

Le fonctionnement de la parole: aspects articulatoire, acoustique et perceptif

Bernard Teston

Laboratoire Parole et Langage
CNRS et Université de Provence
Aix en Provence

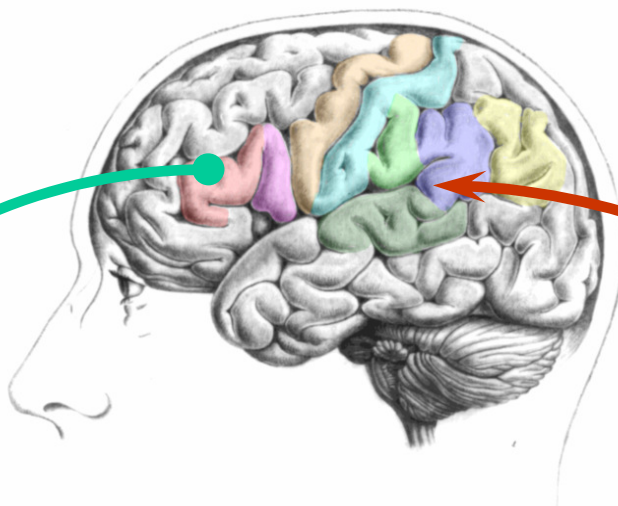
Quelques définitions

- Phonème (système phonologique)
- Syllabe
- Morphème (sémantique)
- Mot (lexique)
- Phrase (syntaxe)
- Discours (pragmatique)

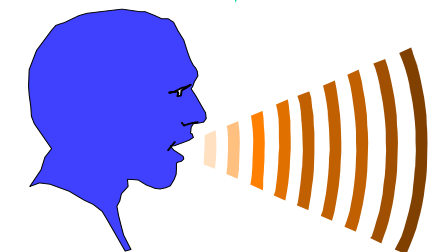
**PSYCHOLINGUISTIQUE
NEUROLINGUISTIQUE**

ENCODAGE

DECODAGE



PHONETIQUE






**PHYSIOLOGIE
DE LA PRODUCTION
NEUROMOTRICITE**

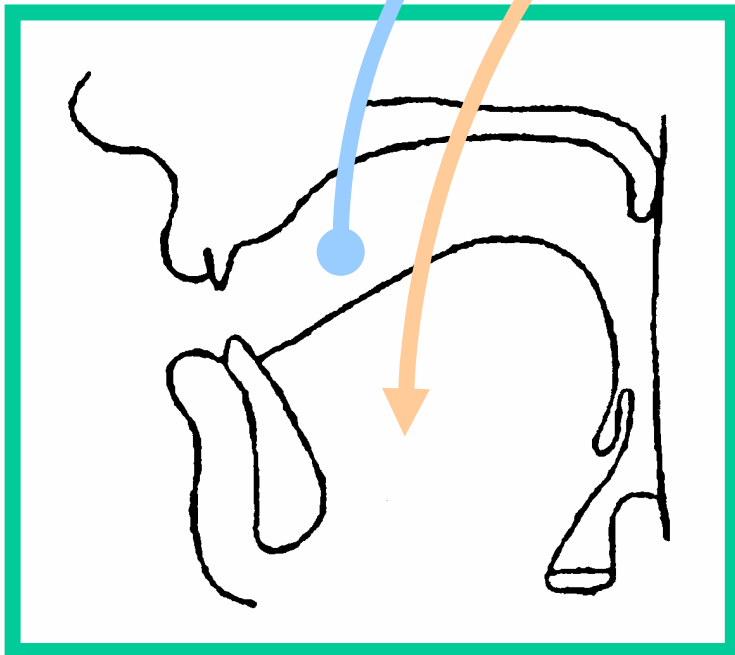


ACOUSTIQUE



**PHYSIOLOGIE
DE LA PERCEPTION
PSYCHOACOUSTIQUE**

-  Aire de Broca
-  Aire motrice
-  Aire somato-sensorielle



Encodage phonético-acoustique

Fabrication du message

Programmation pré-motrice

Programmation motrice

Réalisation du geste

Contrôle

Modélisation du conduit vocal: relation entre articulation et acoustique

Modélisation acoustique: Le conduit vocal vu comme un système acoustique

Modélisation géométrique: coupe sagittale du conduit

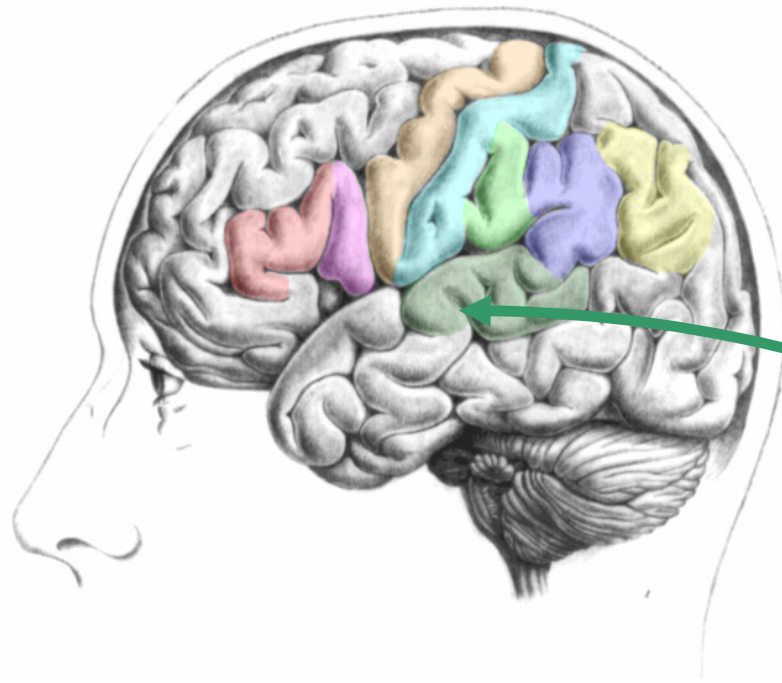
Modélisation mathématique: à partir des équations d'ondes

Modélisation dynamique: Langue, mâchoire

Modélisation du larynx

Phonologie articulatoire

Inversion du modèle



Aire auditive



Aire de Wernike

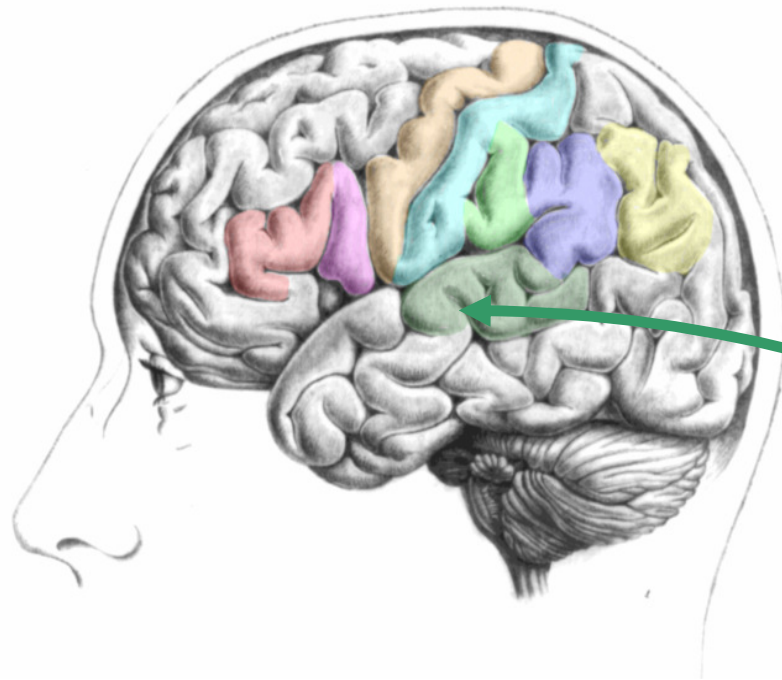
Décodage Acoustico-Phonétique

Traitements psycho-acoustiques

Décodage auditif

Décodage du message





Aire auditive



Aire de Wernike

Décodage Acoustico-Phonétique

Traitements psycho-acoustiques

Décodage auditif

Décodage du message



Modélisation de la perception

- **Perception catégorielle**

Identification des phonèmes et de leur frontières

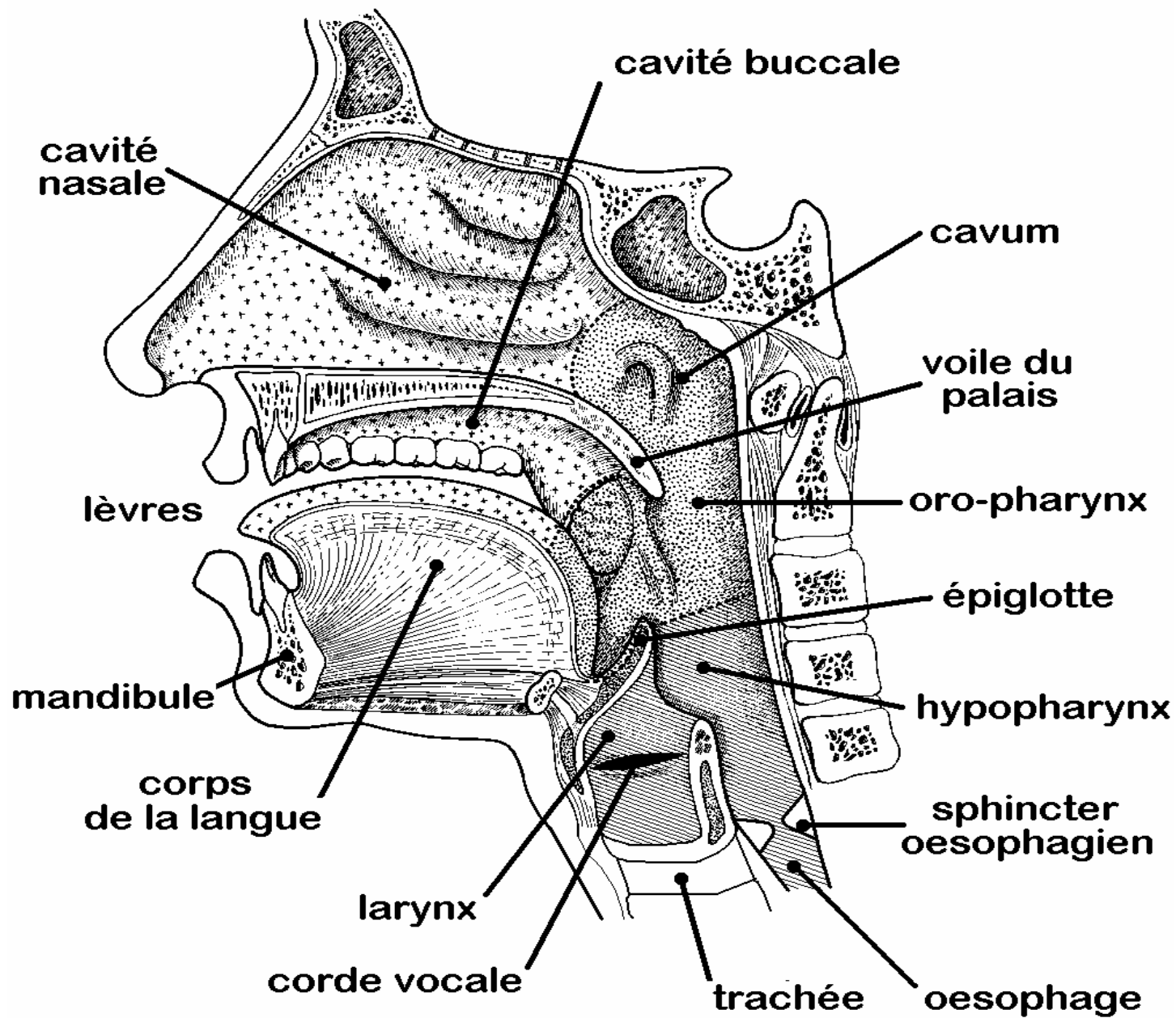
Traits phonologiques (voisement, lieu, mode).

L'auditeur a du mal à percevoir les différences dans une même catégorie

- **Théorie motrice**

Perception à travers les sons, des gestes articulatoires qui ont servi à les générer.

**La reconnaissance du message se fait elle au niveau
du phonème, de la syllabe ou du mot ?**



Coupe schématique du conduit vocal

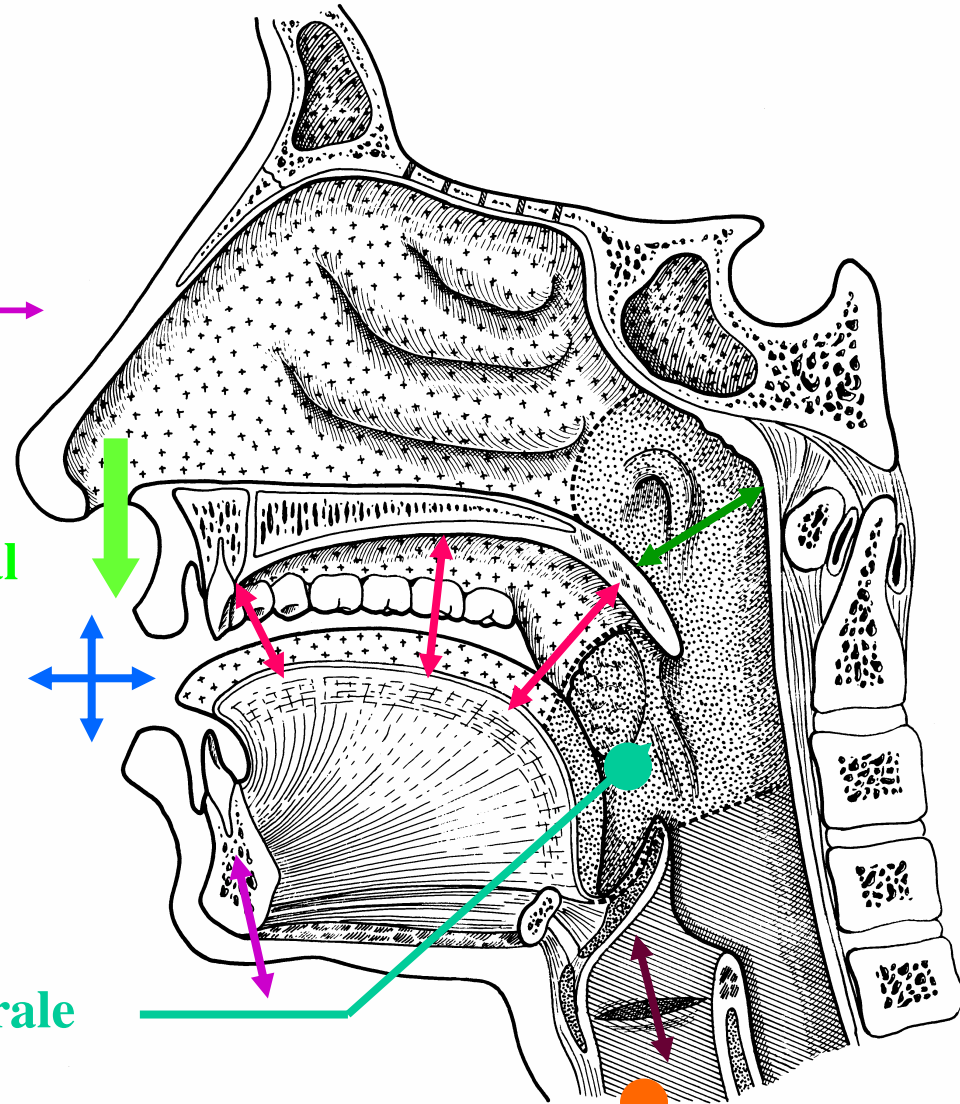
- Mouvements du voile ↔
- Mouvements de la langue ↔
- Mouvements des lèvres ↔
- Mouvements de la mandibule ↔
- Mouvements du larynx ↔

