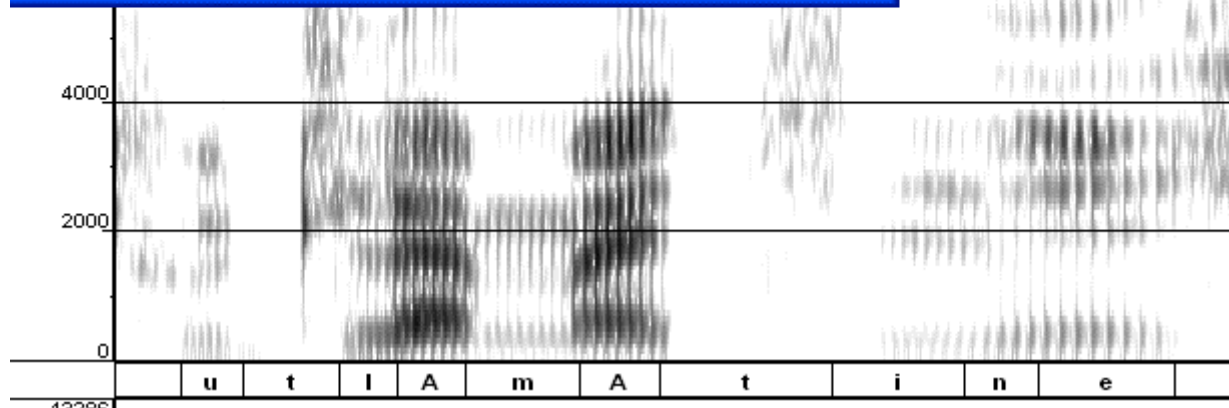
## Mais en pratique ...

- 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

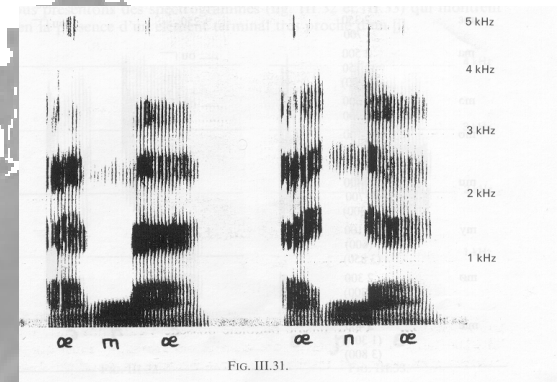


# Lieu d'articulation ?

## Théorie:

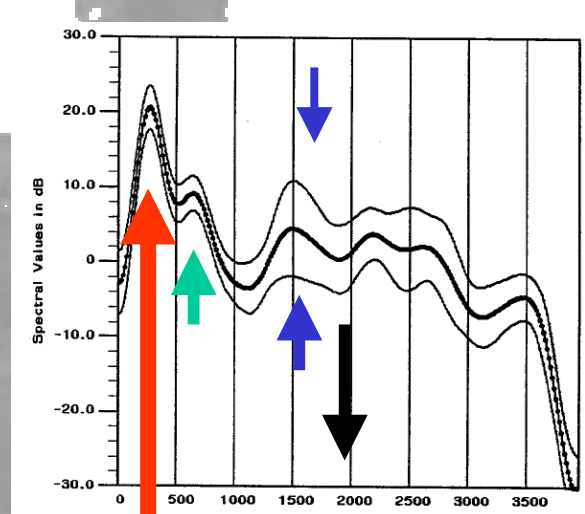
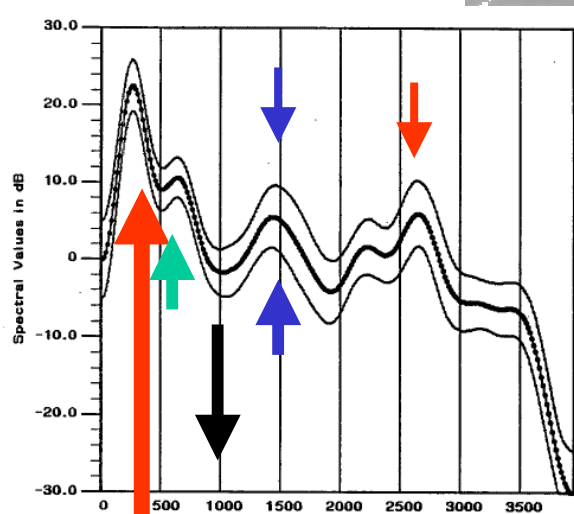
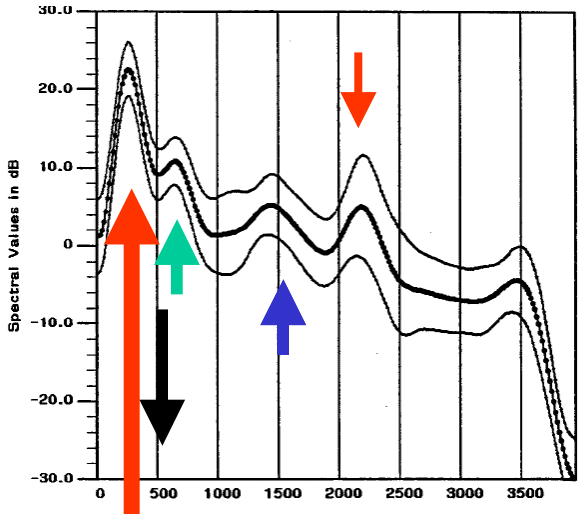
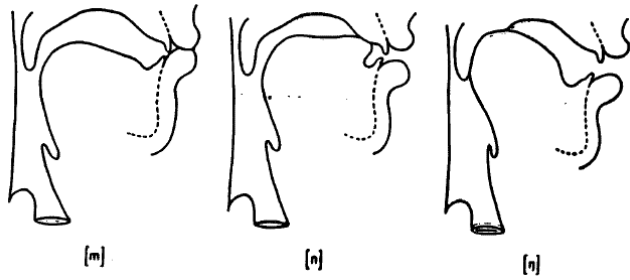
**Antiformant dépend du lieu d'articulation  
(Fujimura)**

- **Plus bas pour les labiales**



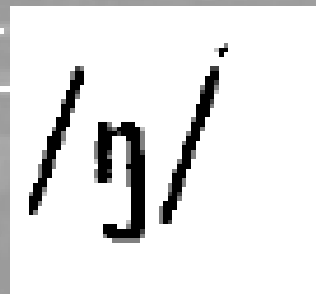
- Zéros
- (Fujimura)

# Caractéristiques



## Nasals

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



Glass, 1 locuteur

# Lieu d'articulation ?

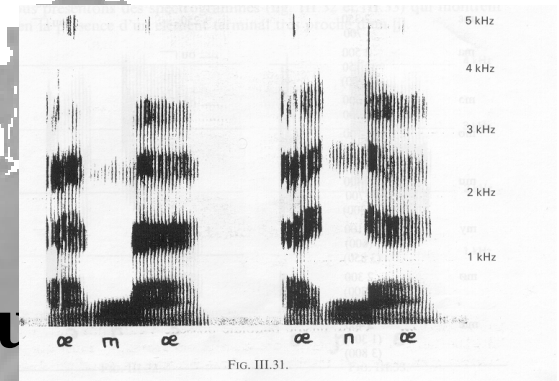
## Théorie:

Antiformant dépend du lieu d'articulation (Fujimura)

- Plus bas pour les labiales

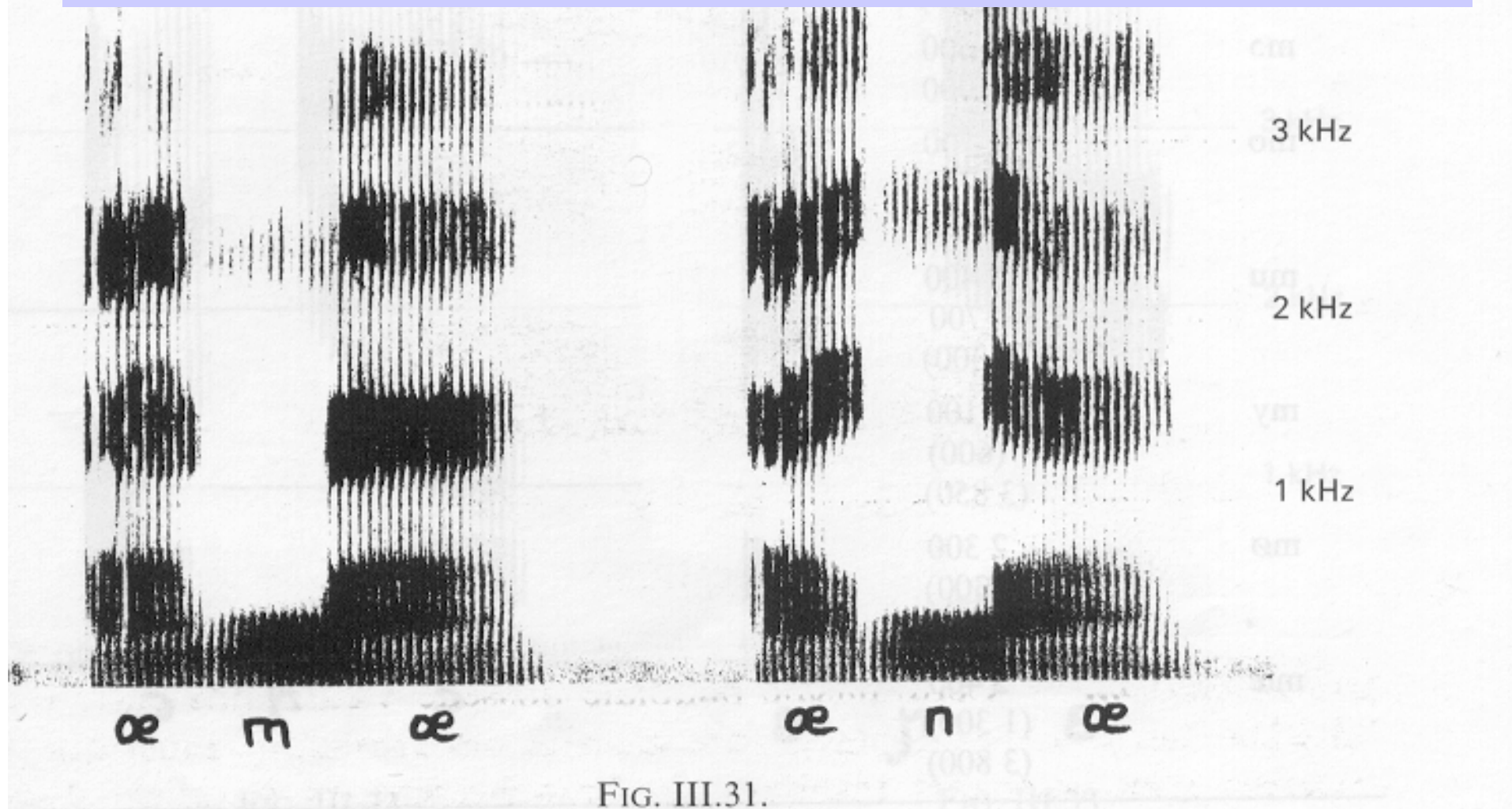
## Mais en pratique:

- 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



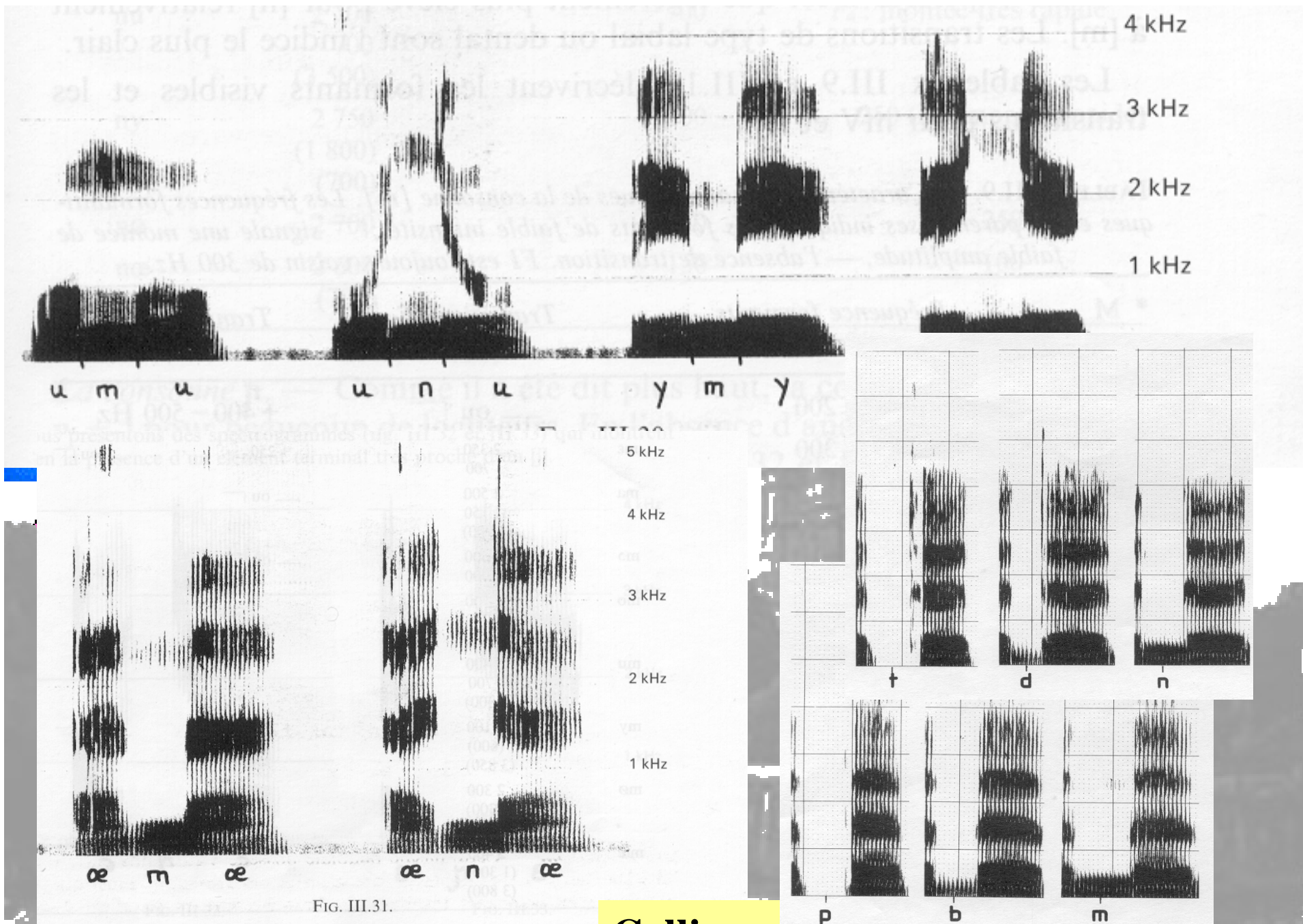


FIG. III.31.

Calliope



# Identité du lieu d'articulation de la consonne nasale?

- Dépend de la position de la consonne dans la syllabe

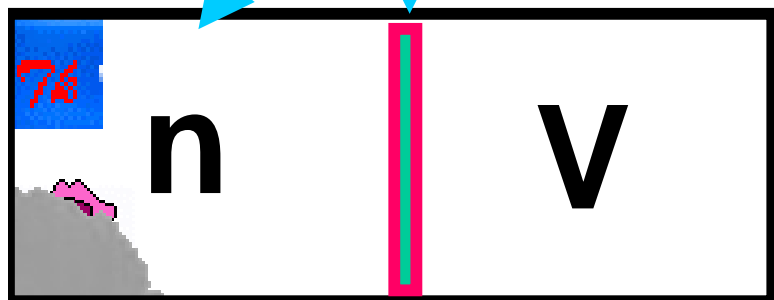
76

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

# -n à l'attaque

**+nasal**

relâchement



murmure

Transitions  
F2 et F3

**lieu**

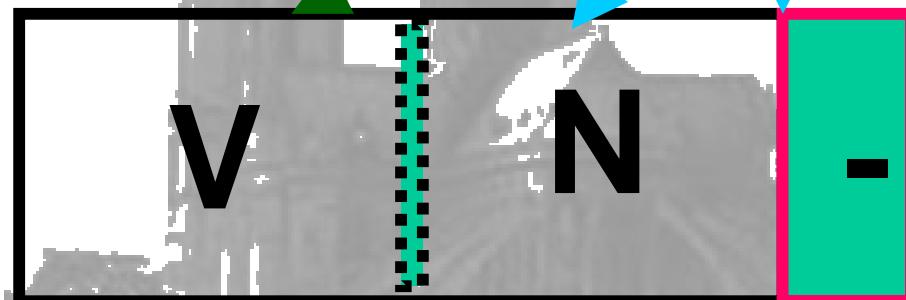
**E muet  
Murmure très long**

# 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

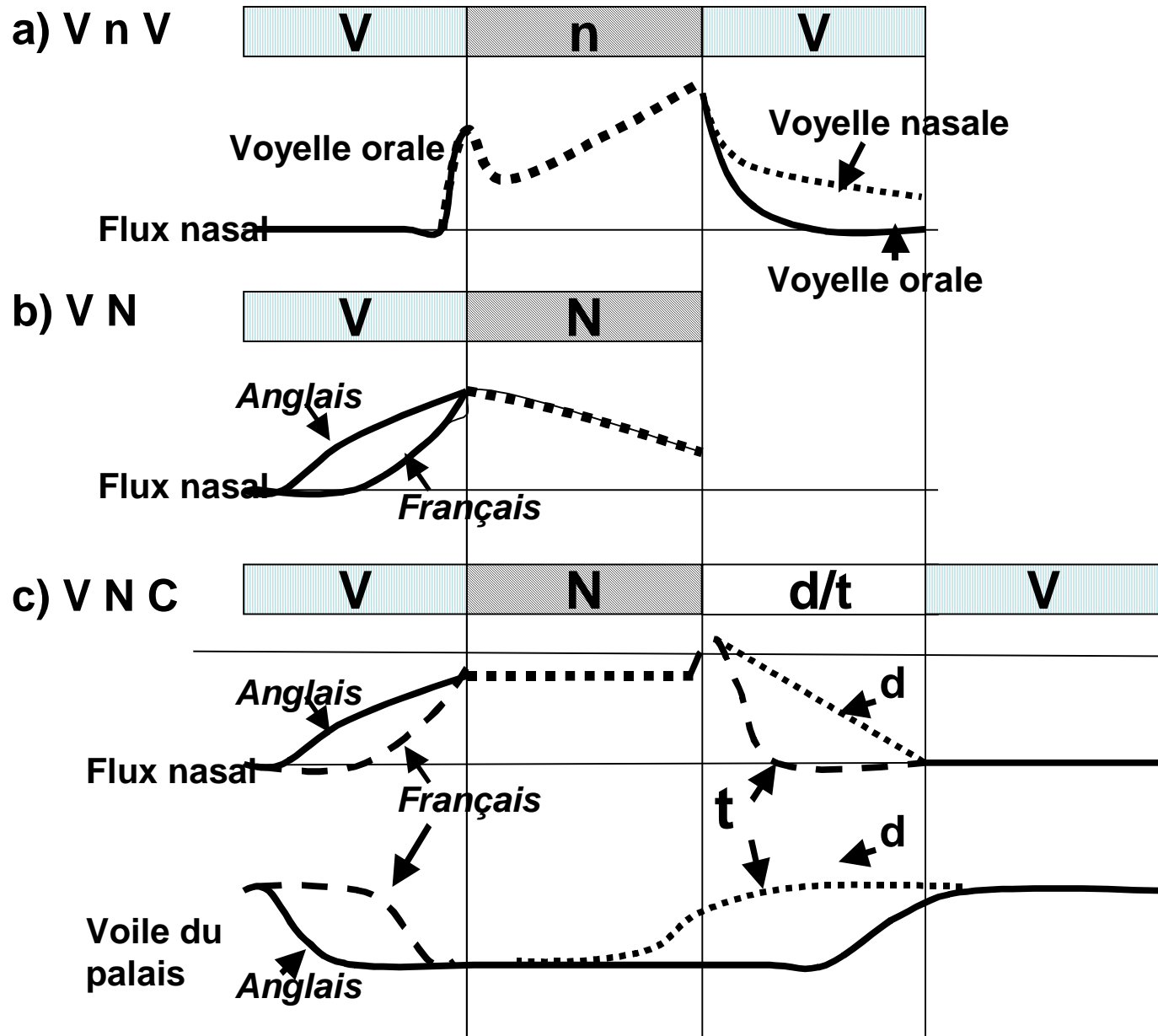
**Position de la consonne dans la syllabe**