Débit d'air nasal

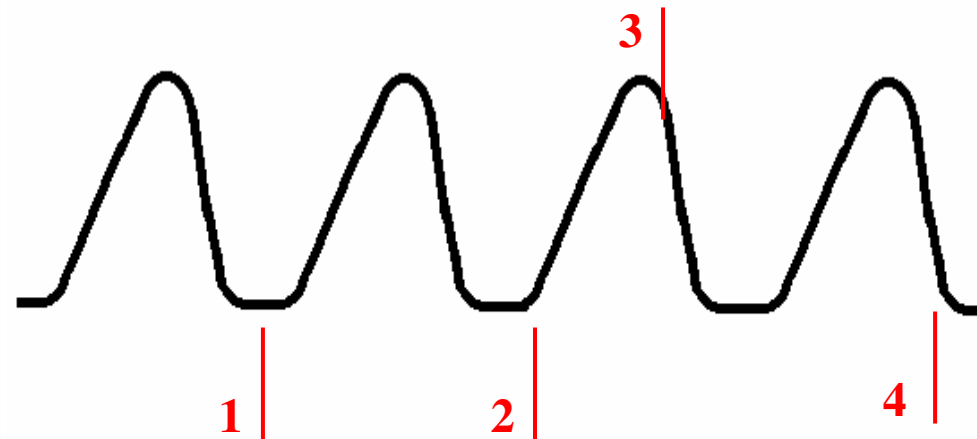
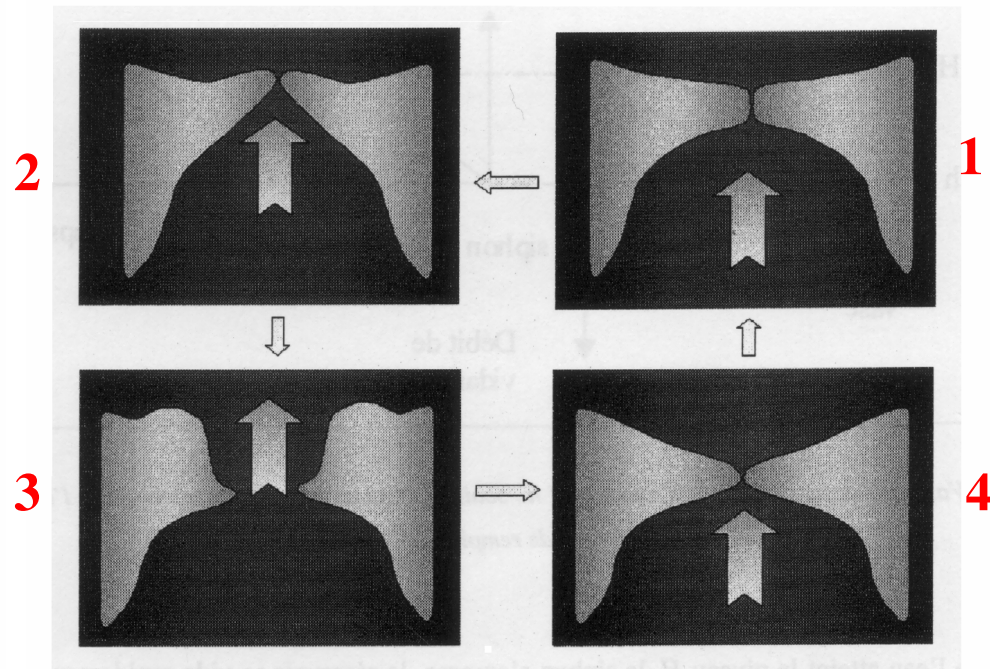
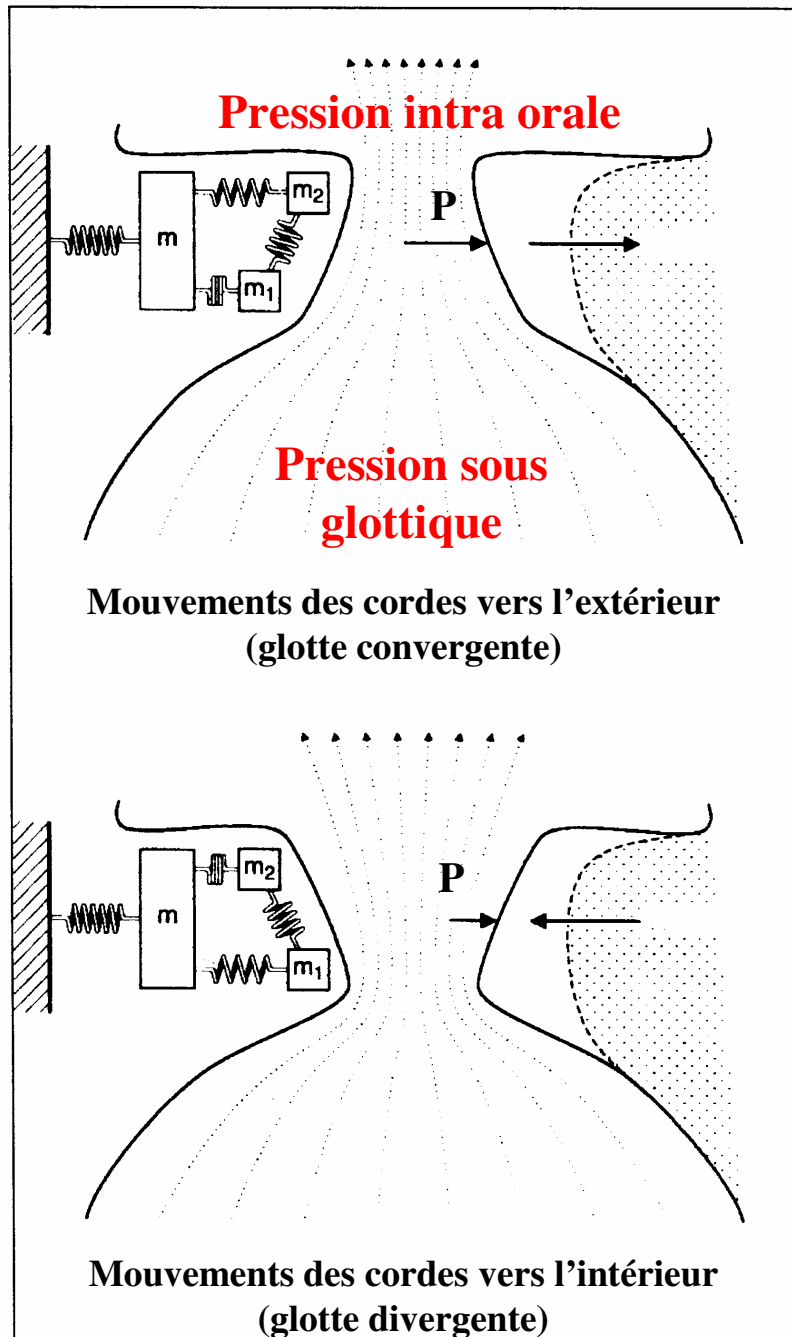
Débit d'air oral

Pression intra orale

Pression sous glottique



Paramètres aérodynamiques et mouvements des principaux organes articulatoires du conduit vocal



Modèle du larynx à 3 masses d'après Titze (1996)

Caractéristiques articulatoires des voyelles du français

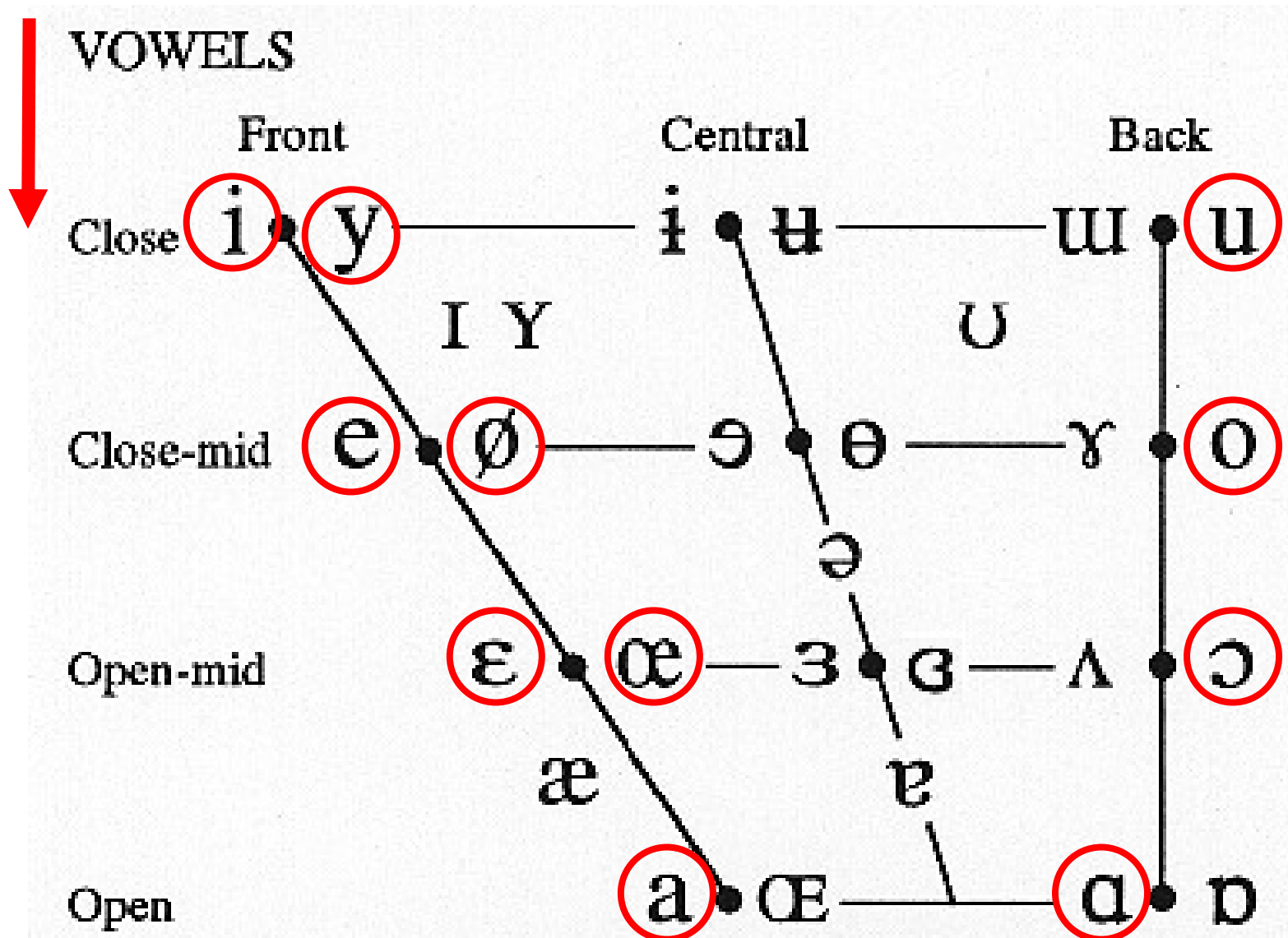
Lieu d'articulation: antérieur (i) – moyen (a de pate) – postérieur (ou)

Résonance: orale (a, o) – nasale (an, on)

Aperture: fermée (i) – mi fermée (o) – mi ouverte (eu)
– ouverte (a)

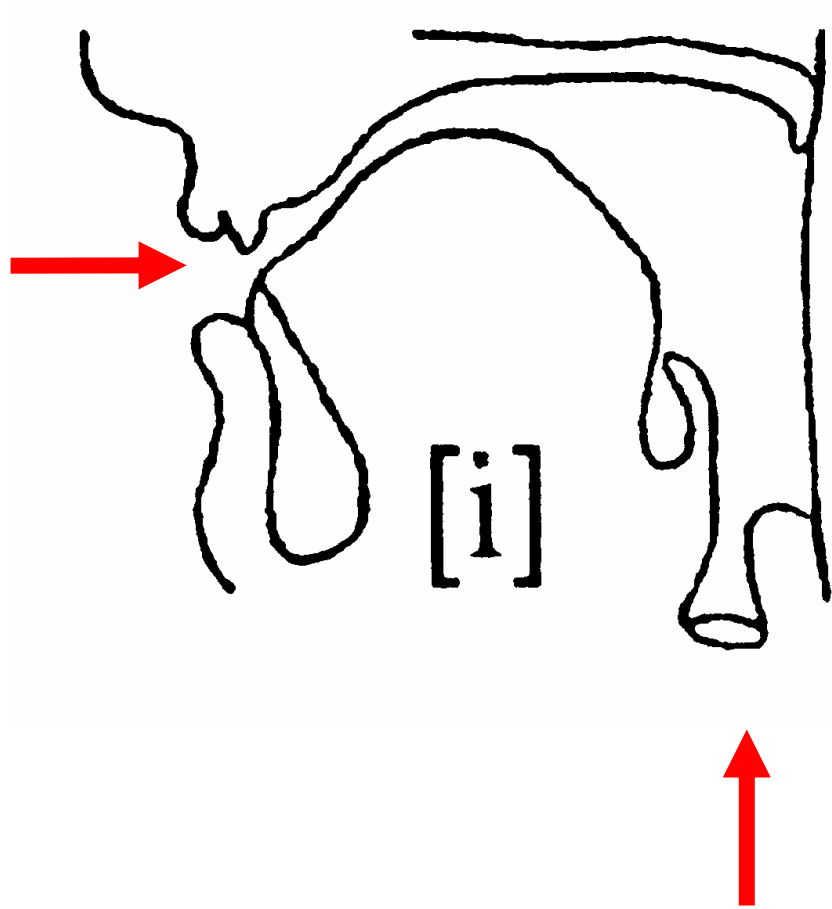
Labialisation: écartée (i)- labialisée (u)

F1

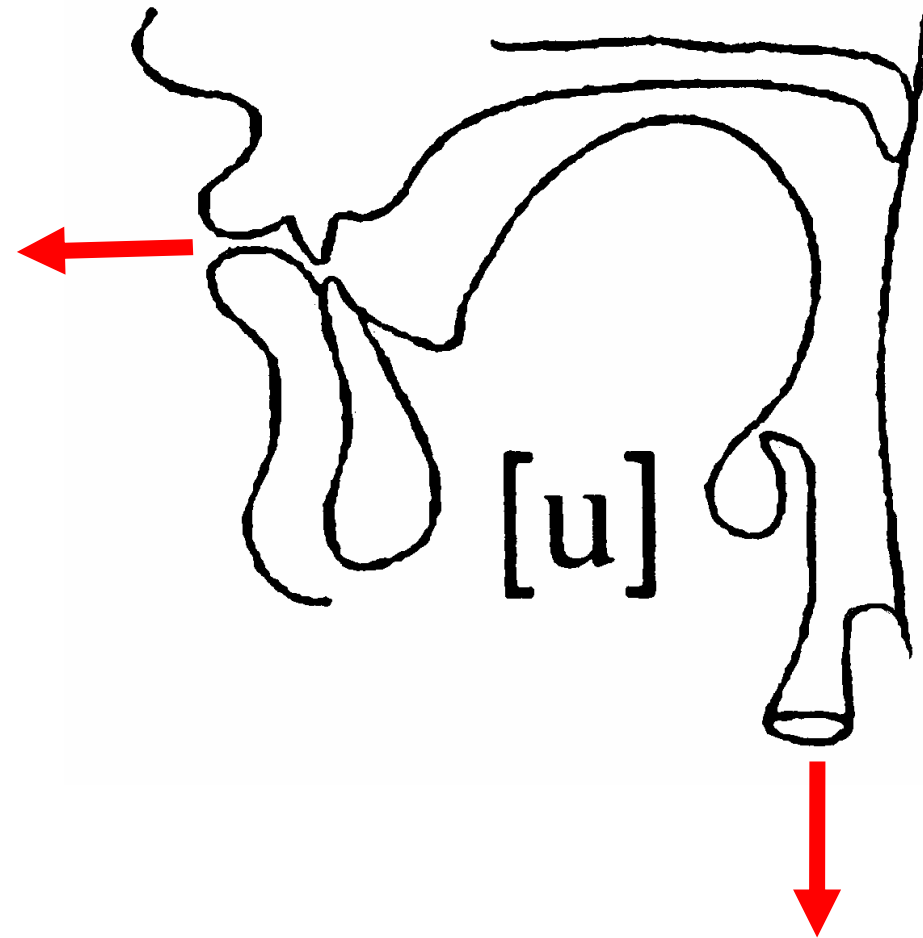


Where symbols appear in pairs, the one to the right represents a rounded vowel.

F2

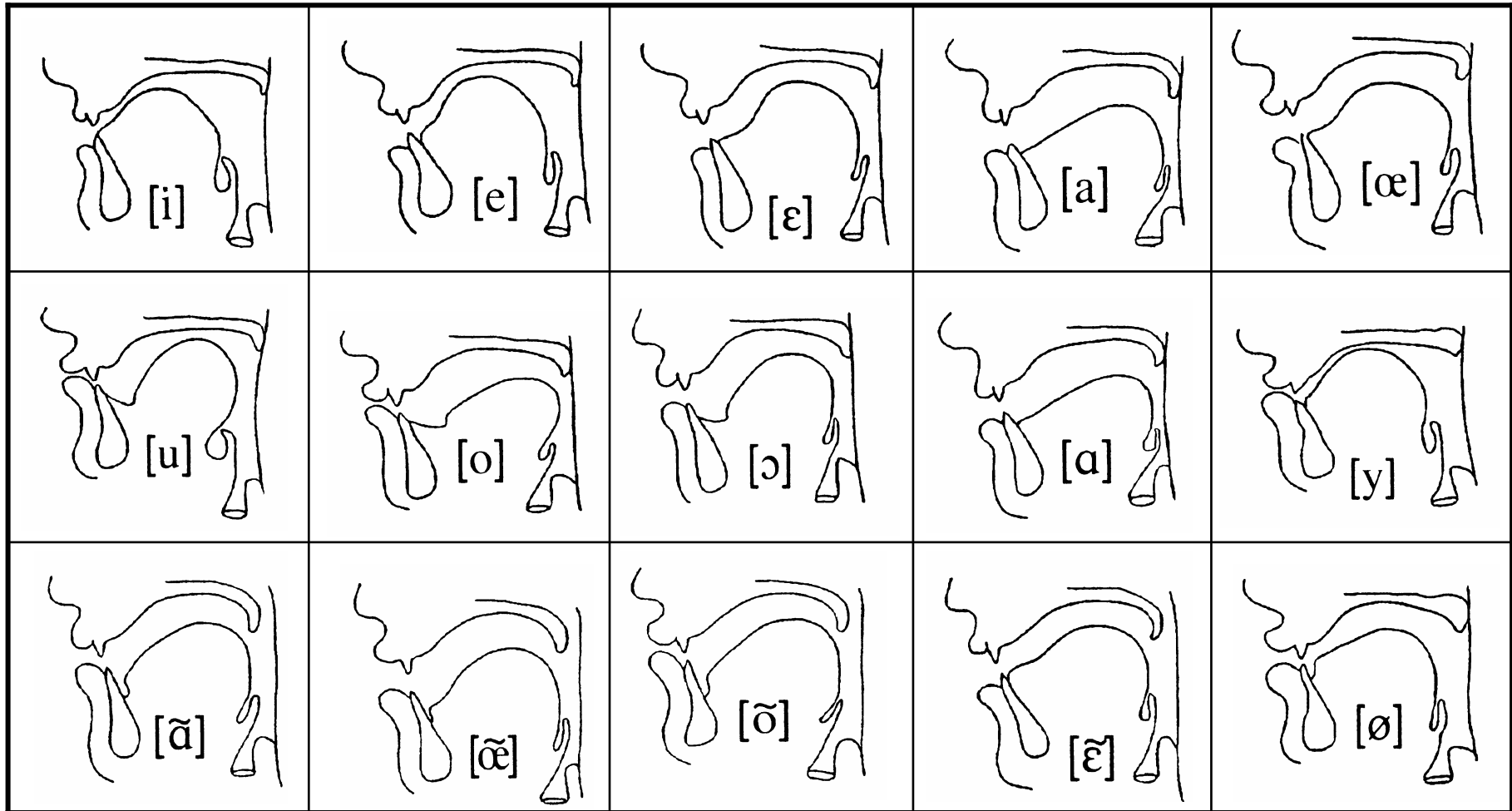


[i]



[u]

Allongement minimal et maximal du conduit vocal

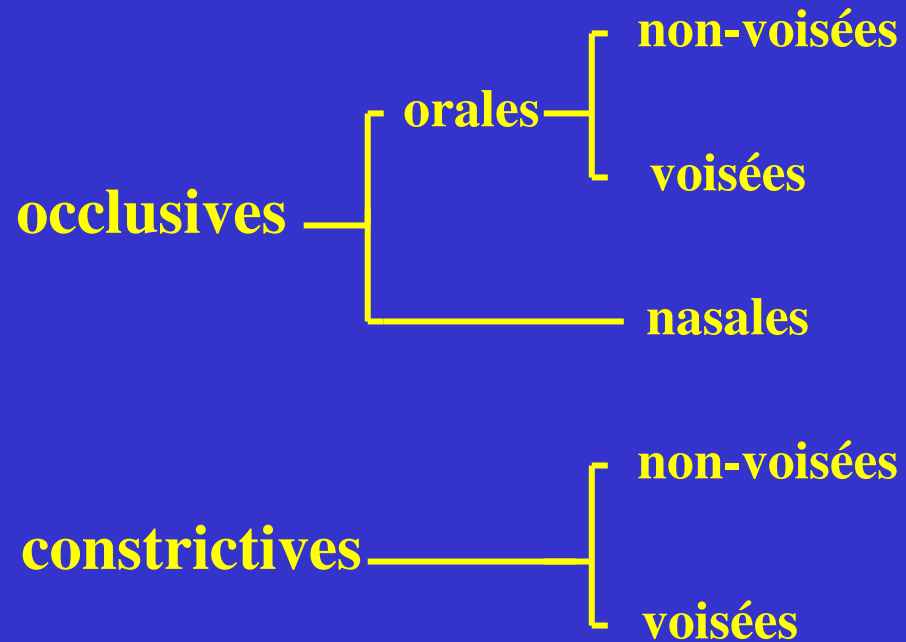


**Coupes sagittales du conduit vocal d'un locuteur standard
dans la réalisation des voyelles du français
(10 orales et 4 nasales)**