**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

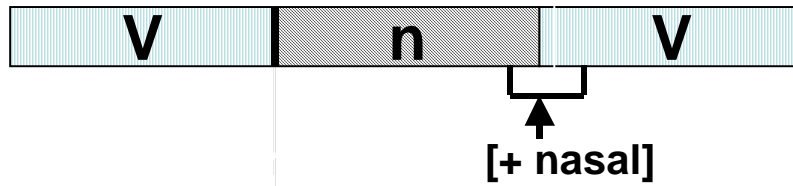




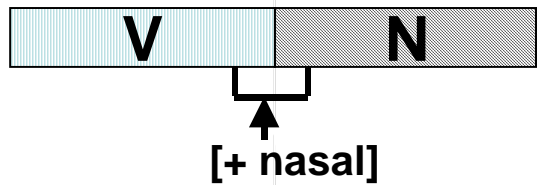
**Contraintes de perception et aérodynamiques**



a) V n V

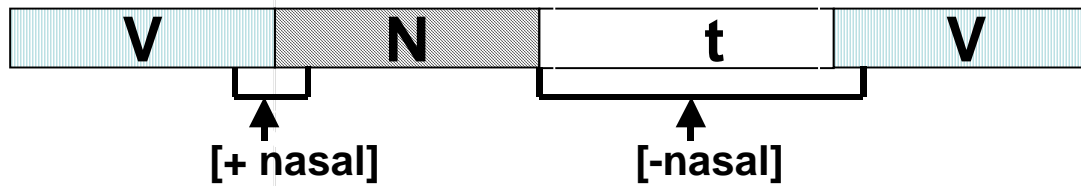


b) V N



Point de rendez vous  
Articulatoire+aérodynamique  
Et perceptif

c) V N t - V



d) V N d - V



**Contraintes de perception et aérodynamiques**

- Pouvoir explicatif de la nouvelle représentation ?

76

- 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  $1000\text{ c/s}$ ;
- 4)  $F2$  is often weakened and raised a little;
- 5) A formant at  $2000\text{ c/s}$  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  $250\text{ c/s}$  (secondary cue);**
- 3) there is, except for open vowels, a (non-essential)  $2000\text{ c/s}$  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

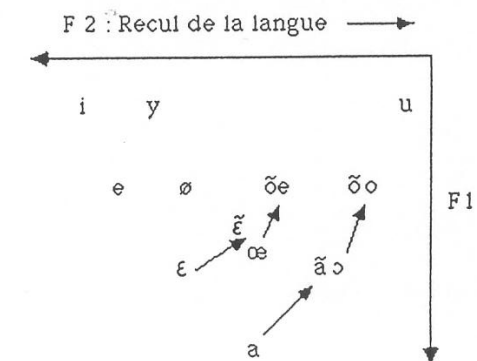
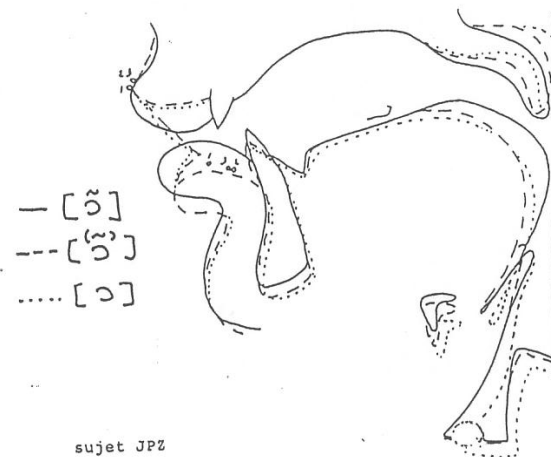
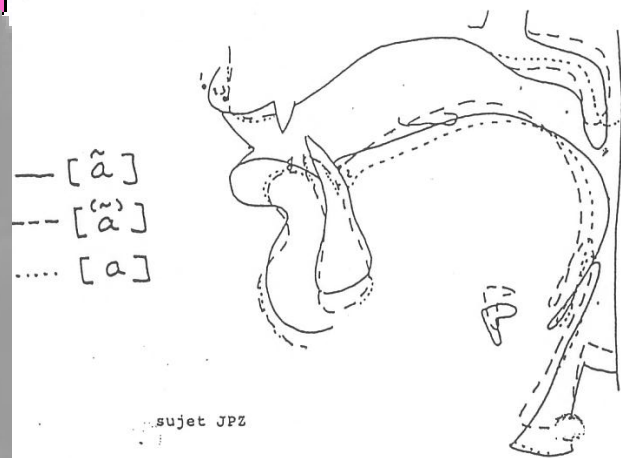
- Selon les régions
  - (PFC)
- Selon les variétés
  - (Delvaux/Demolin)



# 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

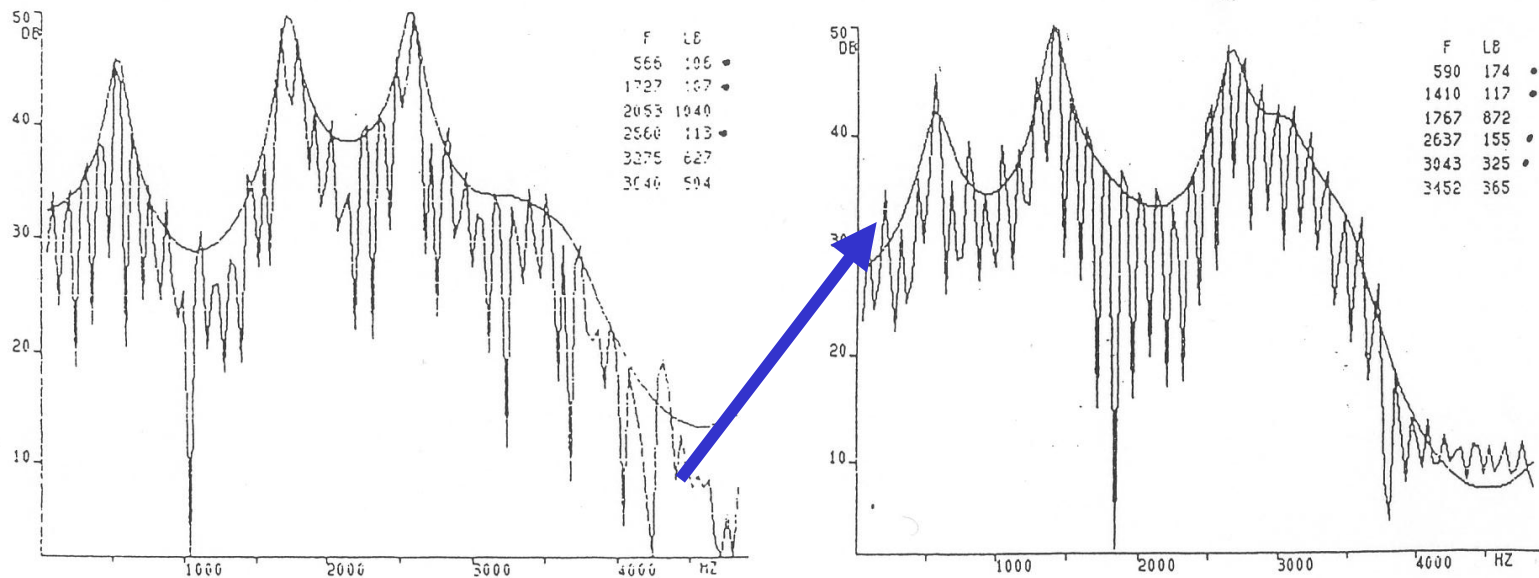
Centre de gravité pour les voyelles postérieures



[ ε ]

[ ẽ ]

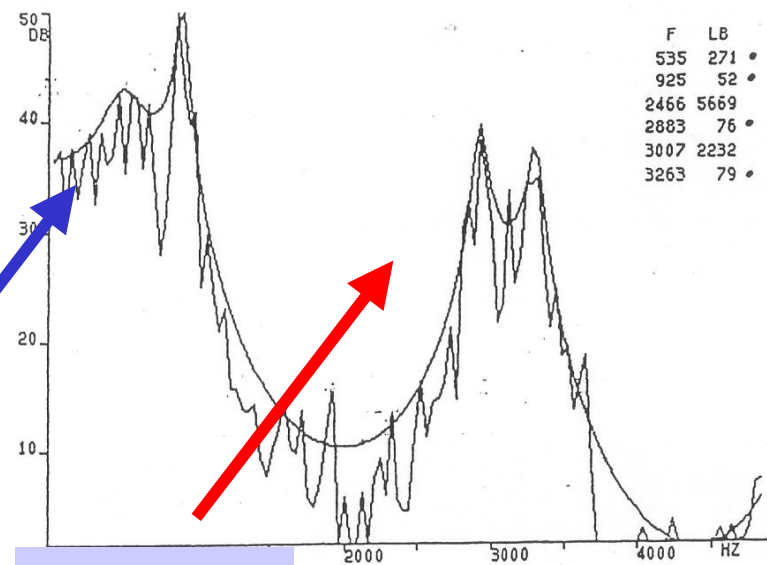
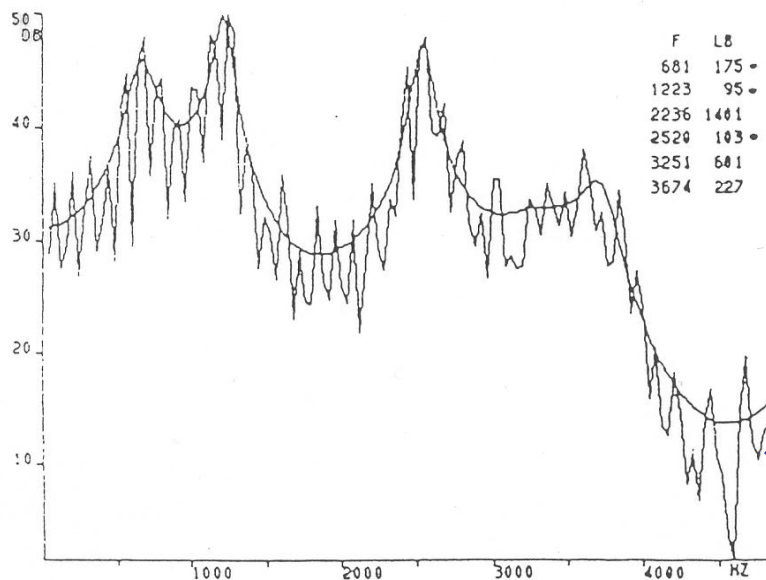
## Spectre des voyelles orales et nasales du français



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 ]



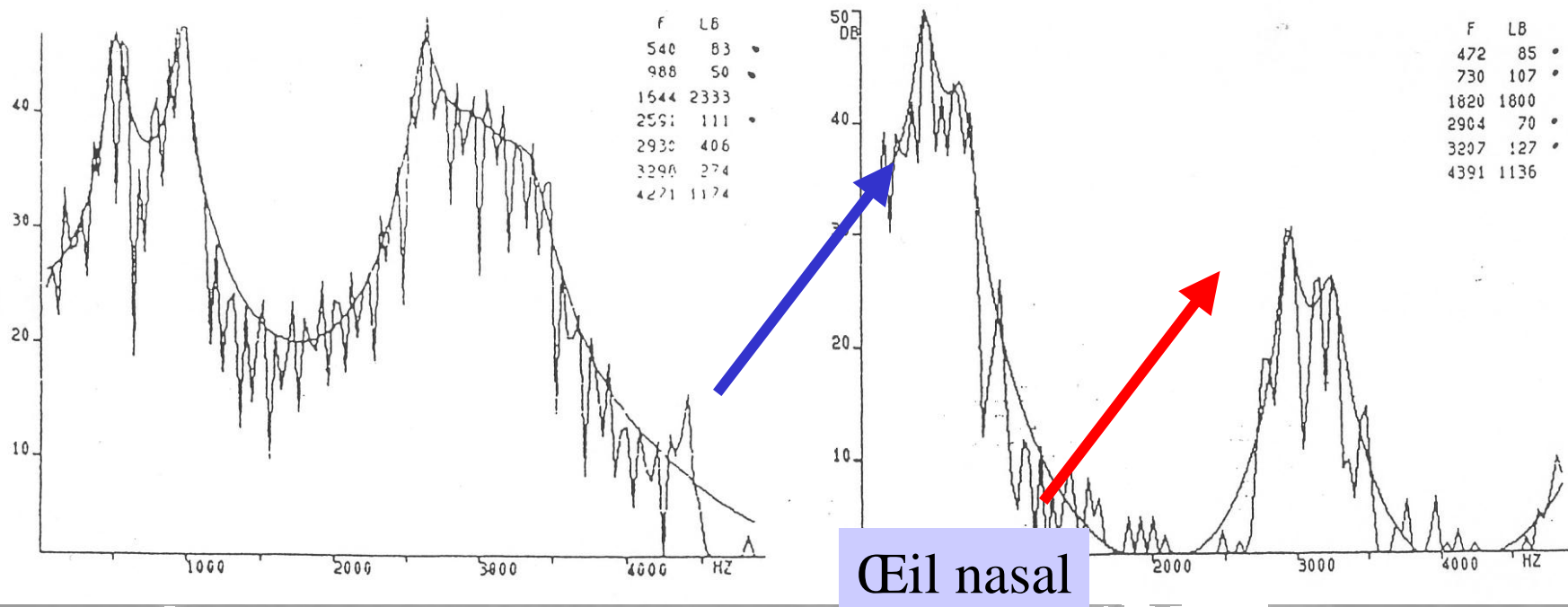
Œil nasal

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



Œil nasal

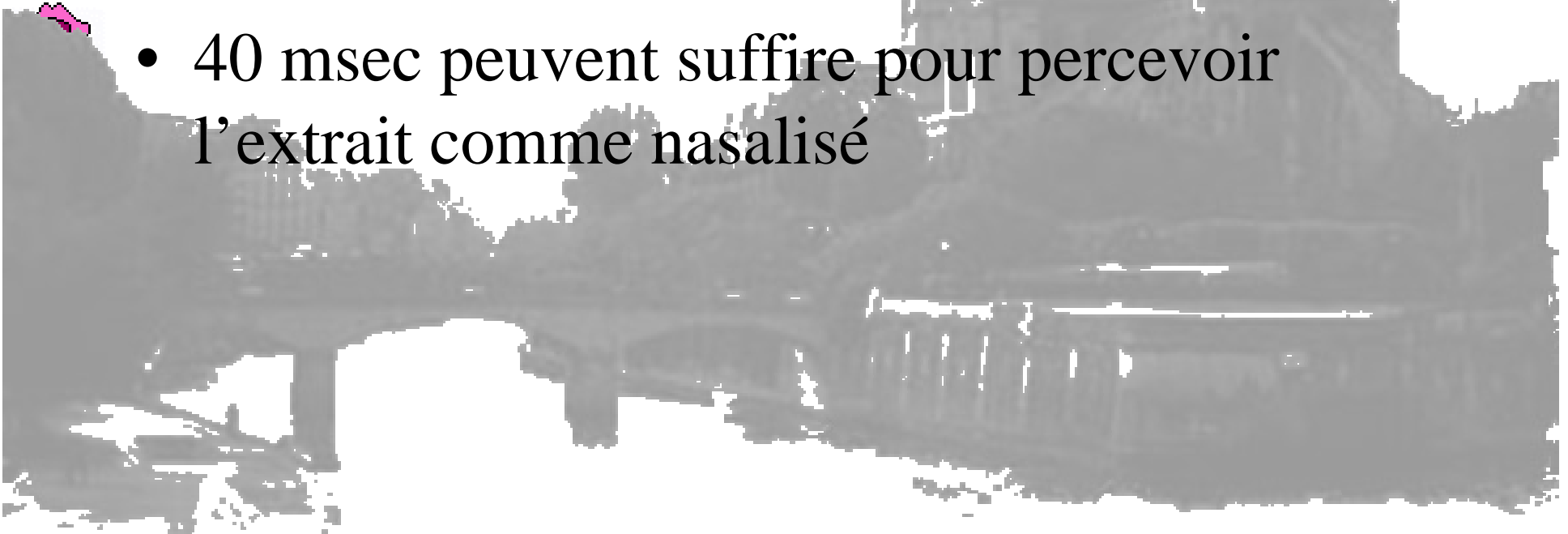
d'après F. Lonchamp, « *Les sons du français : Analyse acoustique descriptive* », Institut de Phonétique, Université de Nancy II.

- **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





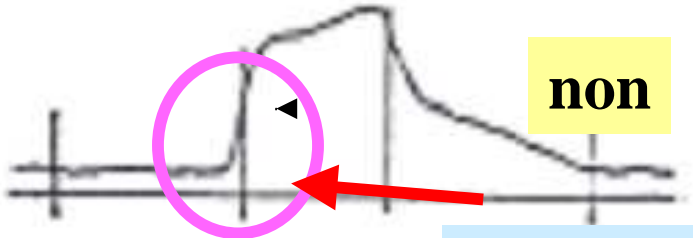
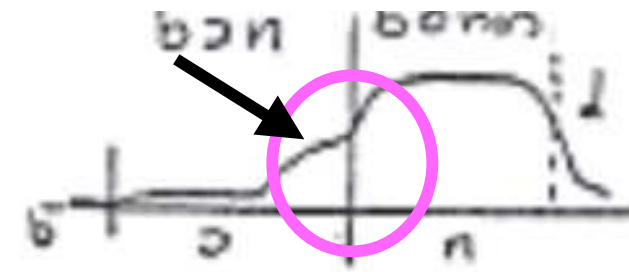
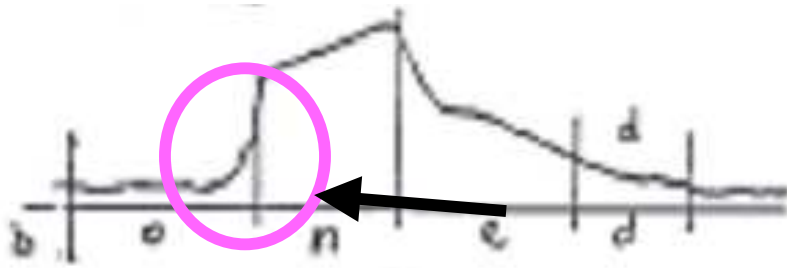
## 2) Voyelles nasalisées