Caractéristiques articulatoires des consonnes du français

- **Mode d'articulation:** occlusive (p)
constrictive (ch)
- **Lieu articulatoire:** labiale (b) dentale (d)
palatale (g)
- **Résonnance:** orale (p) nasale (m)
- **Sonorité:** voisée (d) non voisée (p)

Les consonnes du français



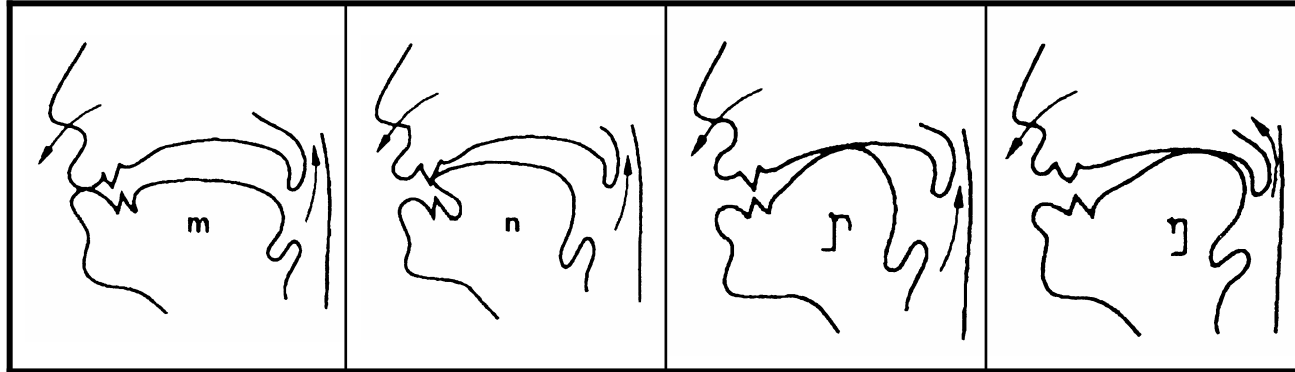
labiales	dentales	palatales
p	t	k
b	d	g
m	n	gn
f	s	ch
v	z	j

THE INTERNATIONAL PHONETIC ALPHABET (revised to 1993, corrected 1996)

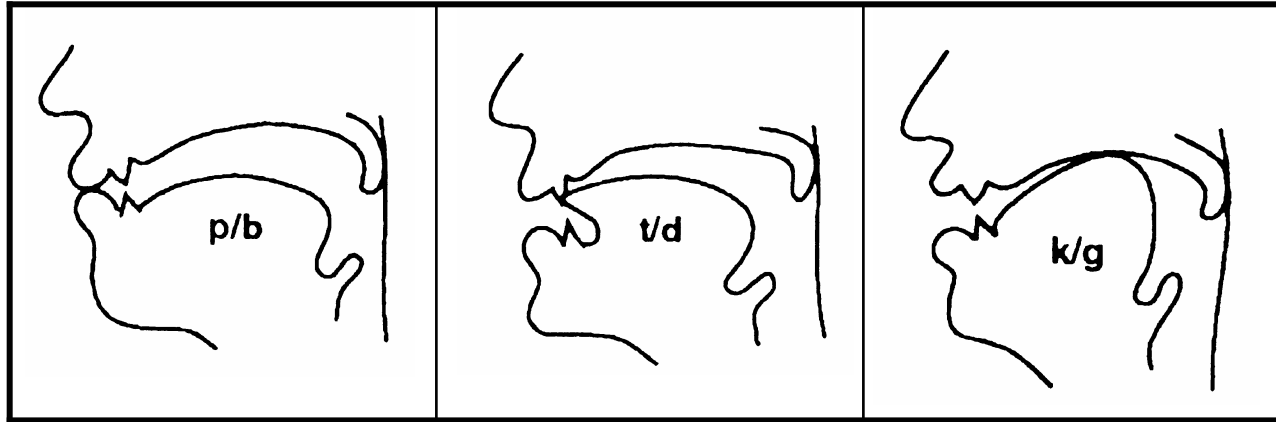
CONSONANTS (PULMONIC)

	Bilabial	Labiodental	Dental	Alveolar	Postalveolar	Retroflex	Palatal	Velar	Uvular	Pharyngeal	Glottal
Plosive	p b			t d		ʈ ɖ	c ɟ	k ɡ	q ɢ		ʔ
Nasal	m	ɱ		n		ɳ	ɲ	ŋ	ɴ		
Trill	ʙ			r					ʀ		
Tap or Flap				ɾ		ɽ					
Fricative	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ç ʝ	x ɣ	χ ʁ	ħ ʕ	h ɦ
Lateral fricative				ɬ ɮ							
Approximant		ʋ		ɹ		ɻ	j	ɰ			
Lateral approximant				l		ɭ	ʎ	ʟ			

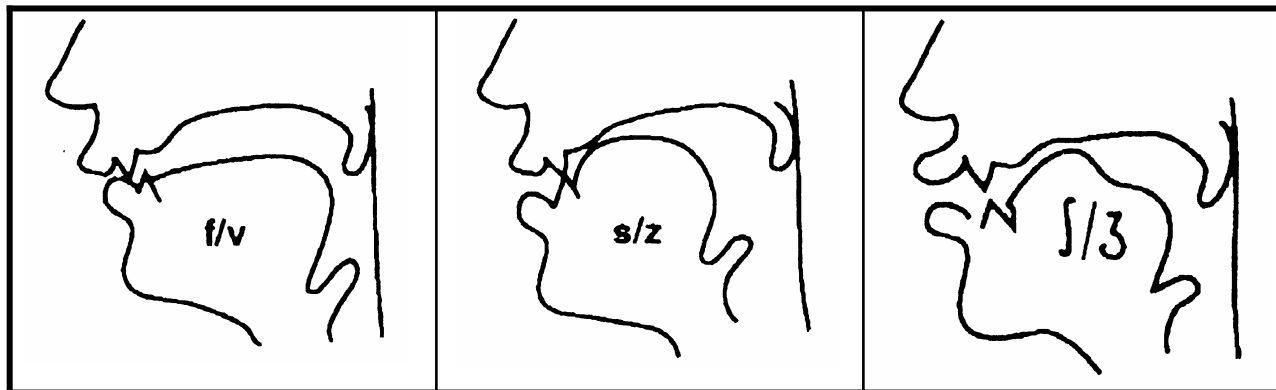
Where symbols appear in pairs, the one to the right represents a voiced consonant. Shaded areas denote articulations judged impossible.



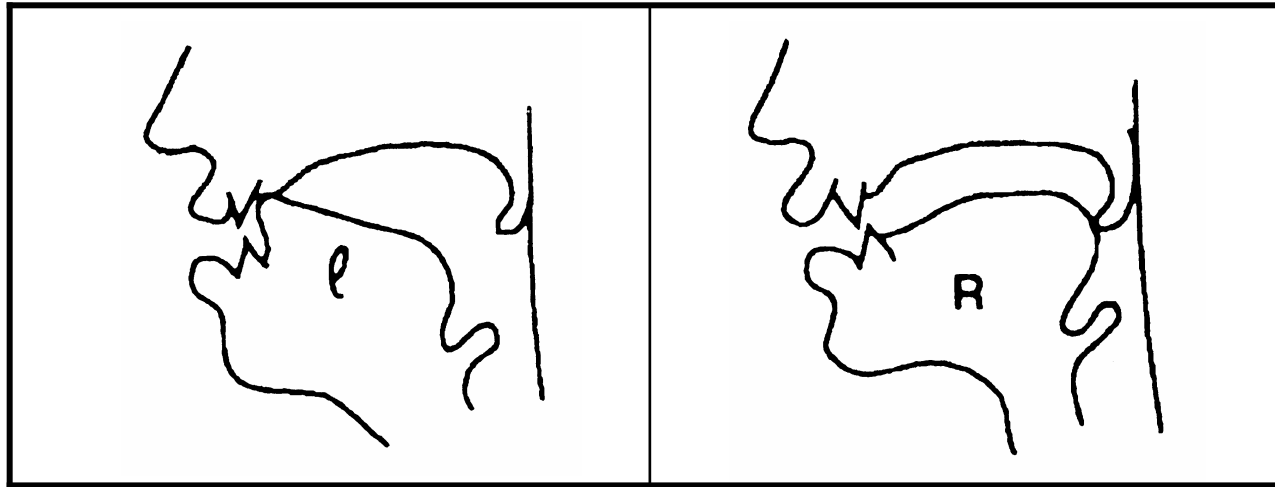
Lieux d'articulation des consonnes nasales



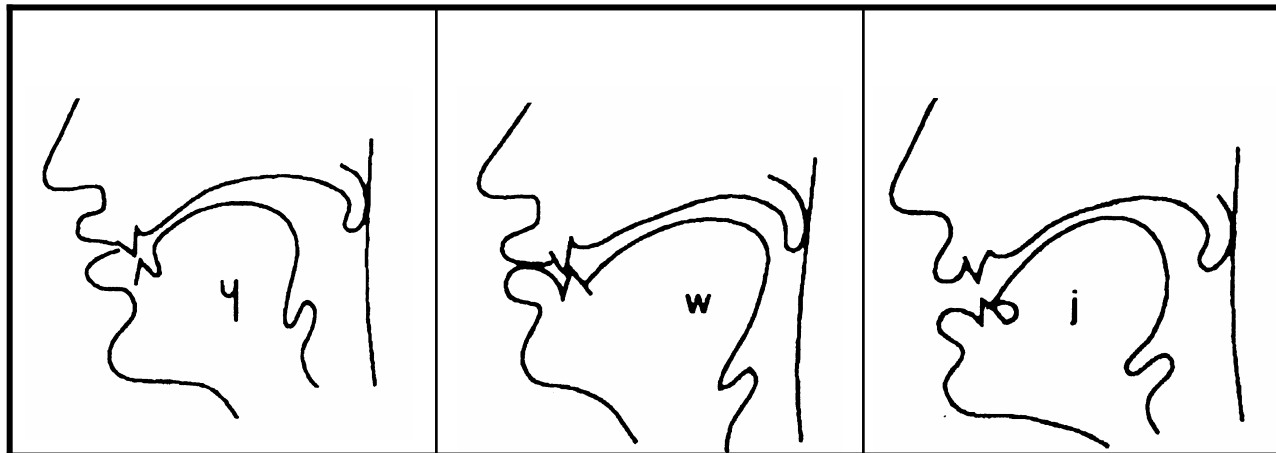
Lieu d'articulation des consonnes occlusives



Lieu d'articulation des consonnes constrictives



Lieu d'articulation des consonnes liquides (latérale l et vibrante R)

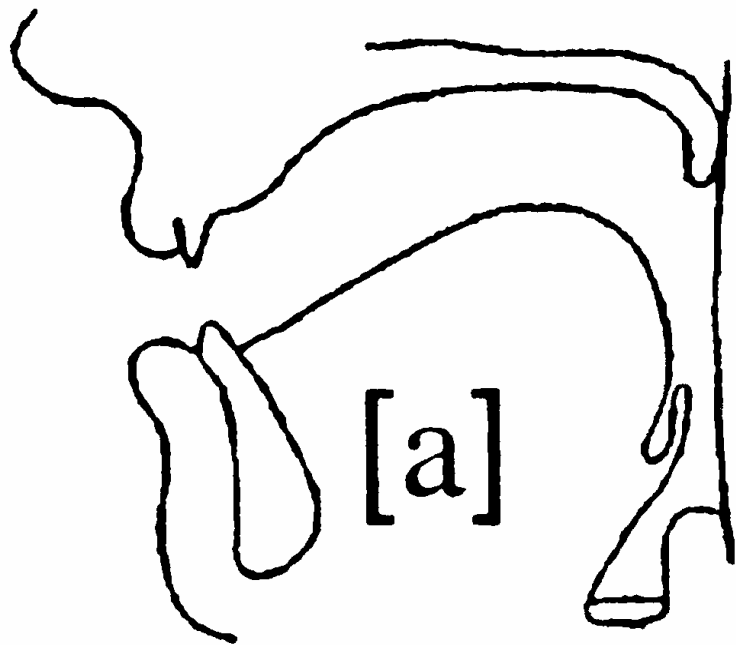
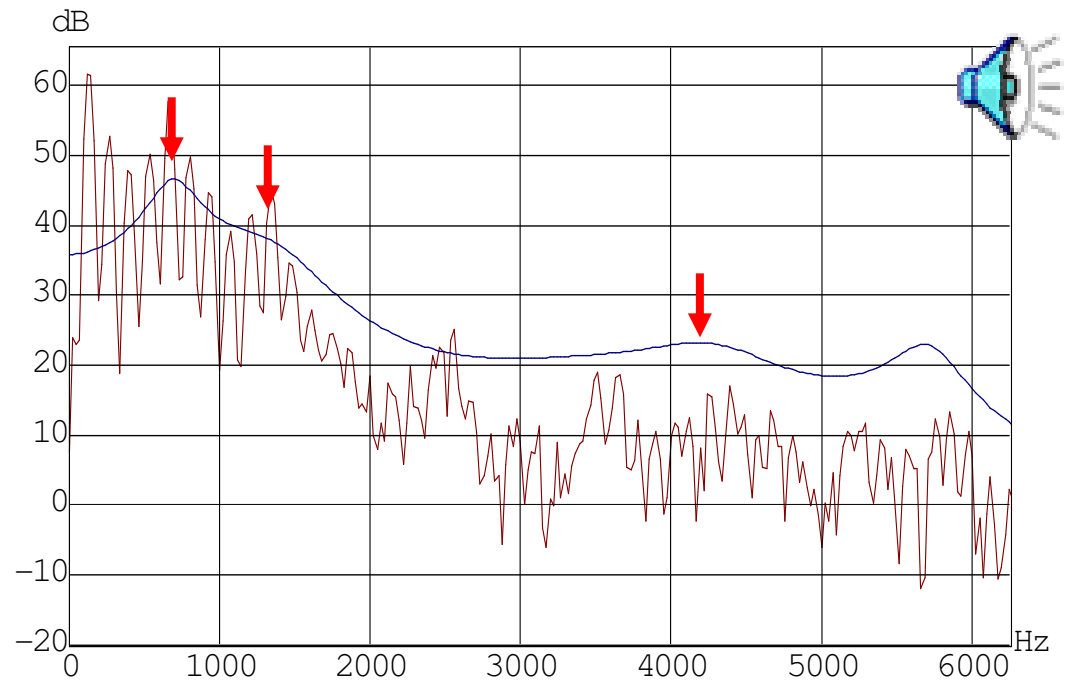
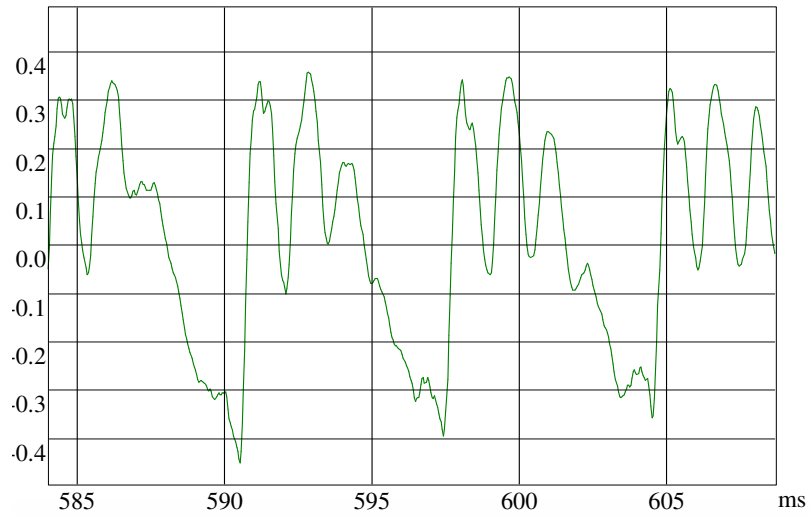


Lieu d'articulation des des consonnes approximantes

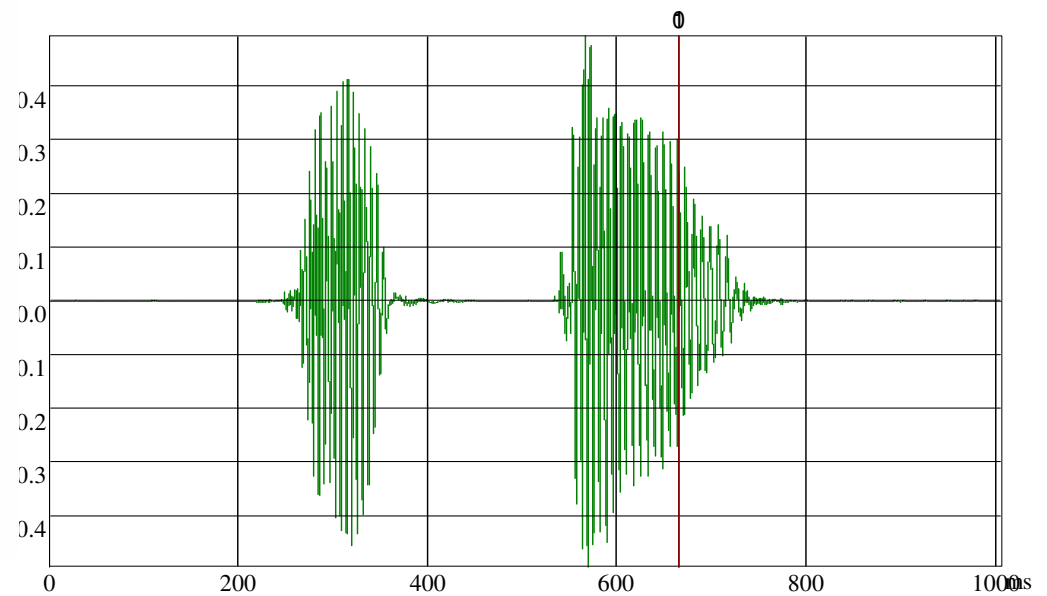
Le signal acoustique

- **Signaux périodiques (voix)**
 - Plus ou moins longs
 - Jamais stables
- **Bruits**
 - Écoulements
 - Turbulences
 - Transitoires (explosions, clics)