- 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



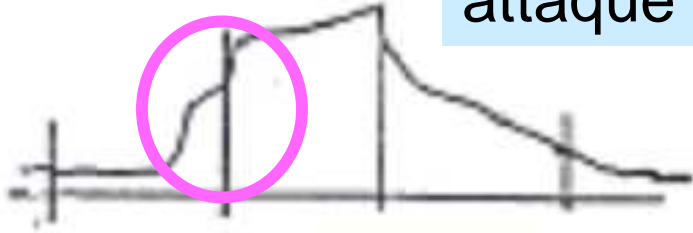
# Anticipation pas obligatoire

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

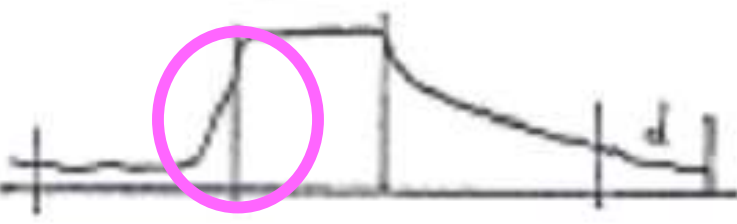
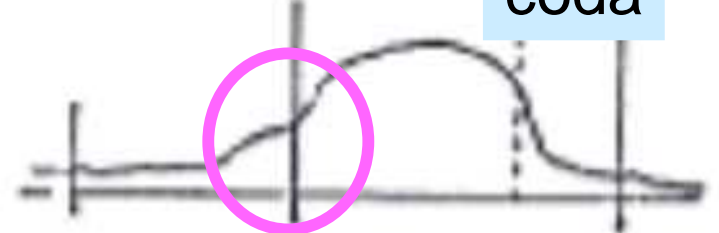


attaque

coda



Cohn



« Anticipation » facultative

« Anticipation » obligatoire

76

/i/

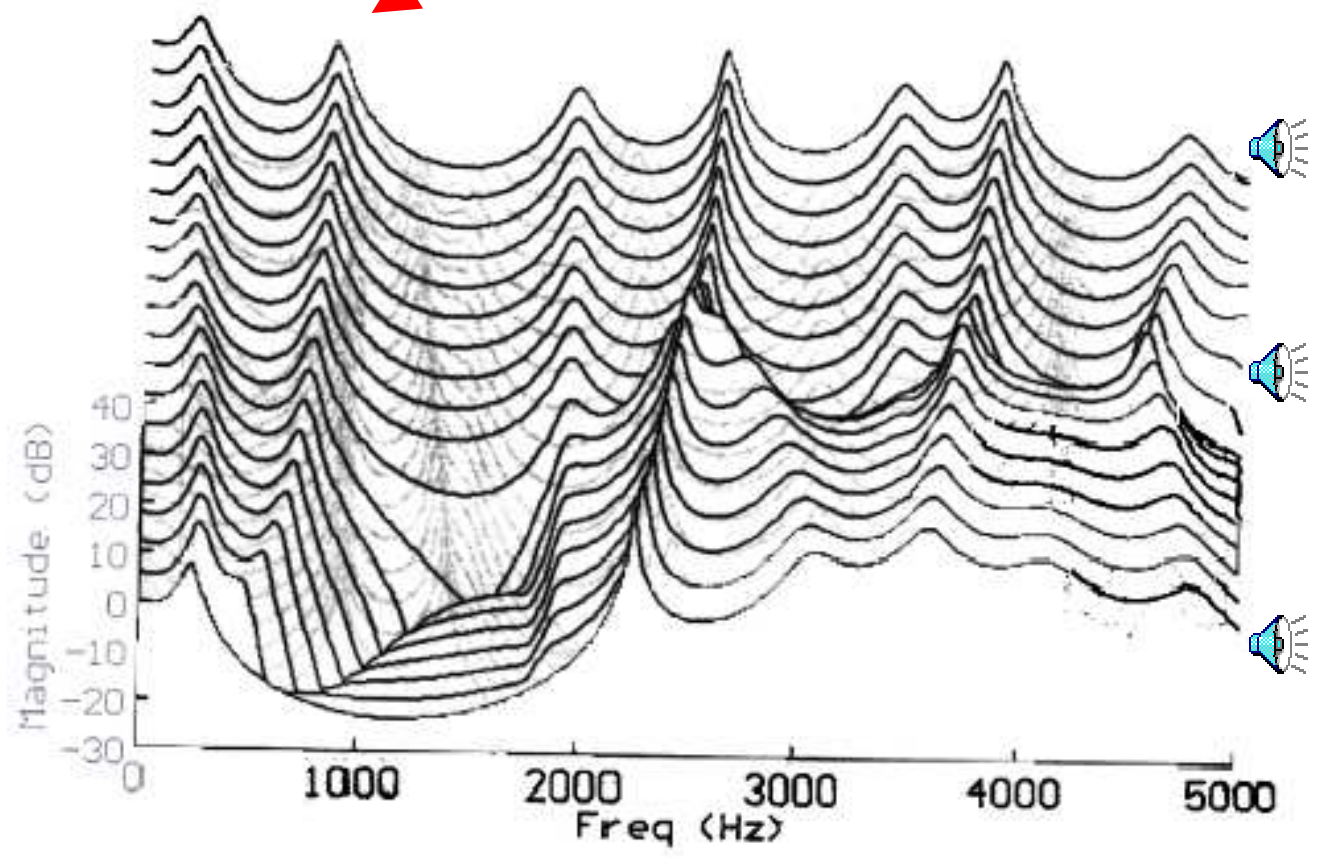
exemple



Variation de la fonction de transfert en fonction de  $\tau_0$  (ms):

**Résonance supplémentaire**

[i]

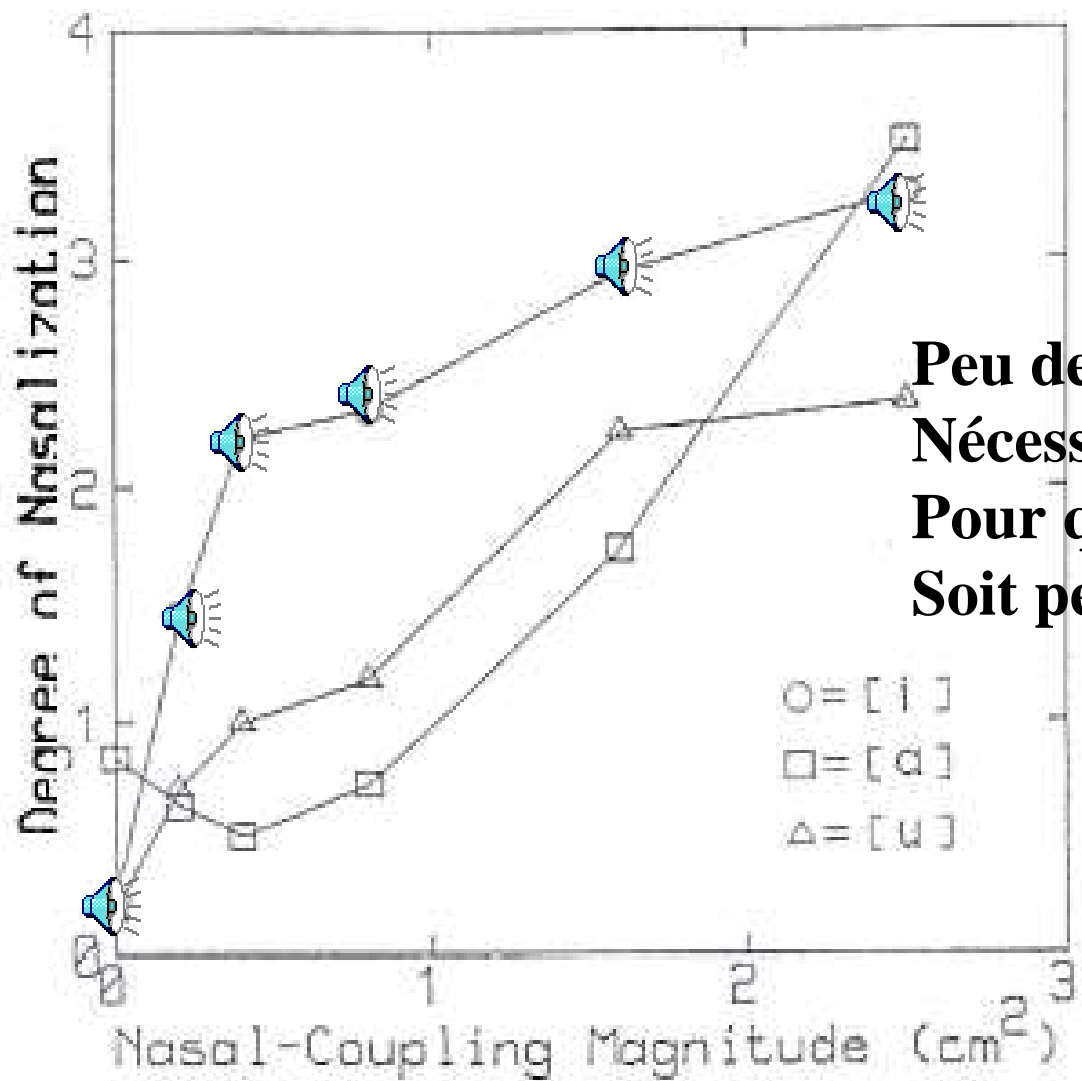


76  
(fant)