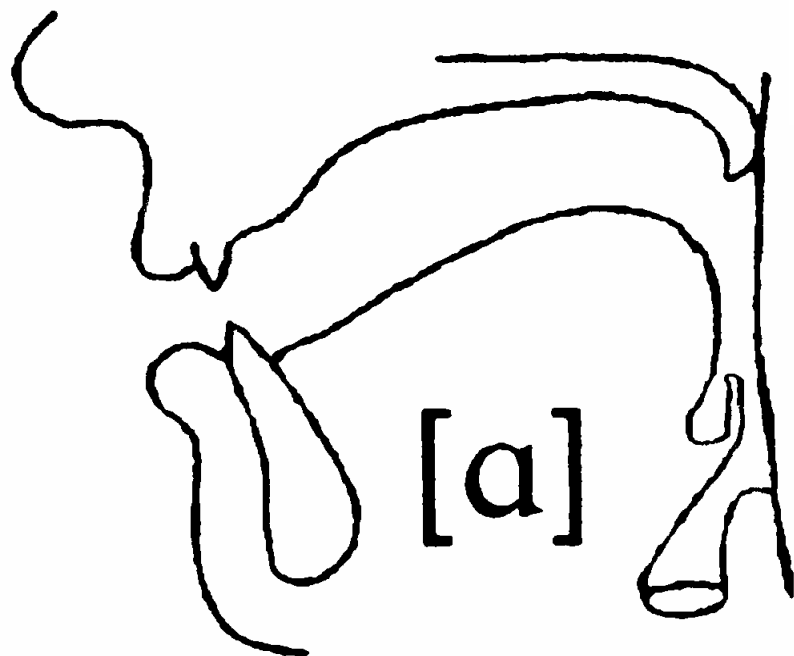
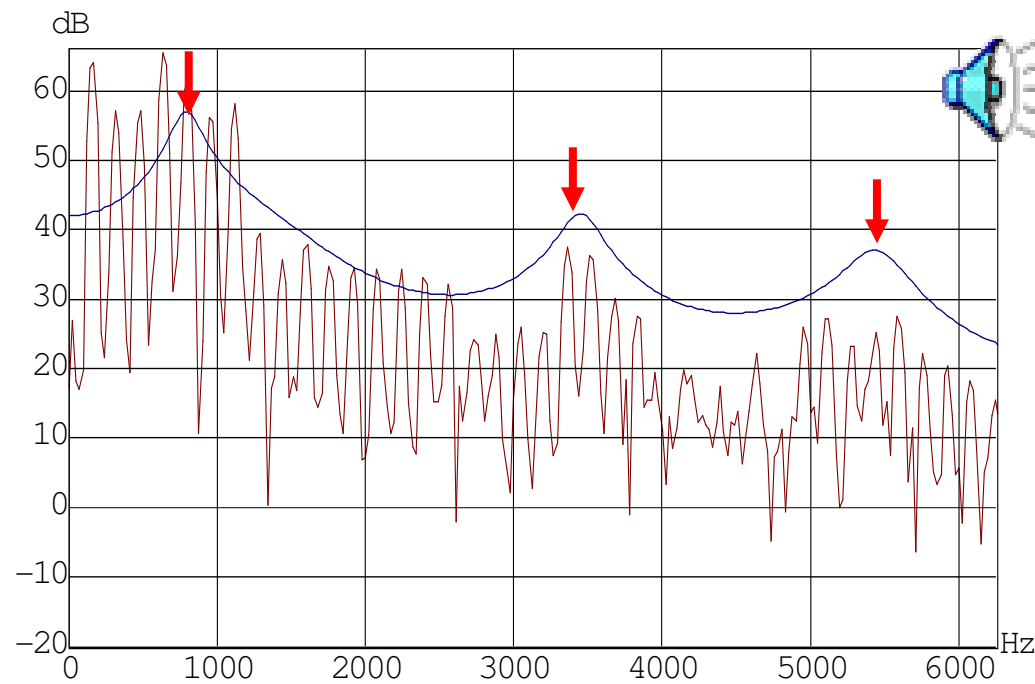
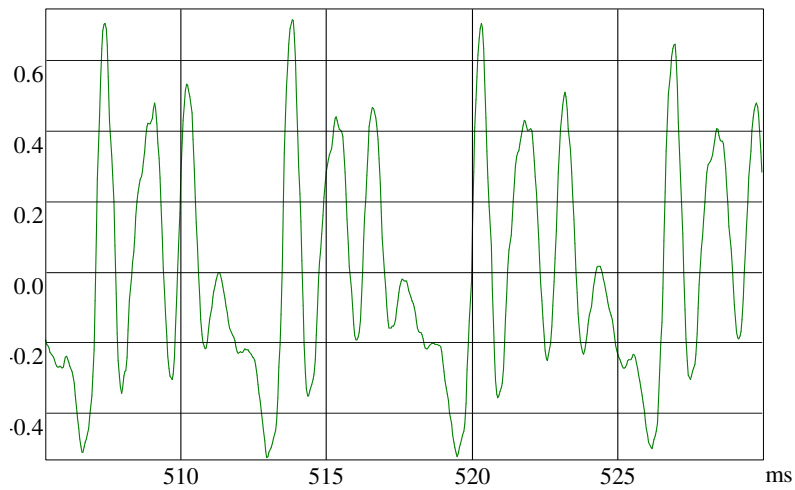
Souvent mélangés



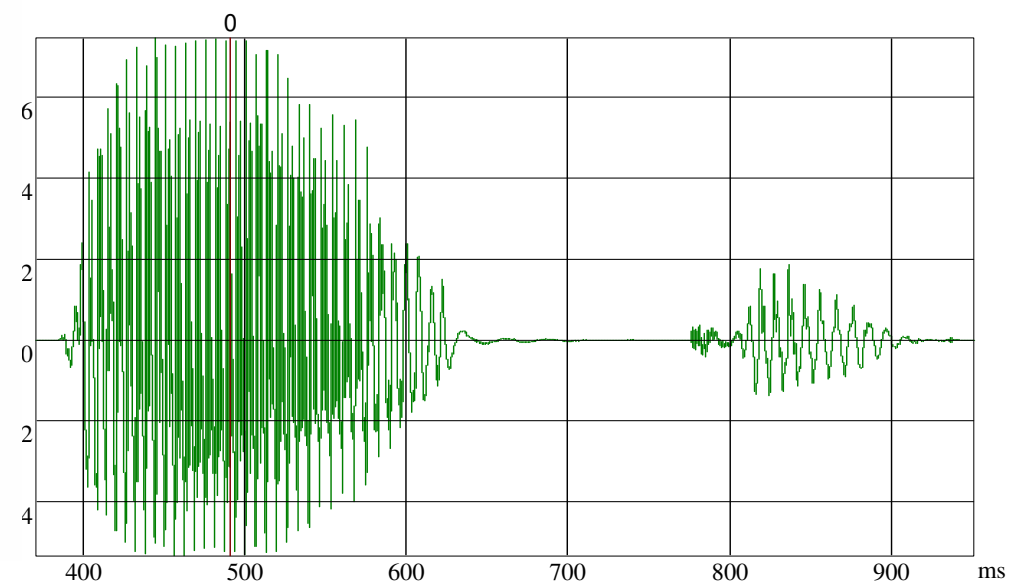
[a] de état



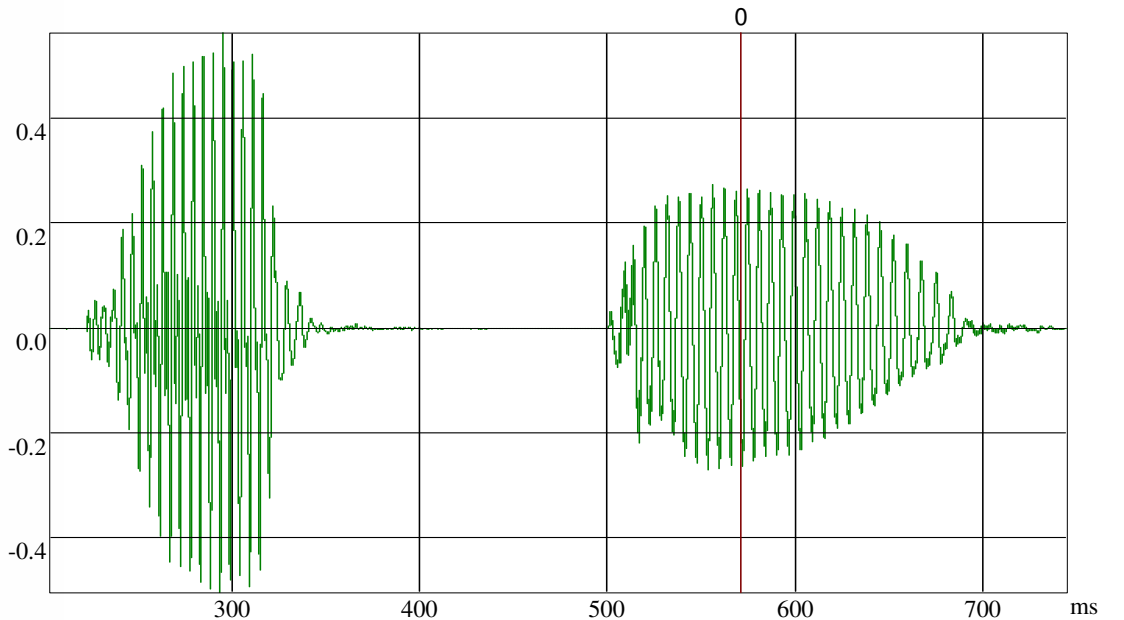
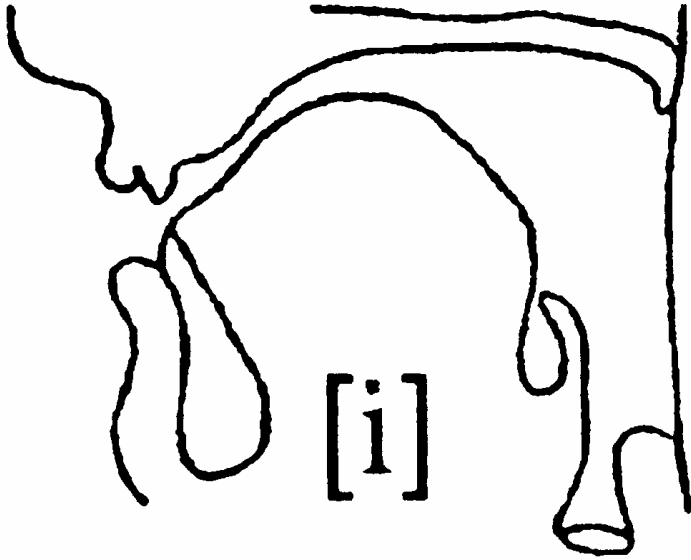
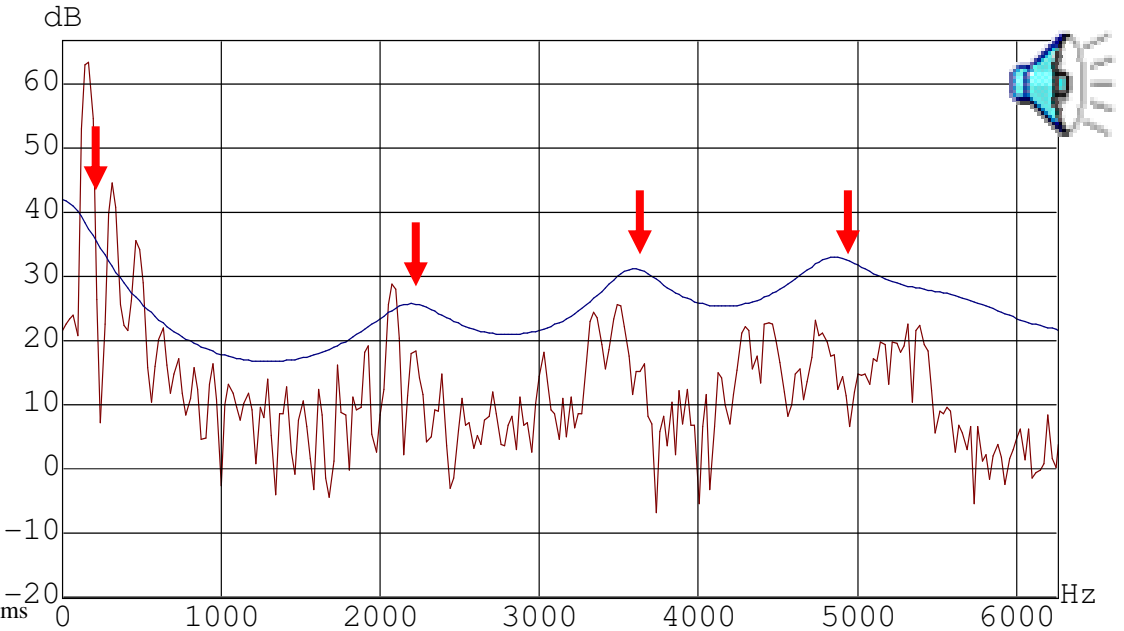
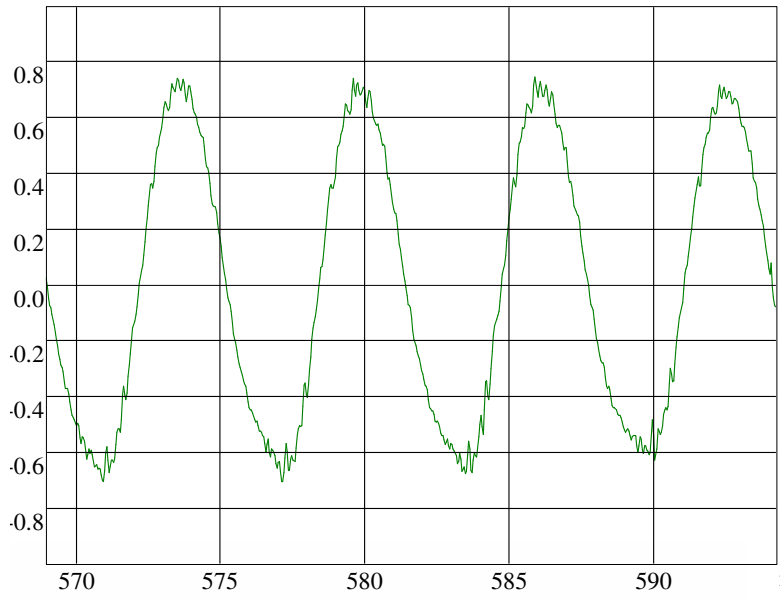
e t a



[ɑ] de pâte

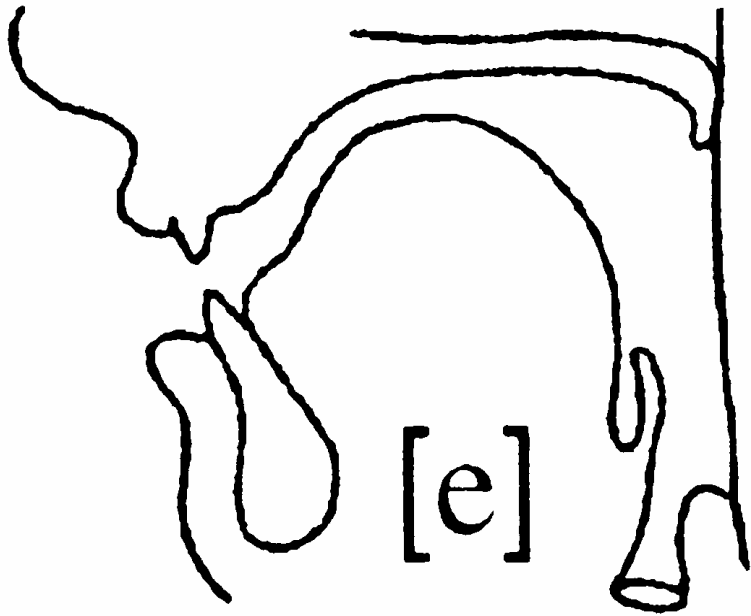
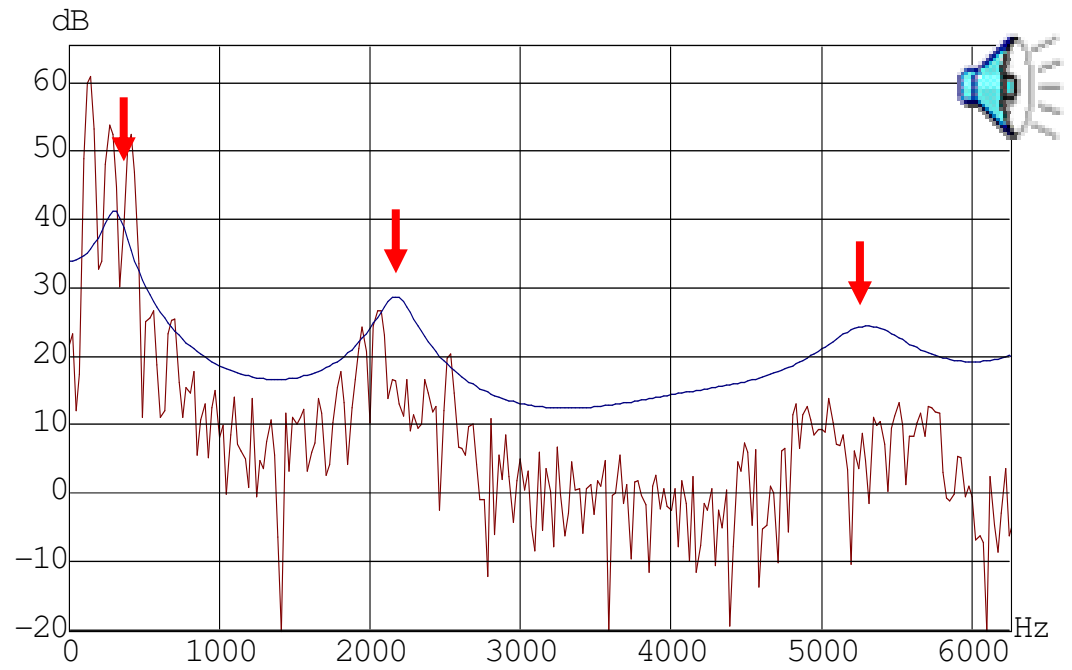
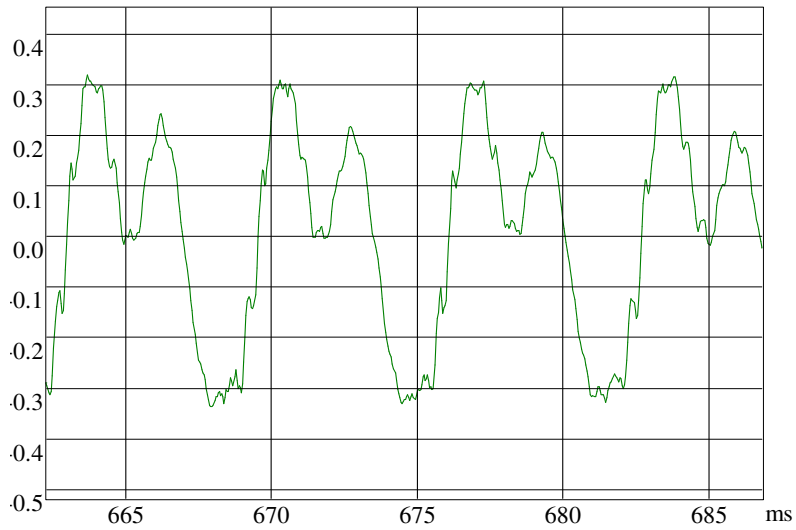