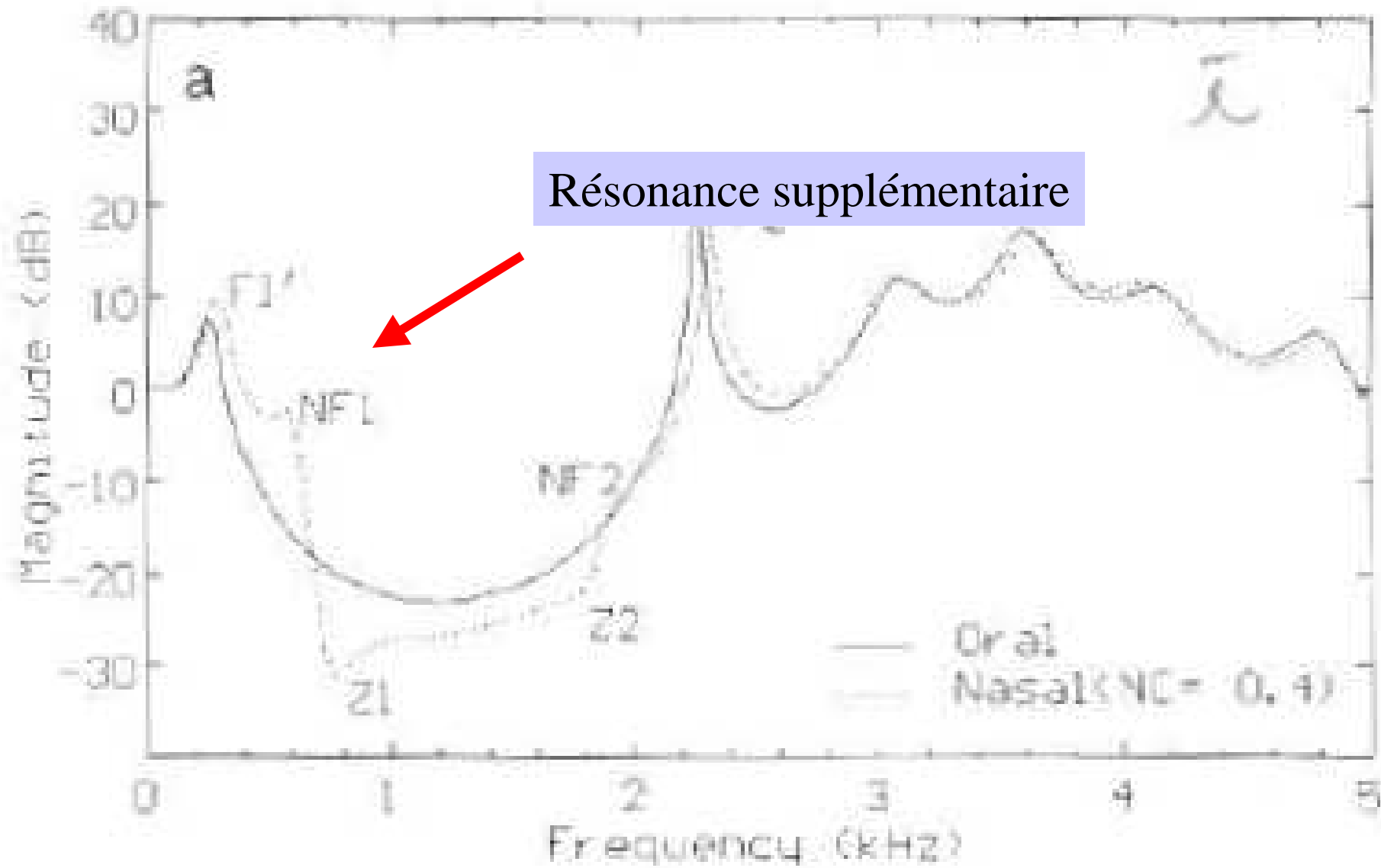
théorie

Maeda

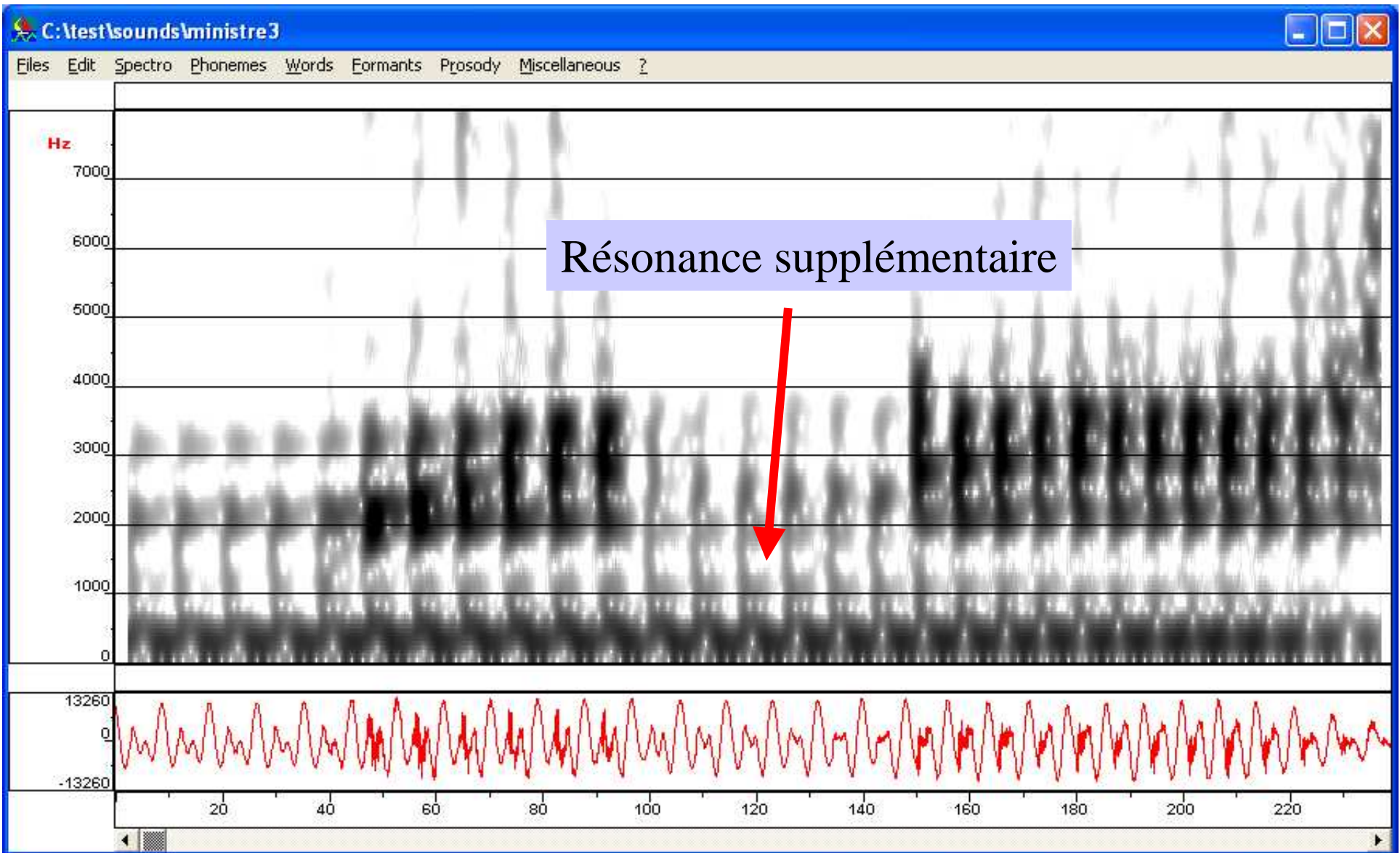
# Degré subjectif de nasalisation



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

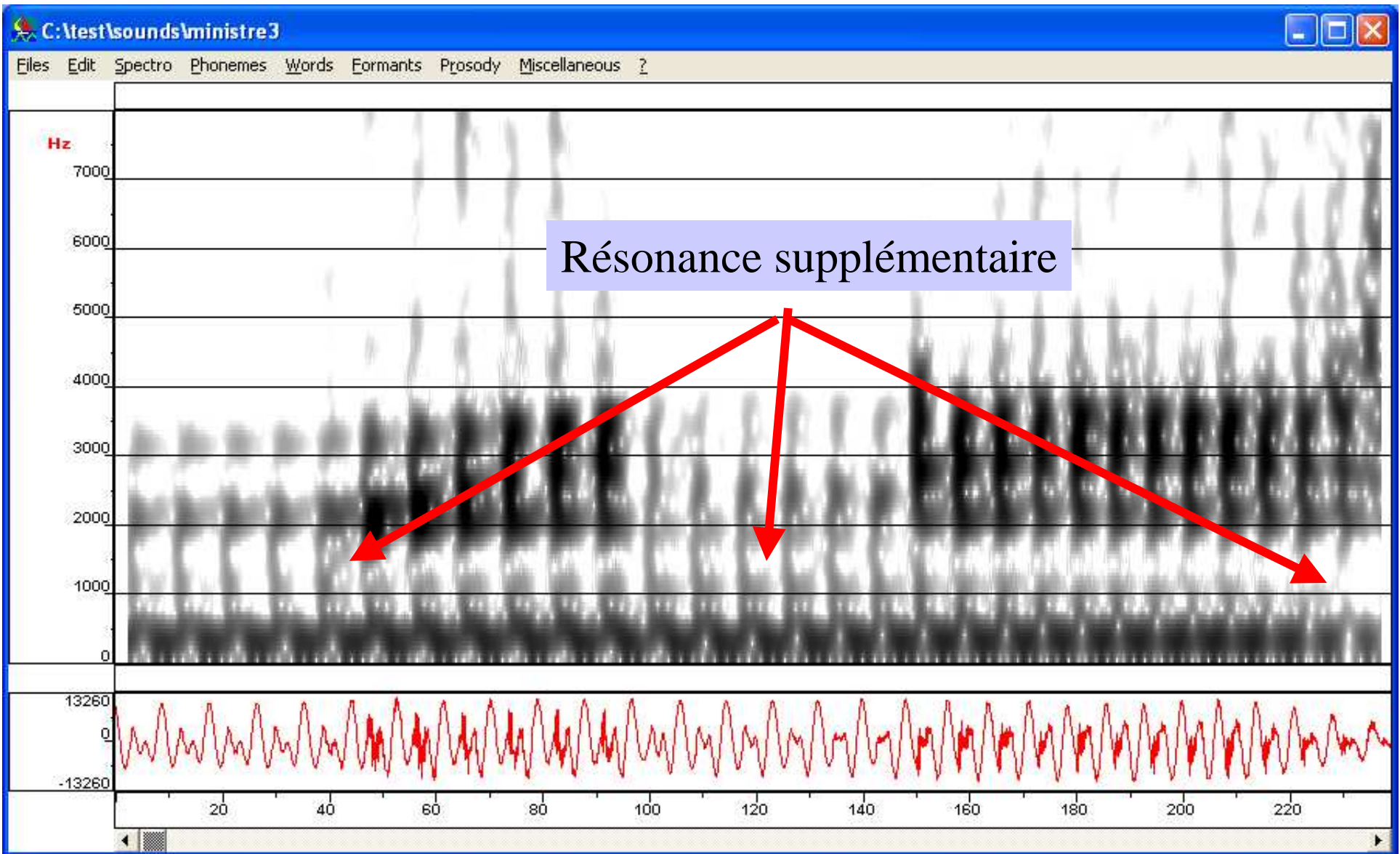


**Simulation Maeda**



**Réalité**





Résonance supplémentaire