p α t ə

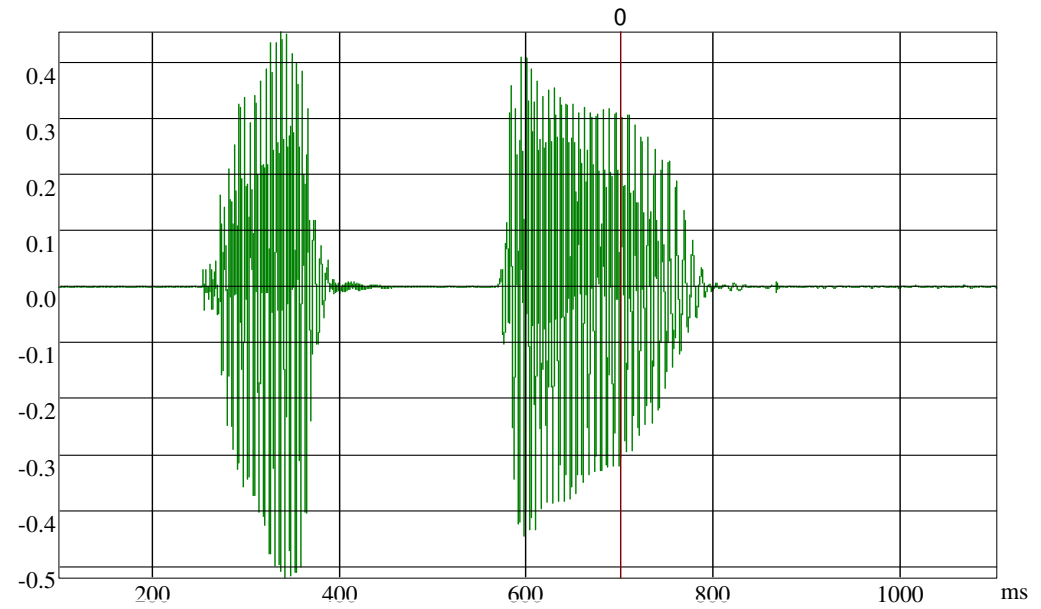


[i] de épi

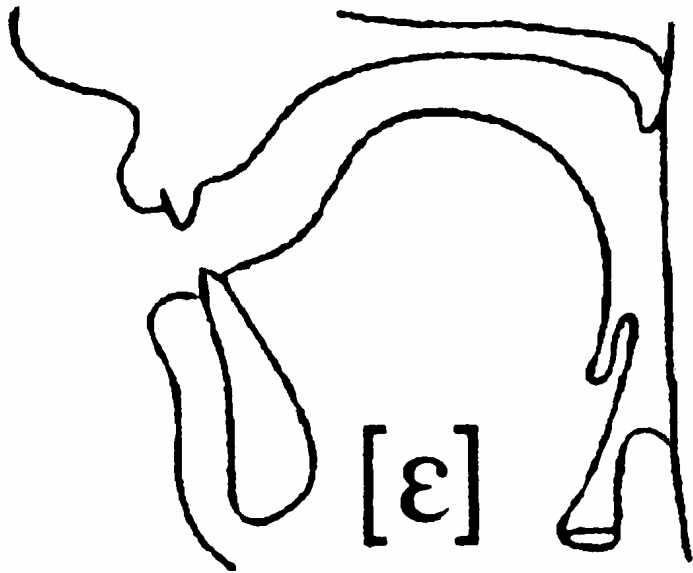
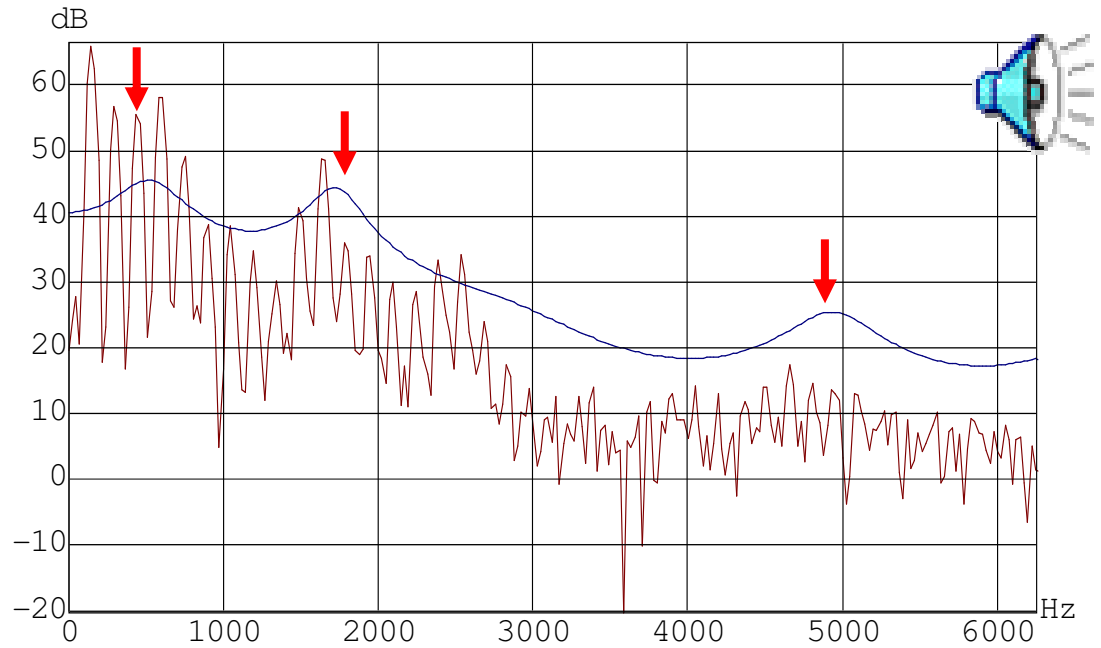
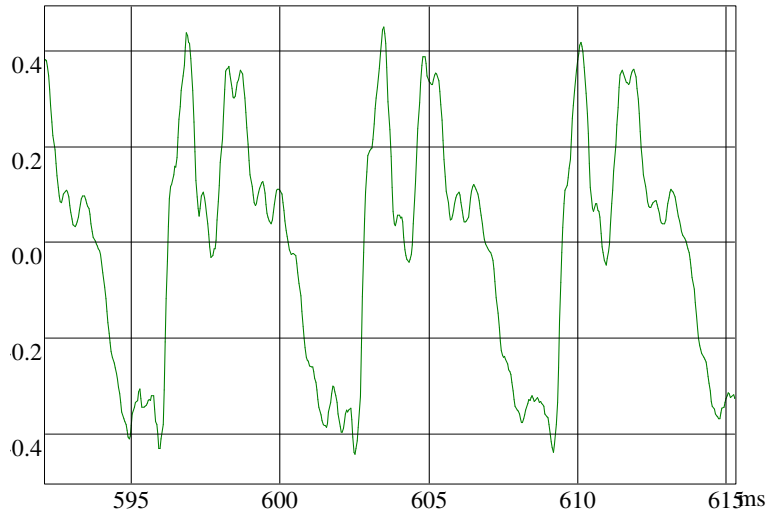
ε p i



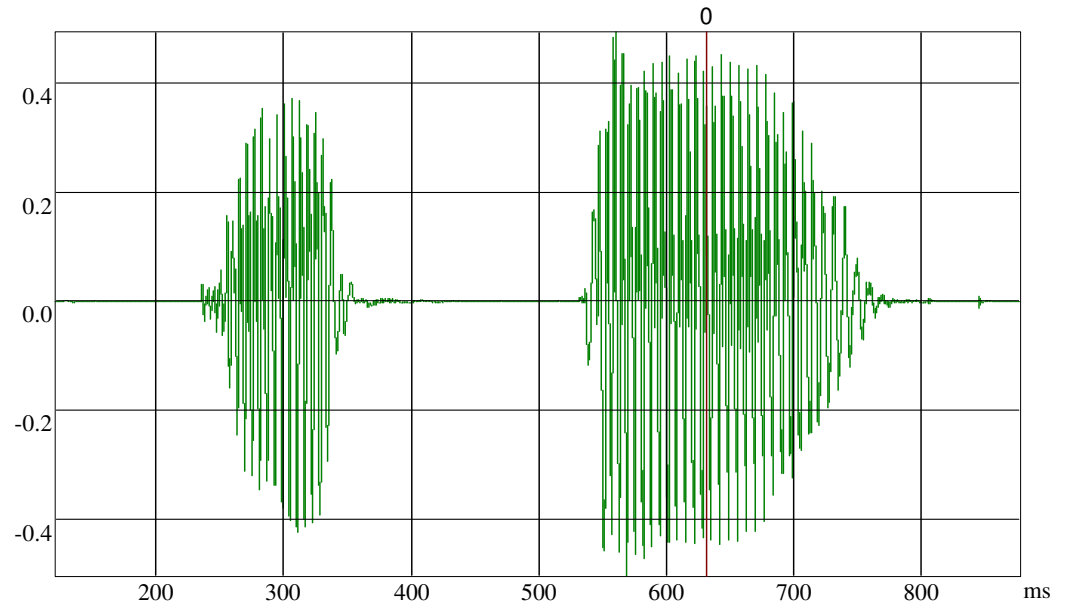
[e] de épée



e p e



[ϵ] de épais



e p ϵ

Les outils de mesure

- **Analyse acoustique**

(Sons)

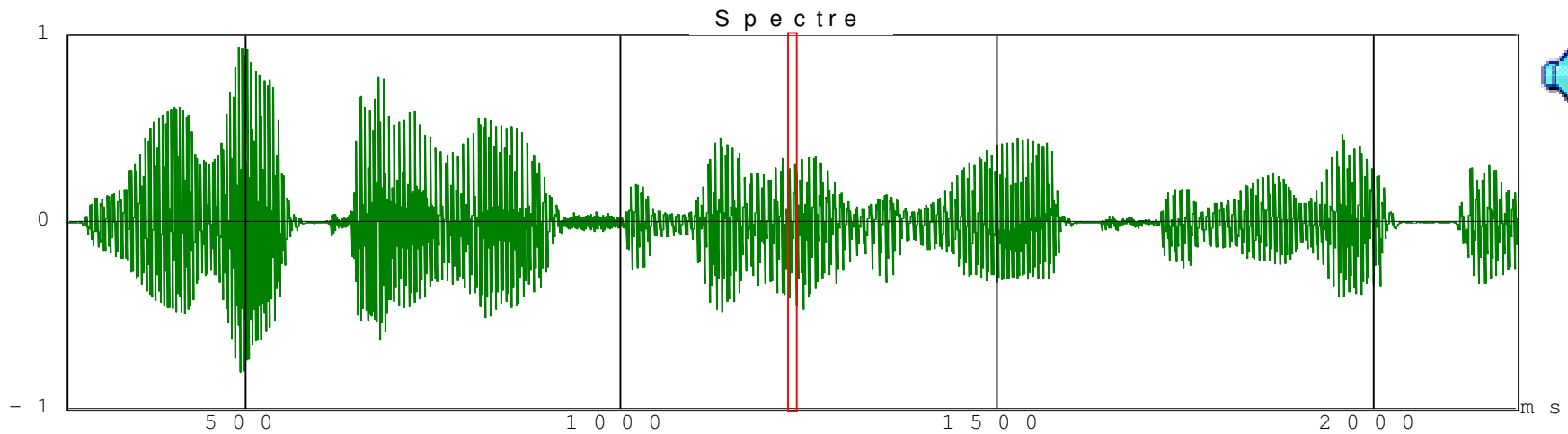
- FFT
- DFT
- Bandes critiques
- Cepstre (coefficients)
- Prédiction linéaire

- Spectrogrammes

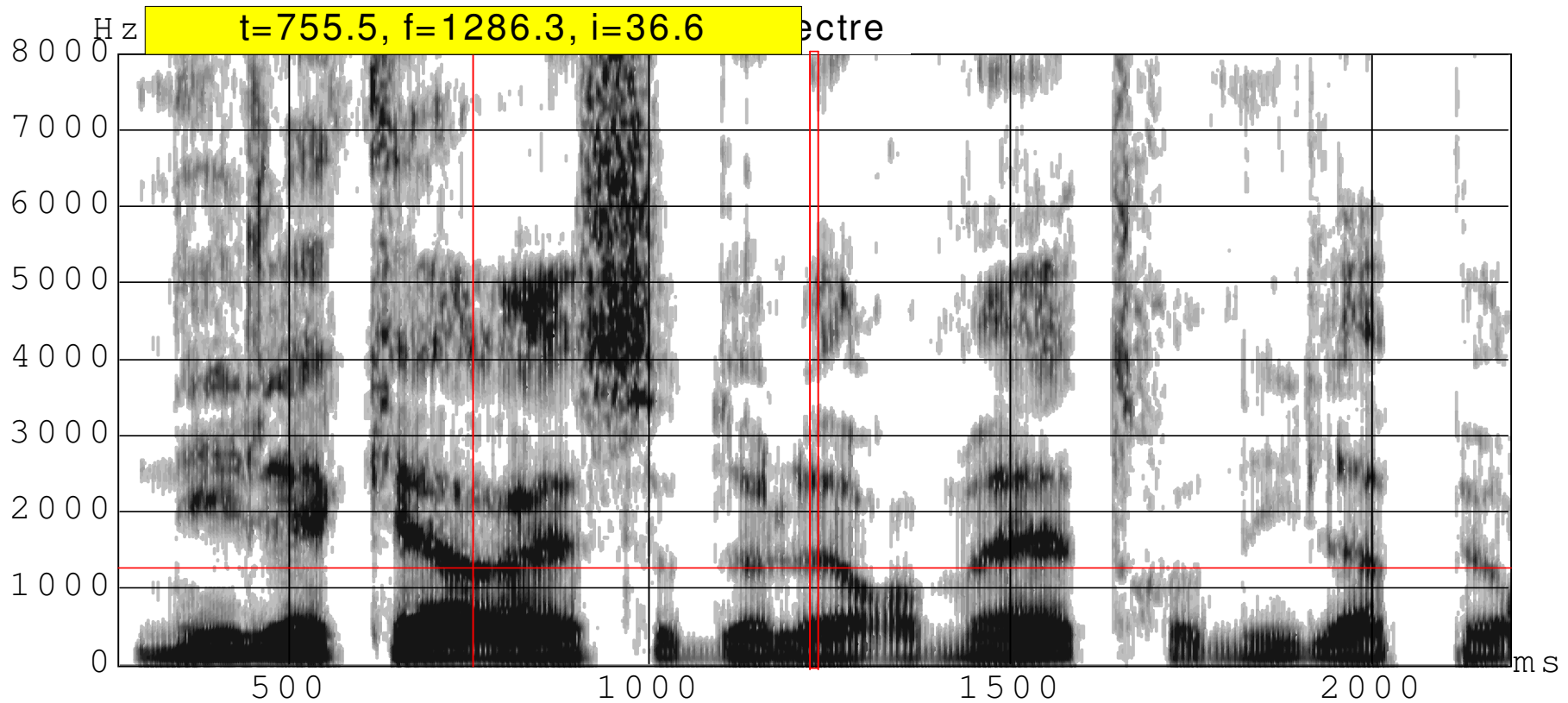
- **Mesures articulatoires**

(Mouvements)