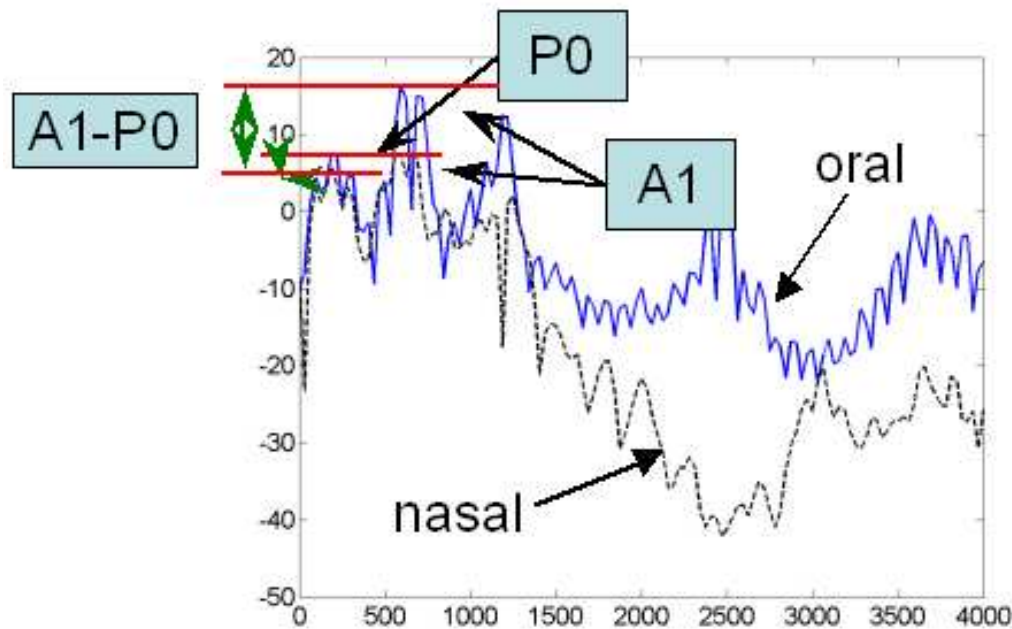
Réalité

empan

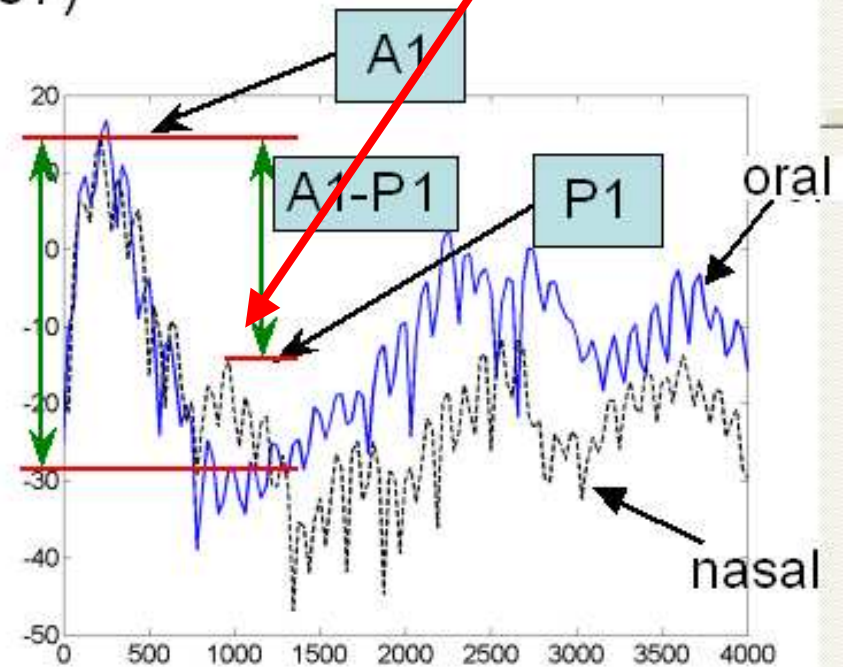
# /i/ anglais

Résonance supplémentaire

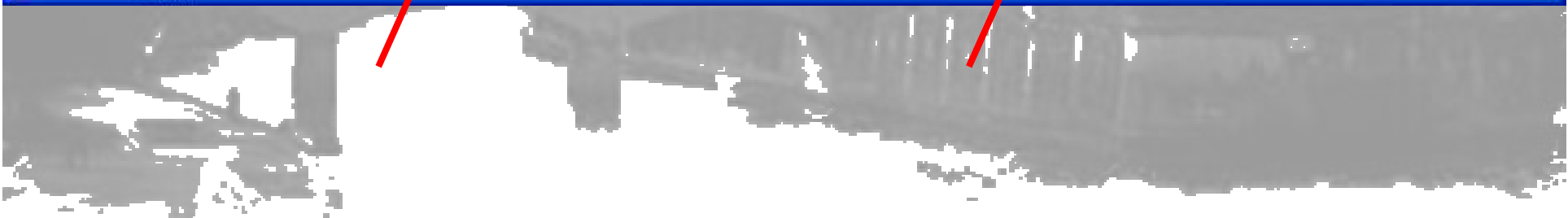
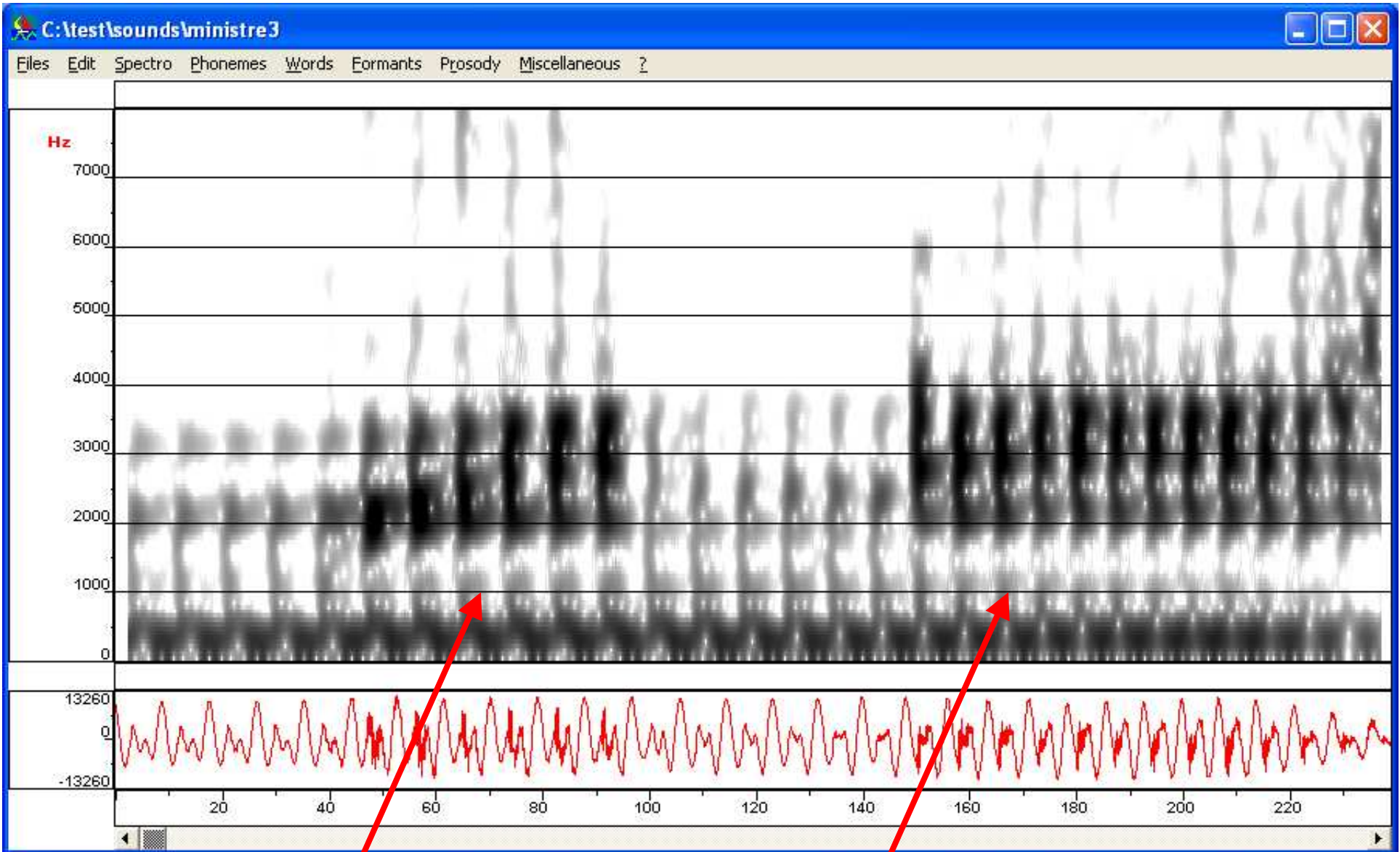
(Chen, 1997)



Low vowel /a:/

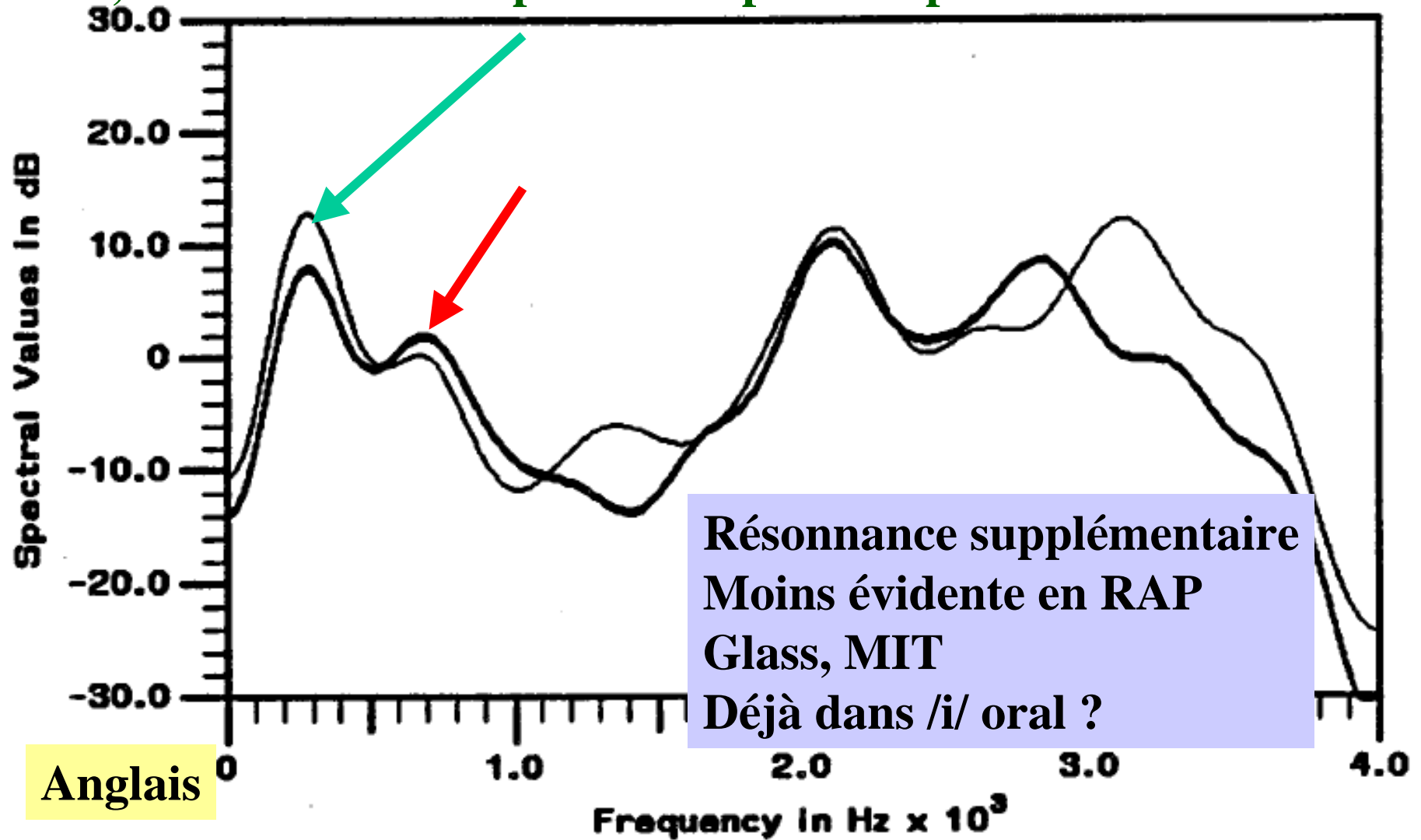


High vowel /i:/



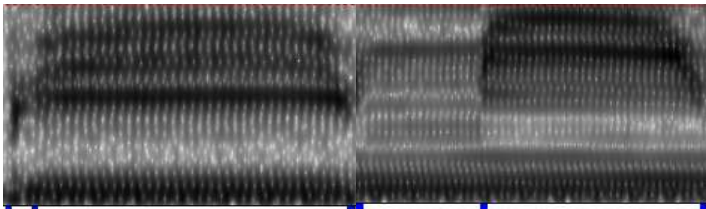
# Overlay of Nasalized and Non-nasalized /i/

Ici, réduction de l'amplitude du premier pic



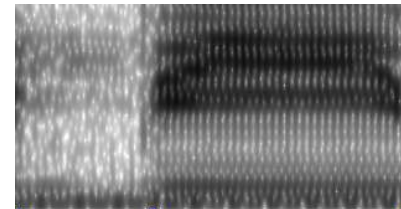
Anglais

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

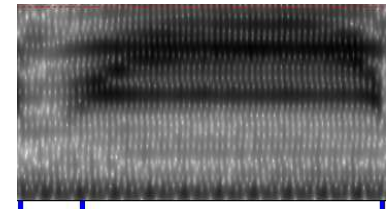


b i m i

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

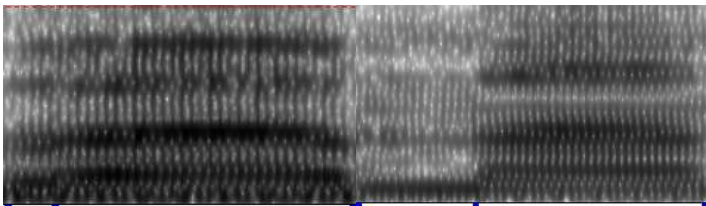


b i



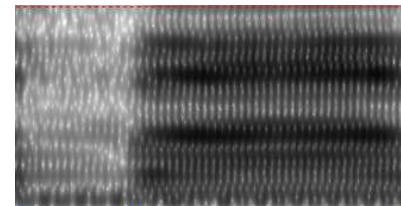
m i

# Nez\_bouché

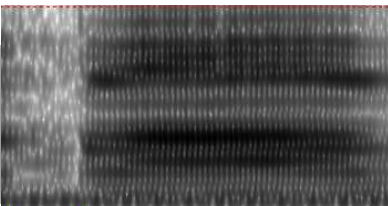


b a m a

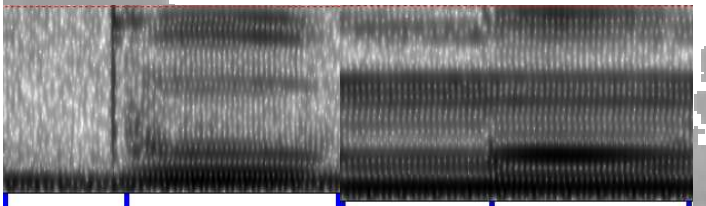
	F0 (Hz)	f1 (Hz)	f2 (Hz)	f3 (Hz)
ba	217	576	1711	2997
ma	260	807	1678	3167



b a

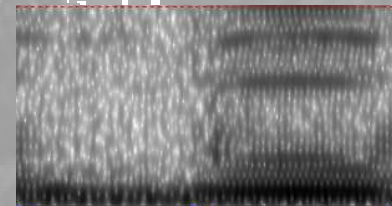


m a

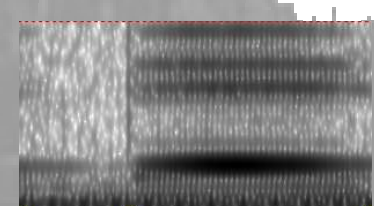


b u m u

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



b u



m u

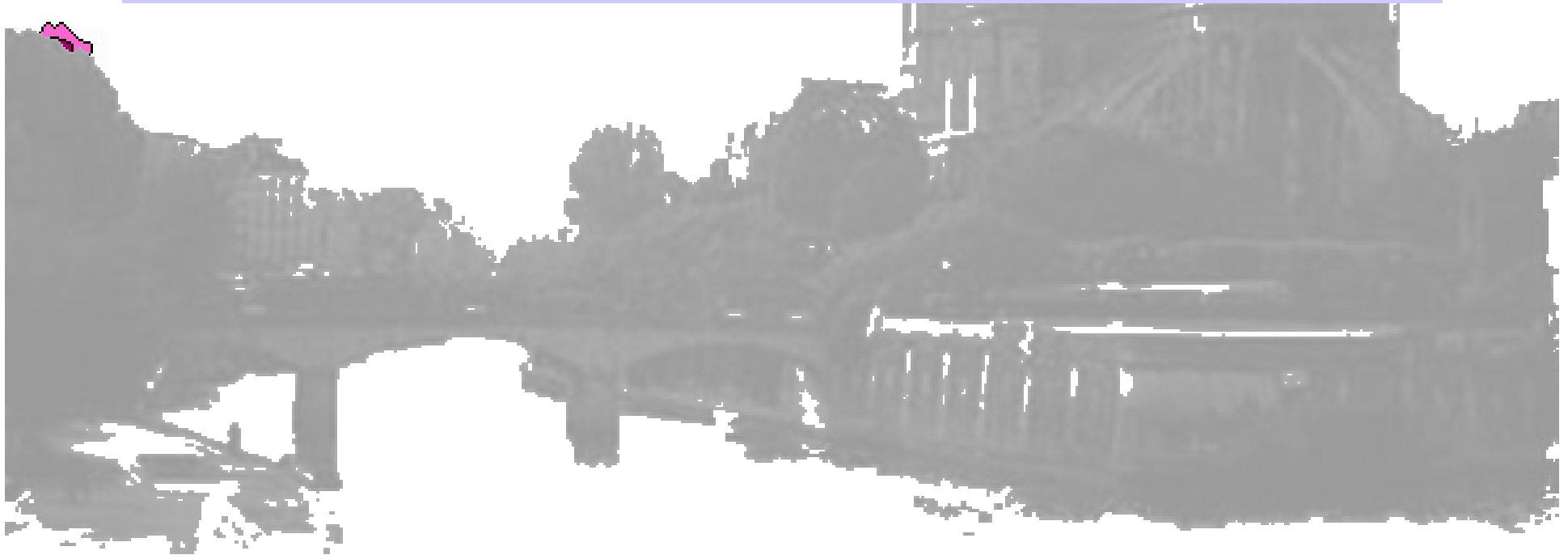
demo

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.**