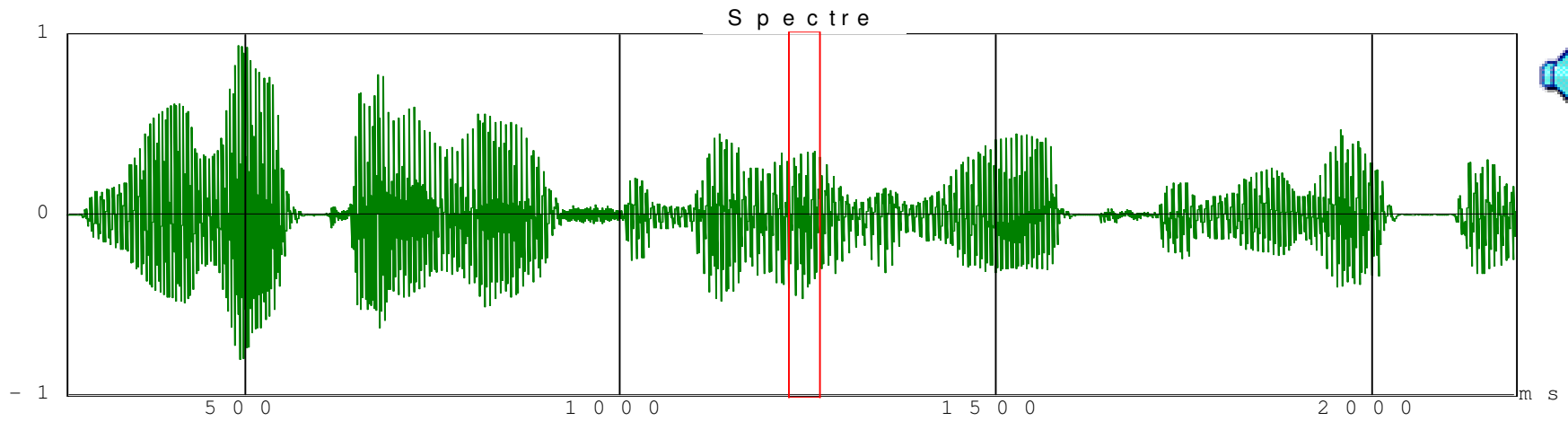
- Aérodynamiques
- Cinéradiographie
- IRM
- Kinésiographie
- Magnétométrie
- Électropaléographie (EPG)
- Électromyographie



n i l e k a r s s e d l æ r m e t r e n i l a p æ

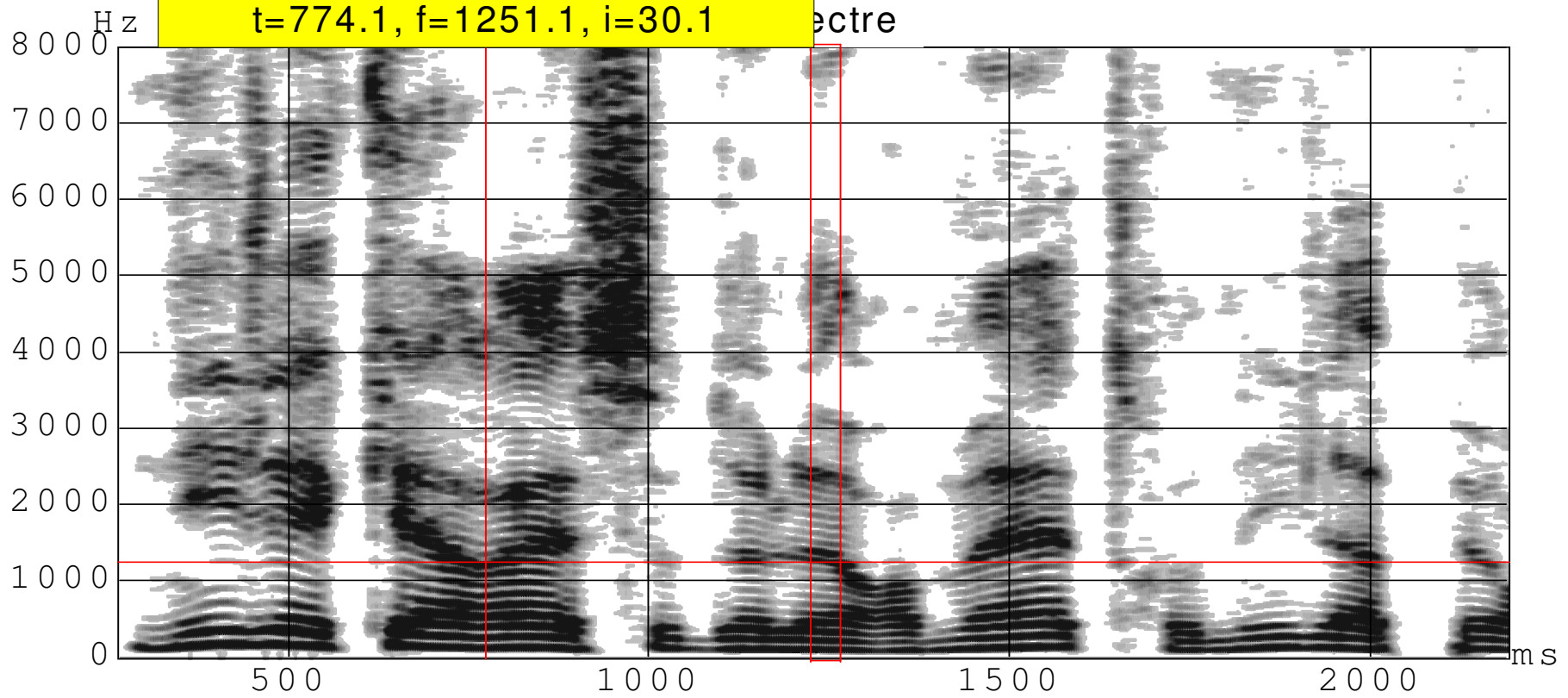


Spectrogramme en bande large (FFT 256 points - 96 Hz - 8 ms)

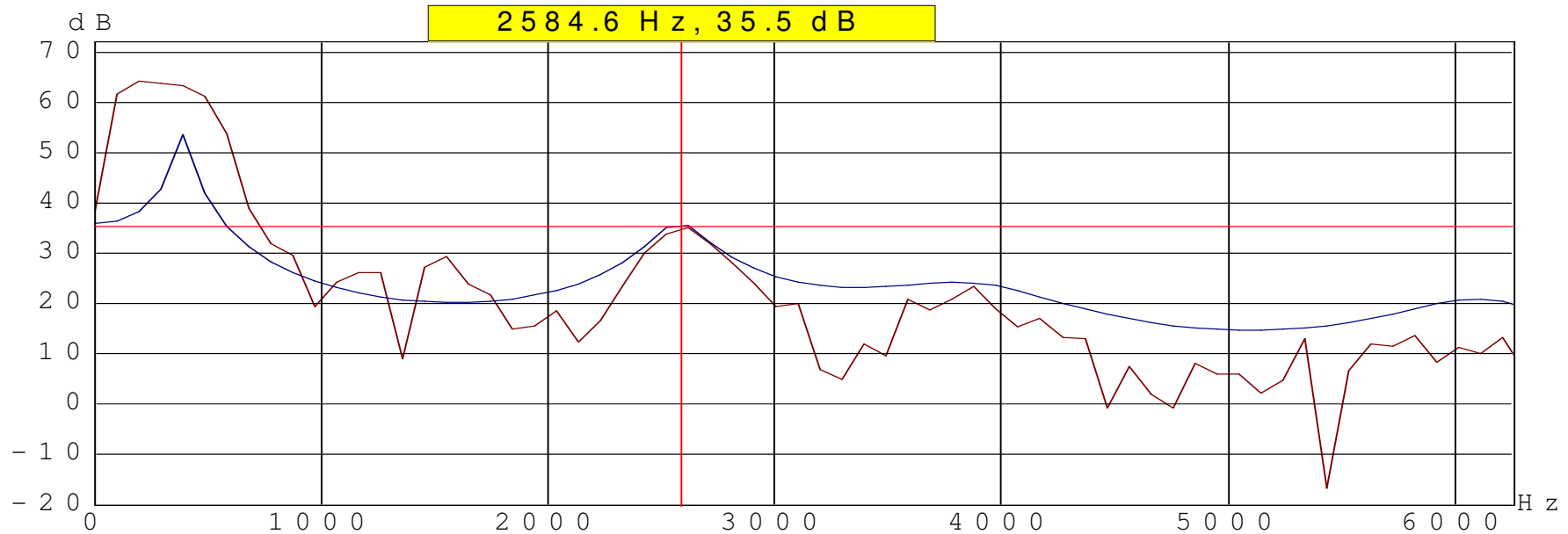


n i l e k a r s e d e l æ r m e t r e n i l a p æ

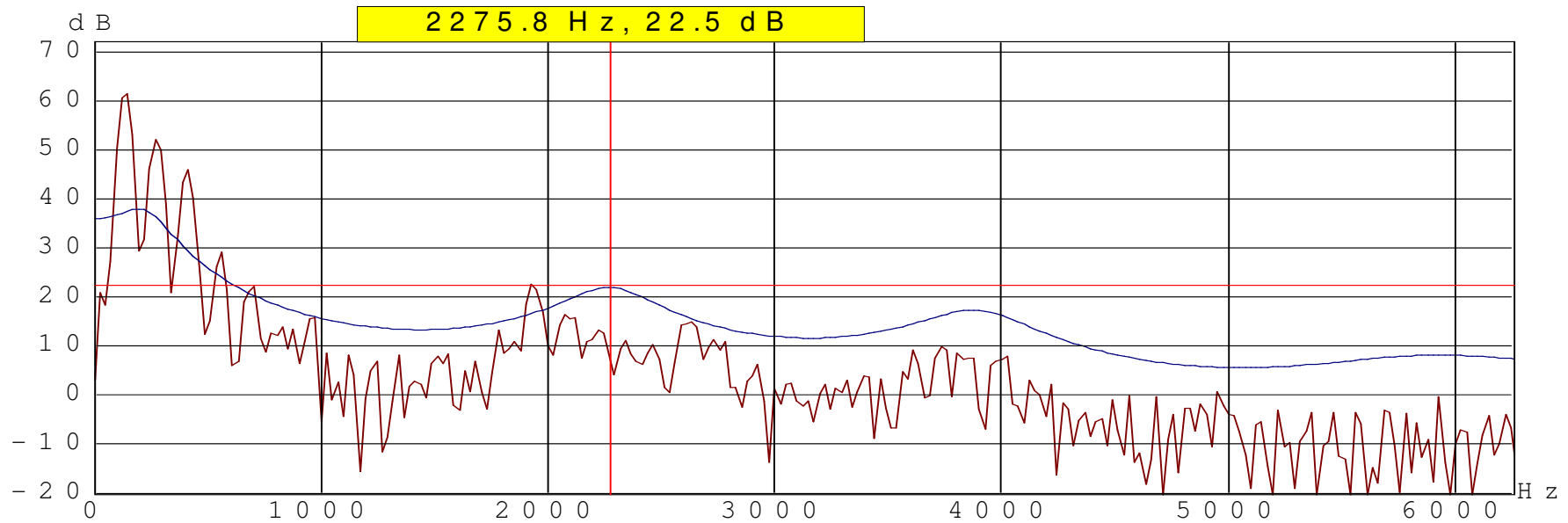
t=774.1, f=1251.1, i=30.1



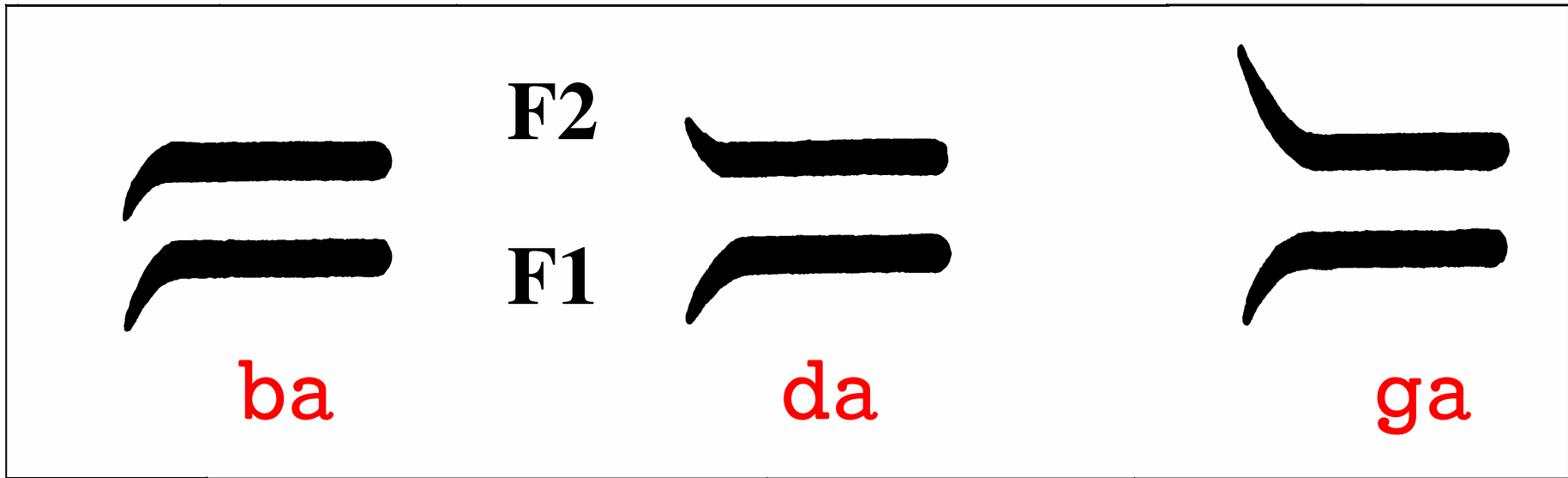
Spectrogramme en bande étroite (FFT 1024 points - 24 Hz – 32 ms)



Spectre en bande large (FFT 256 points - 96 Hz – 8 ms) et LPC ordre 14



Spectre en bande étroite (FFT 1024 points - 24 Hz – 32 ms) et LPC ordre 14



Influence de la consonne sur la transition des formants de la voyelle

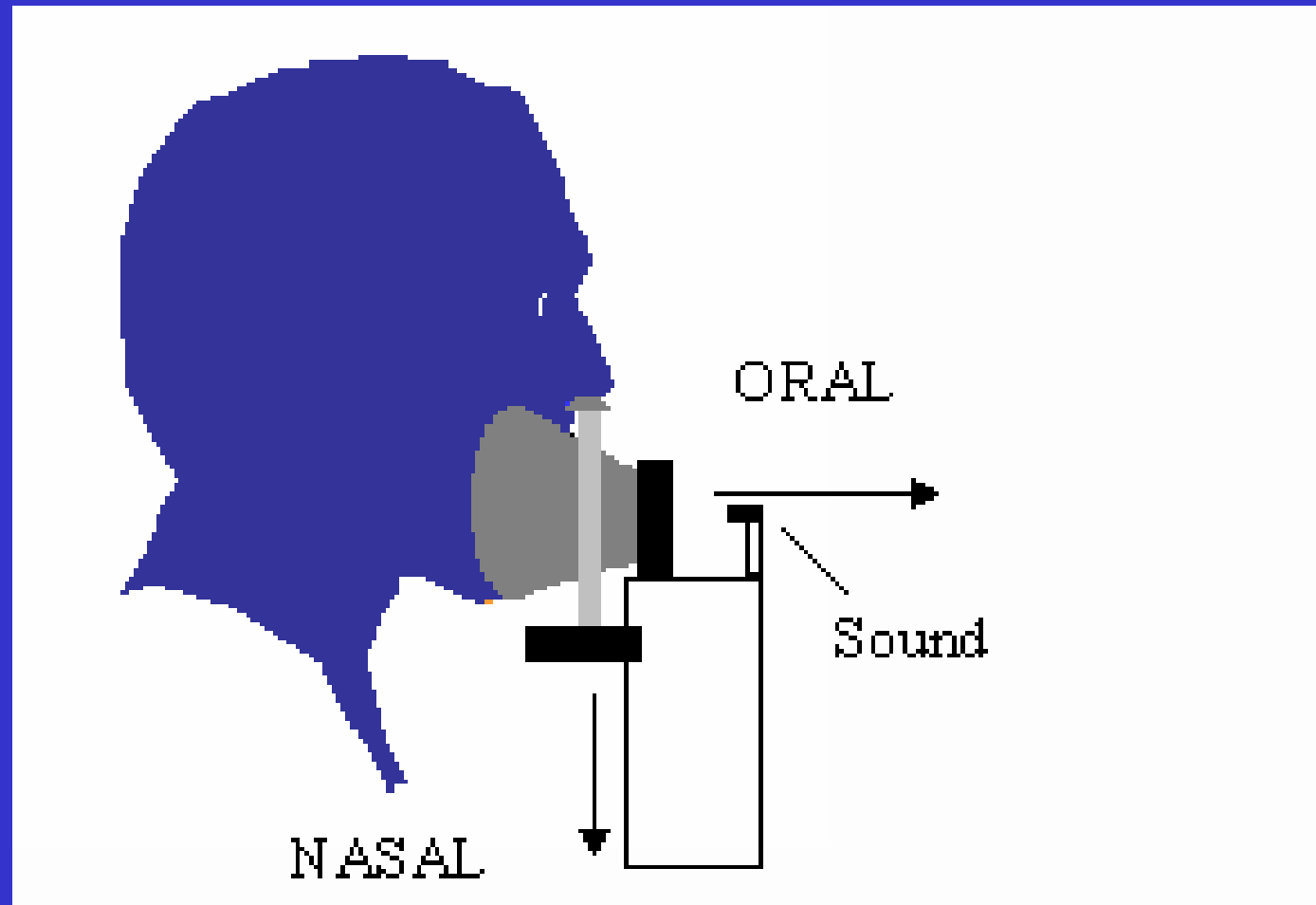
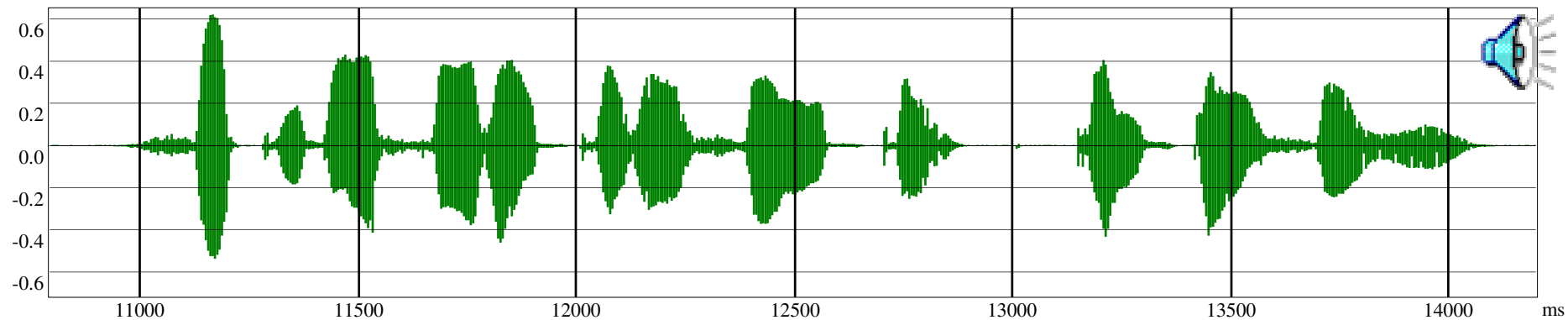
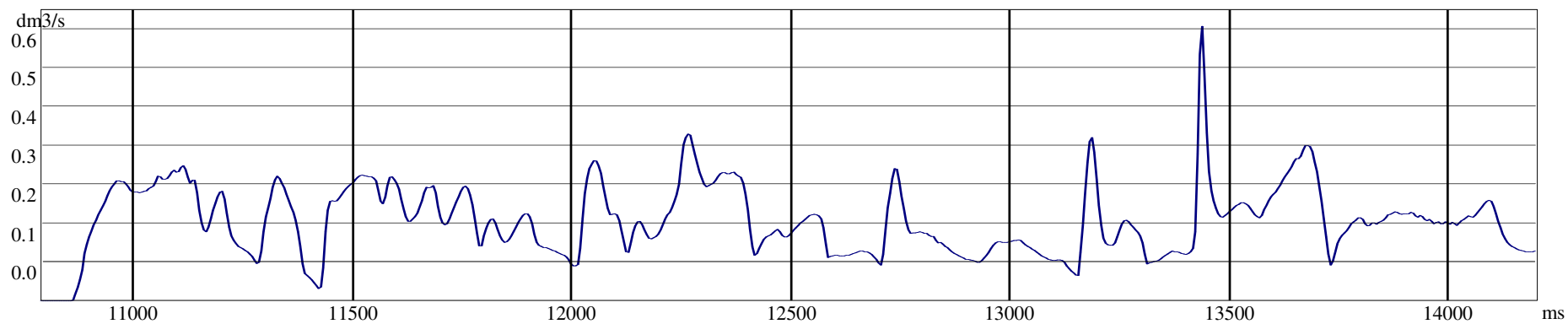


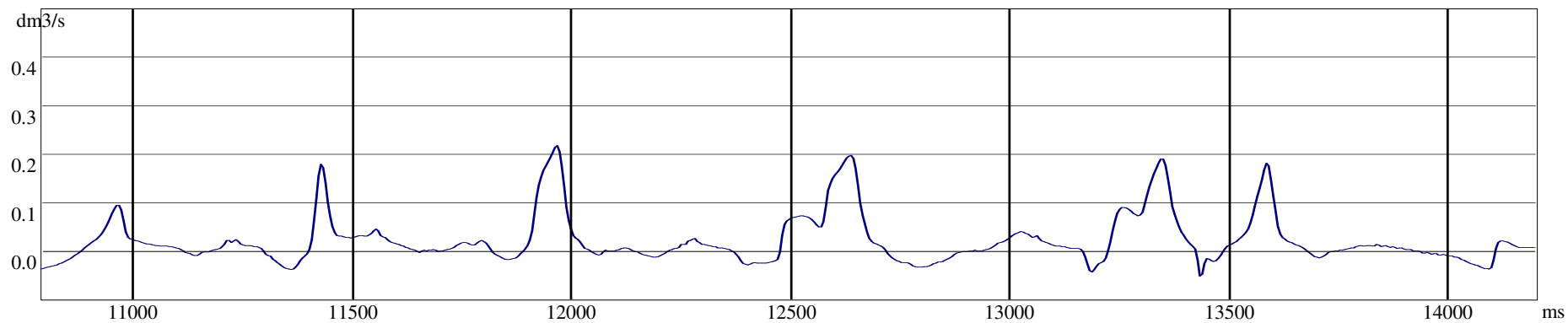
Schéma des capteurs aérodynamiques



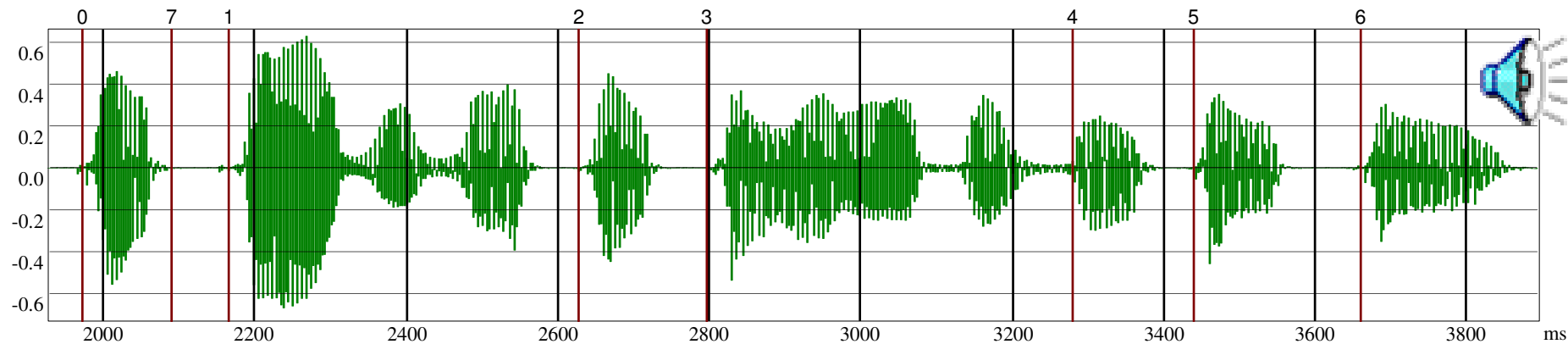
s e t y n a f e r ě t e r e s a ā t ε k a ā p a ā s e v u



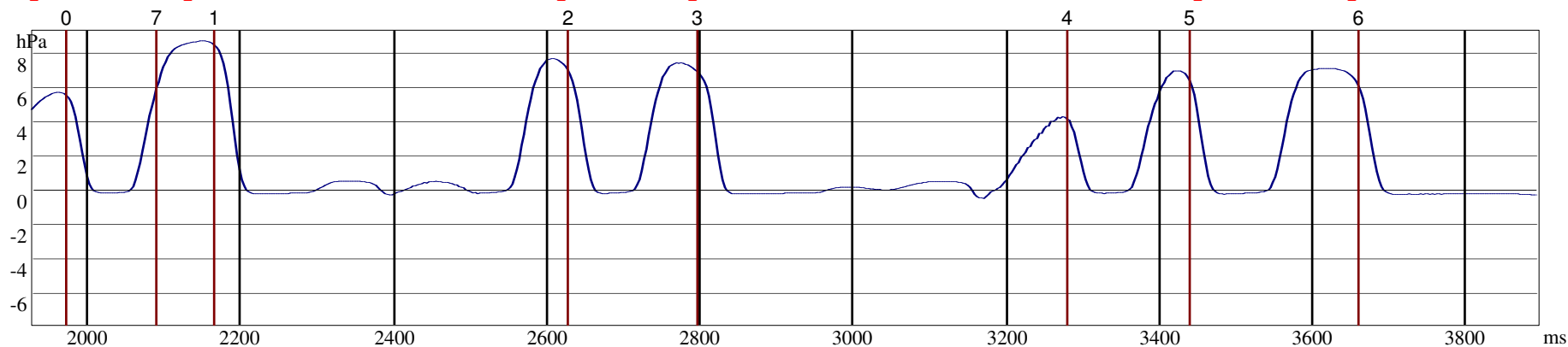
Débit d'air oral en dm³ par seconde



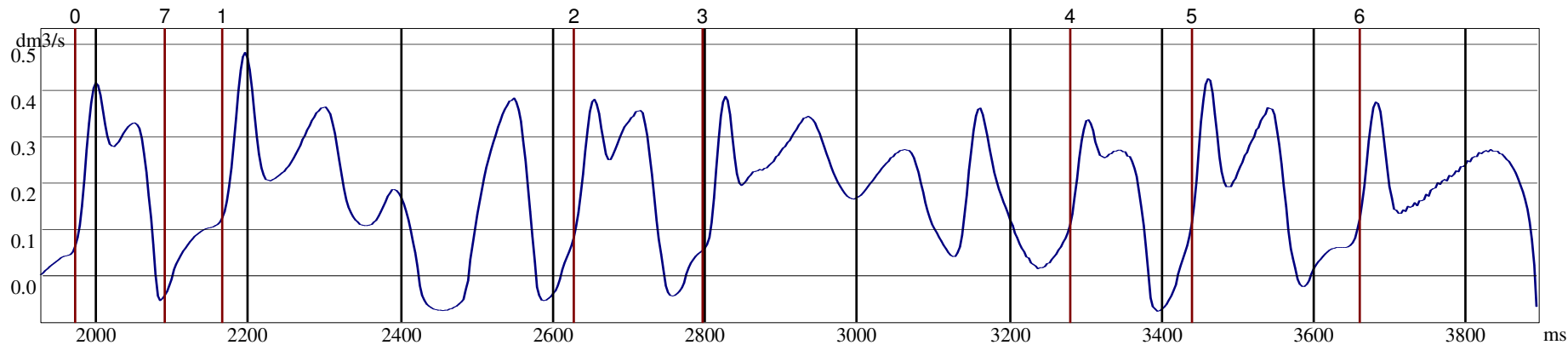
Débit d'air nasal en dm³ par seconde



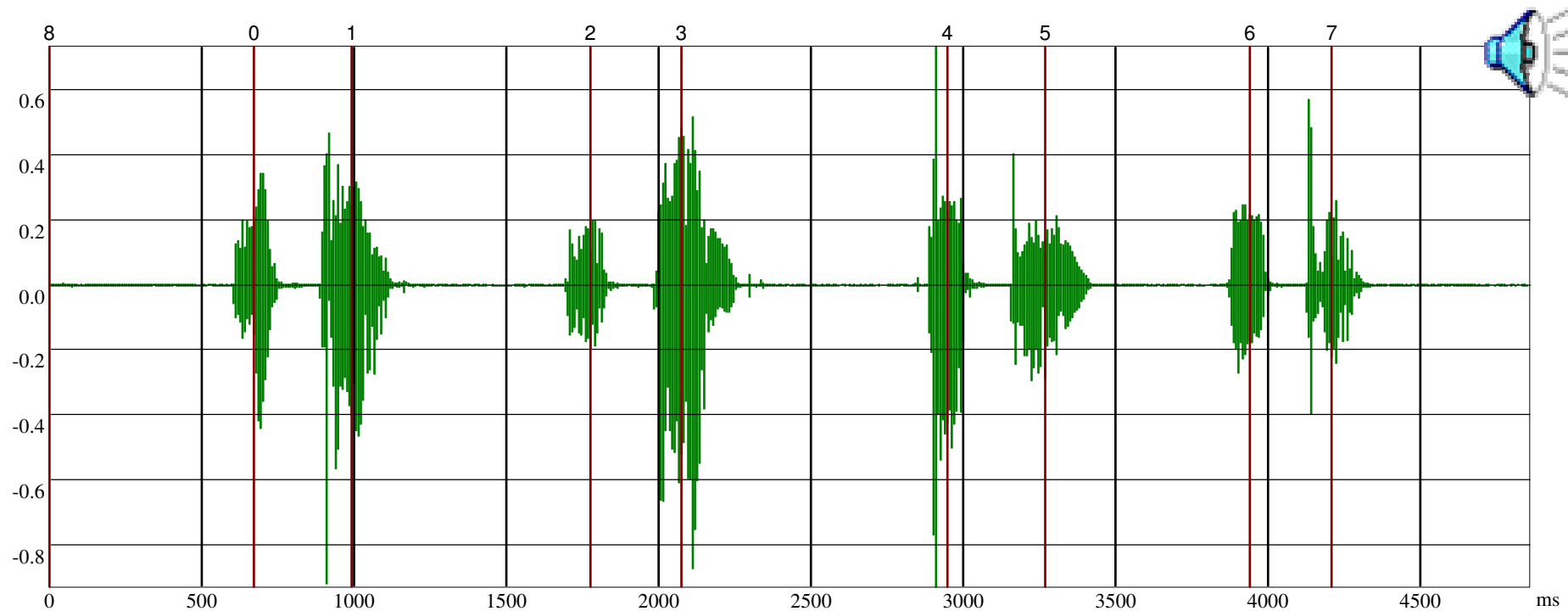
p a p a n ɛ m a p a p a r l e d ɔ b o p a p a



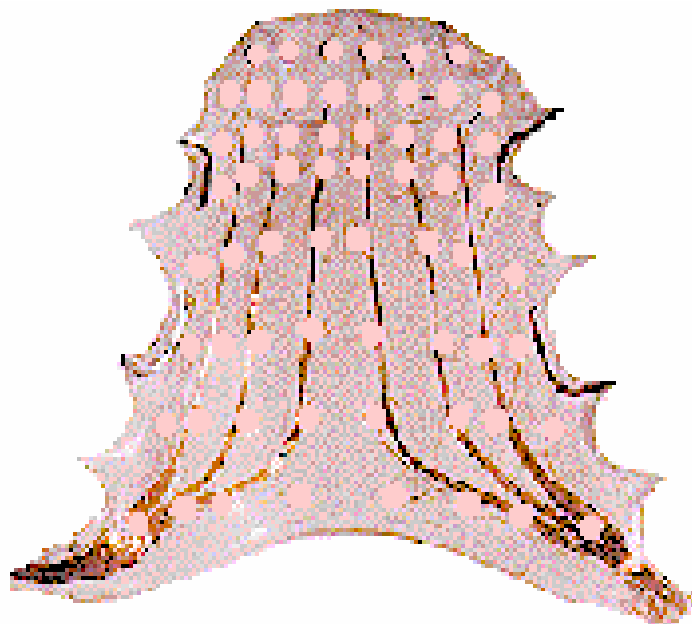
Pression intra-orale en hecto Pascal



Débit d'air nasal en dm³ par seconde

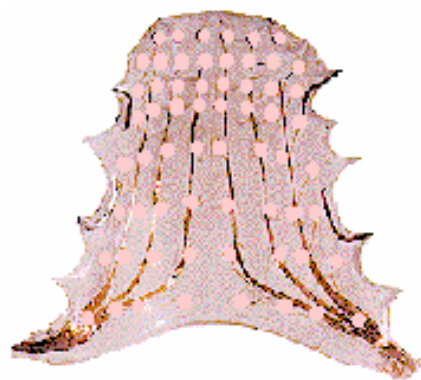


upu ipa api ipi

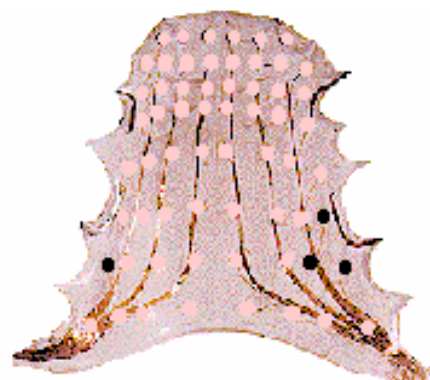


Ci contre, palais à 62 contacts de type « Edimbourg » (Hardcastle)

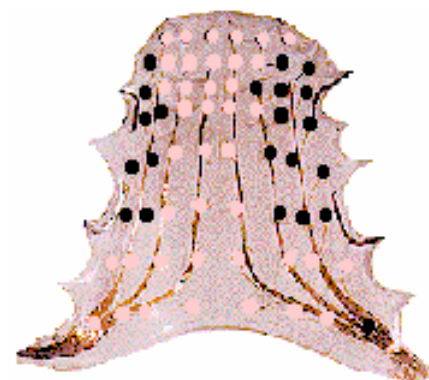
Mesure des contacts de la langue sur le palais au moyen de l'électropalatographie (EPG)



1 u



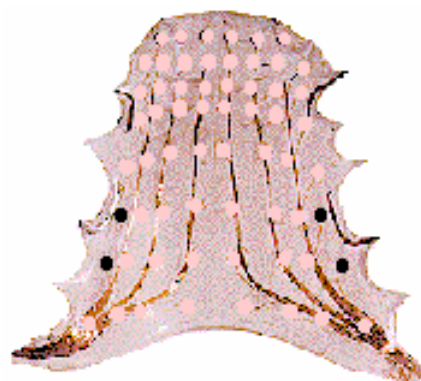
2 u



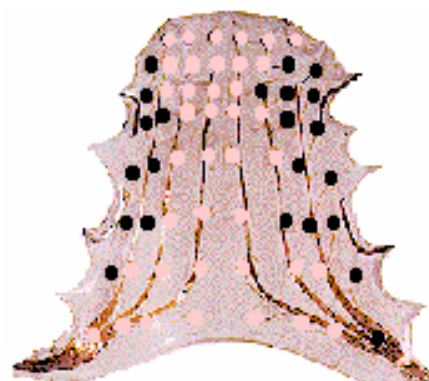
3 i



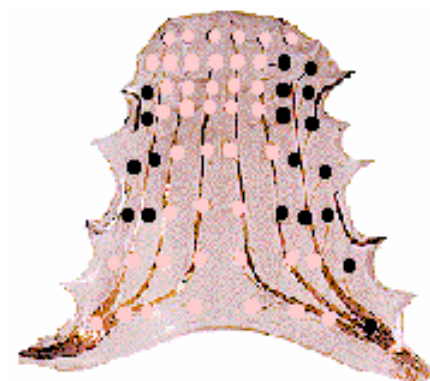
4 a



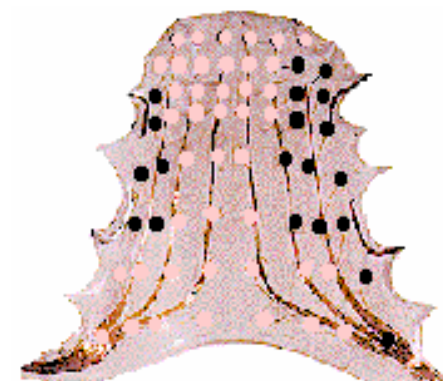
5 a



6 i



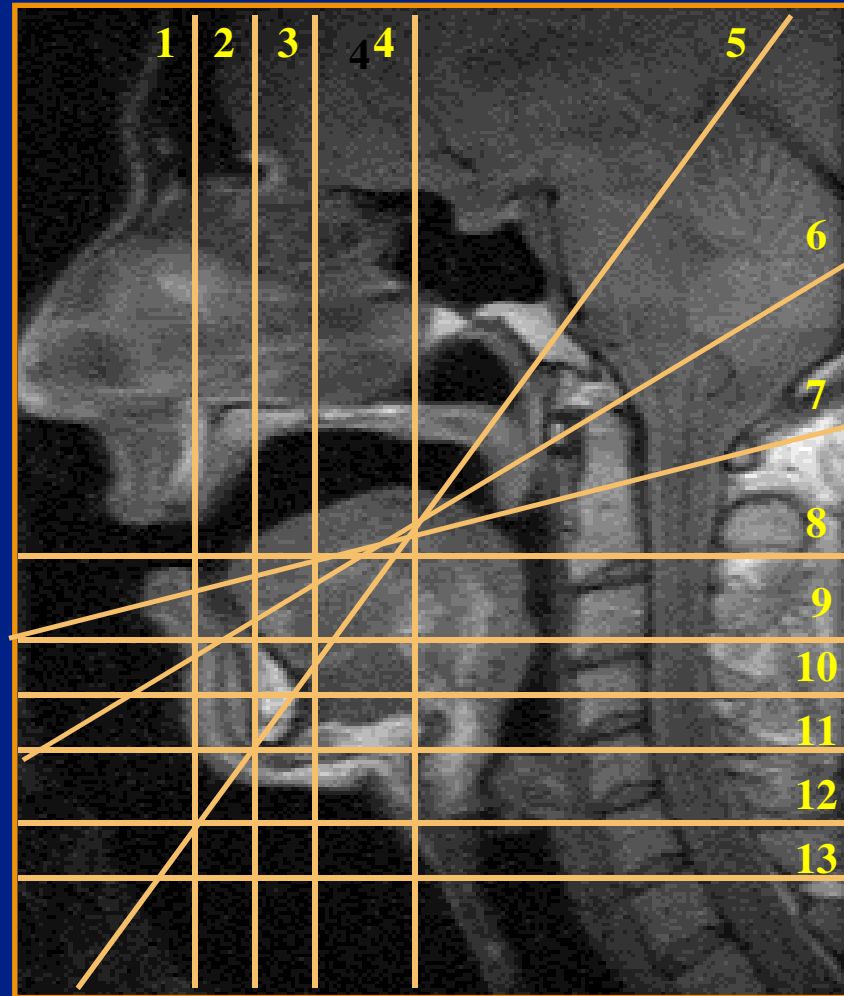
7 i

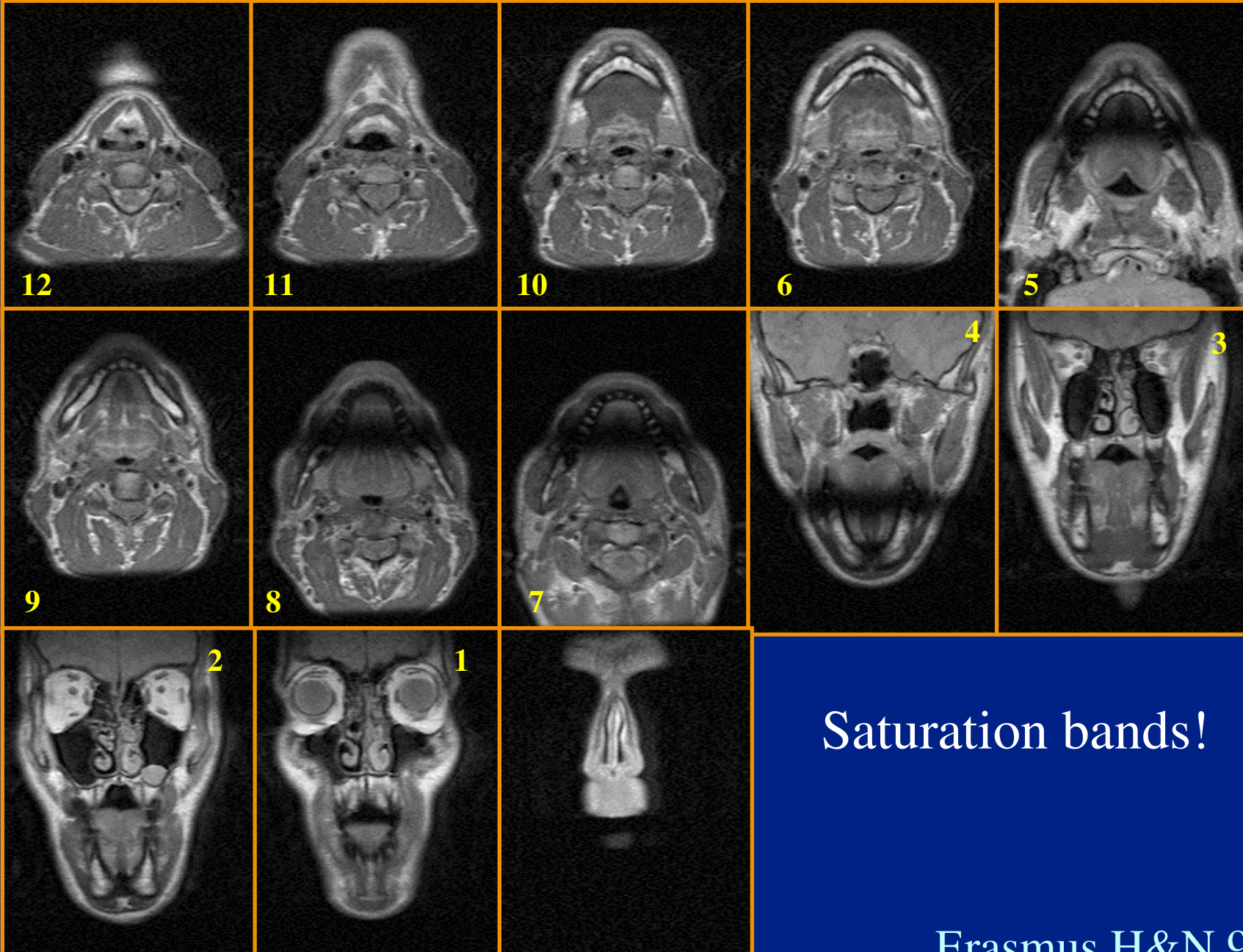


8 i

Contacts lingo palatins sur les voyelles: oupou ipa api et ipi

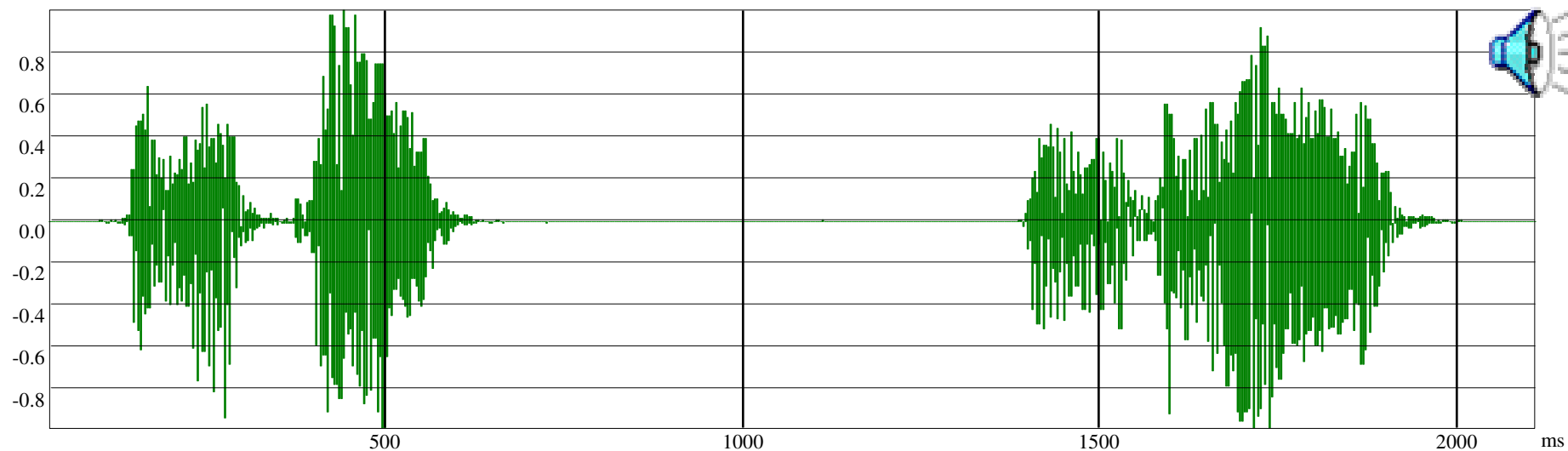
Multistack Simultaneous acquisition of 13 slices in 12 sec





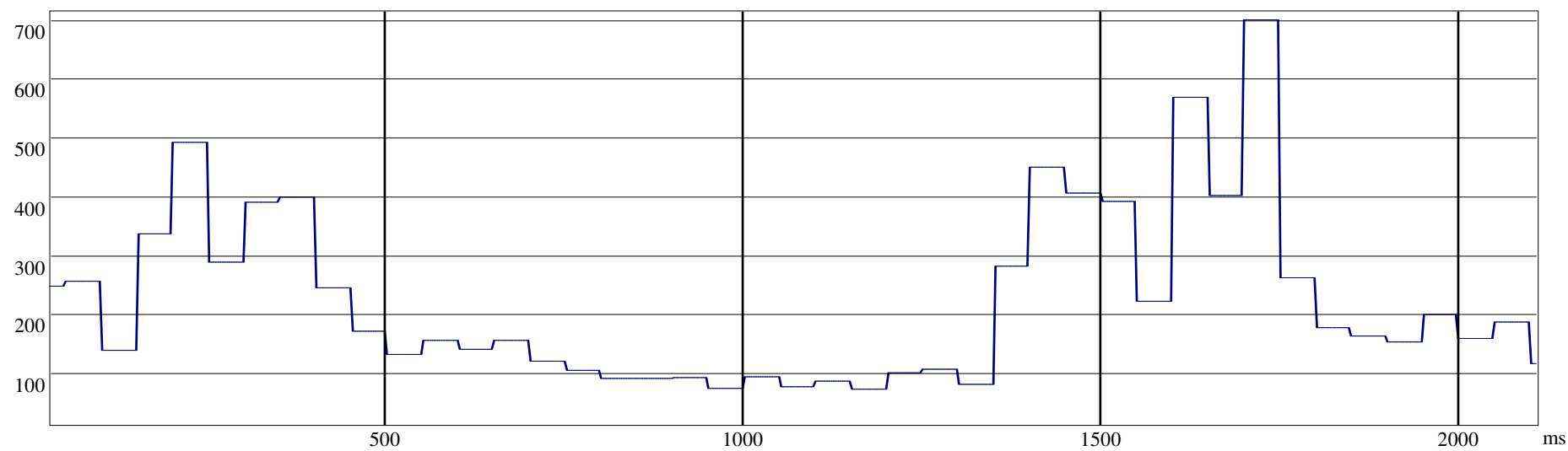
Saturation bands!

Erasmus H&N 99 UL

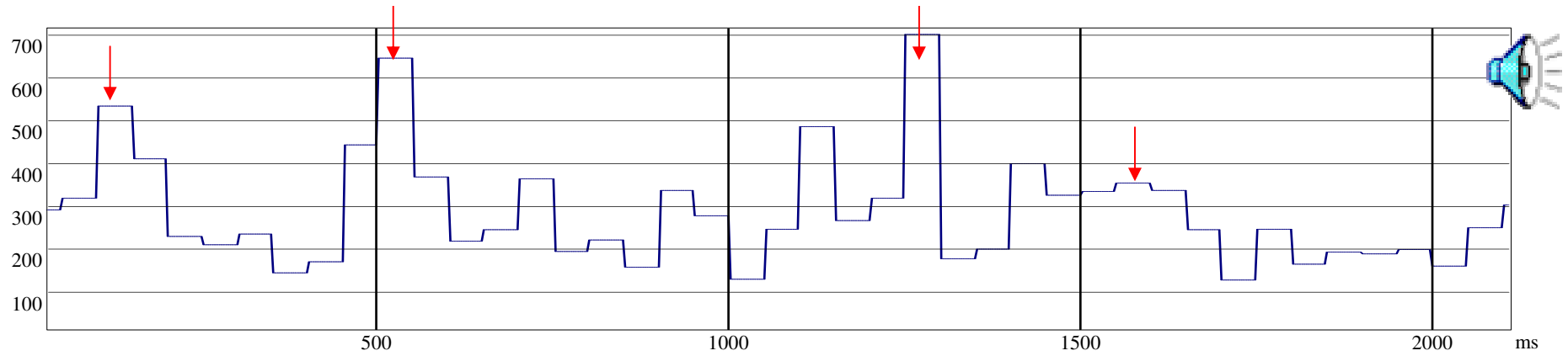


s yrle k e

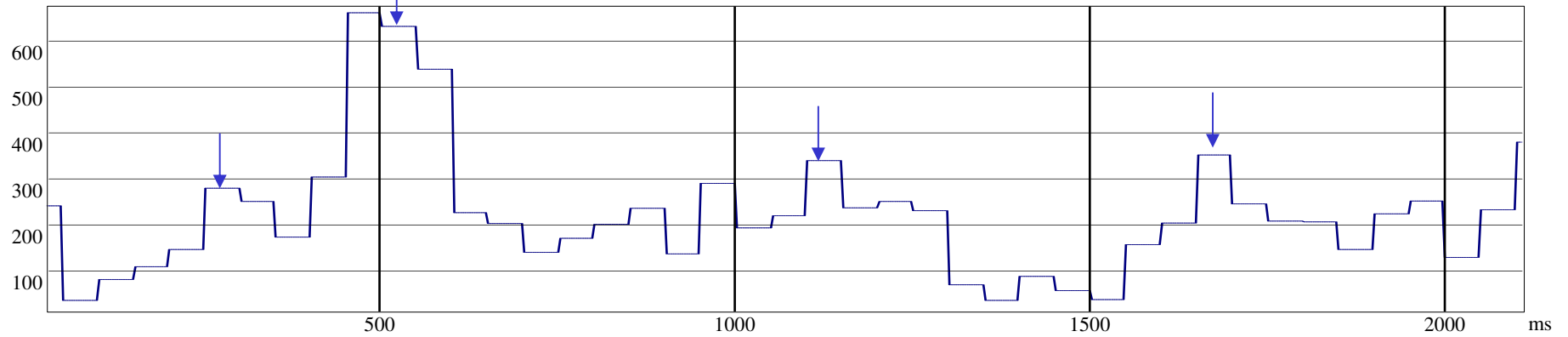
e v i d a m ã



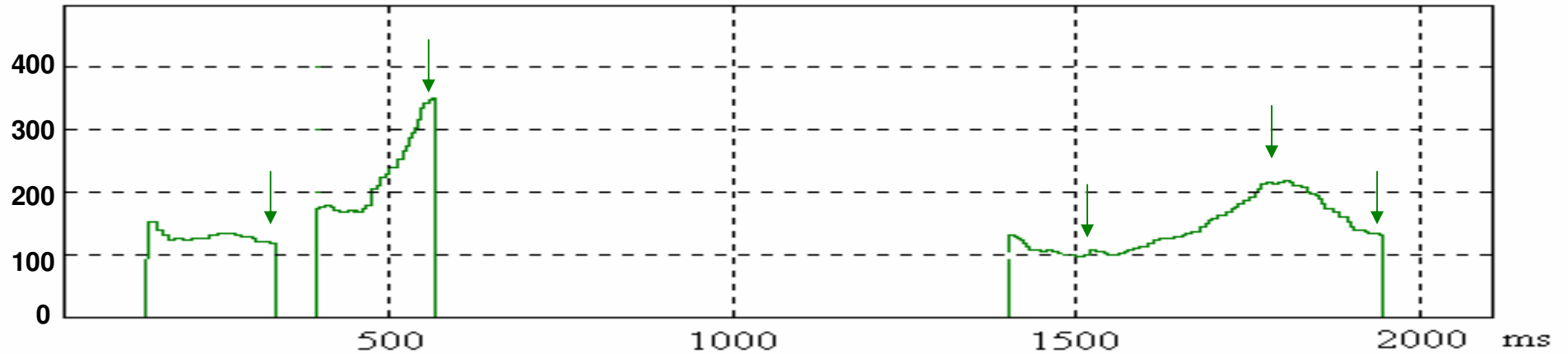
Activité du muscle orbicularis oris en microvolts RMS



Activité du muscle cricothyroïdien en microvolts RMS

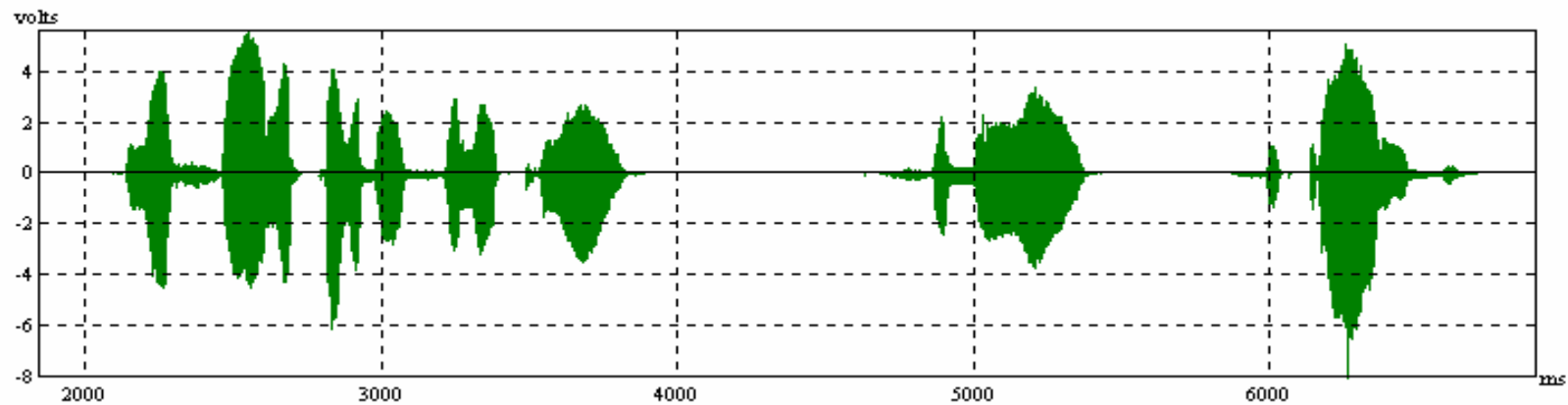


Activité du muscle sternoïdien en microvolts RMS



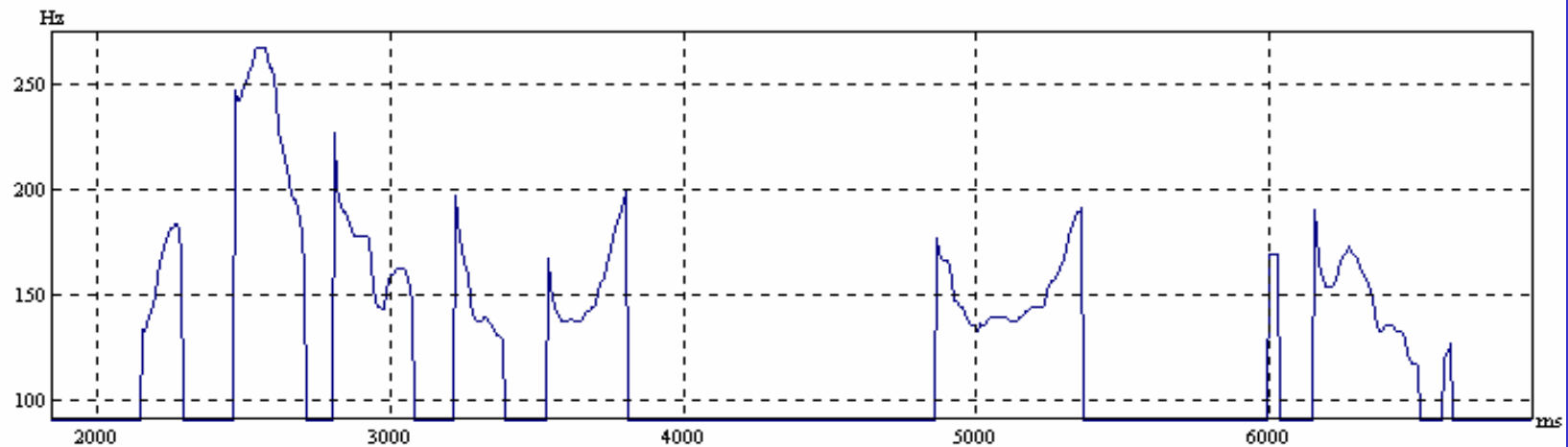
Variation de la Fo en Hertz



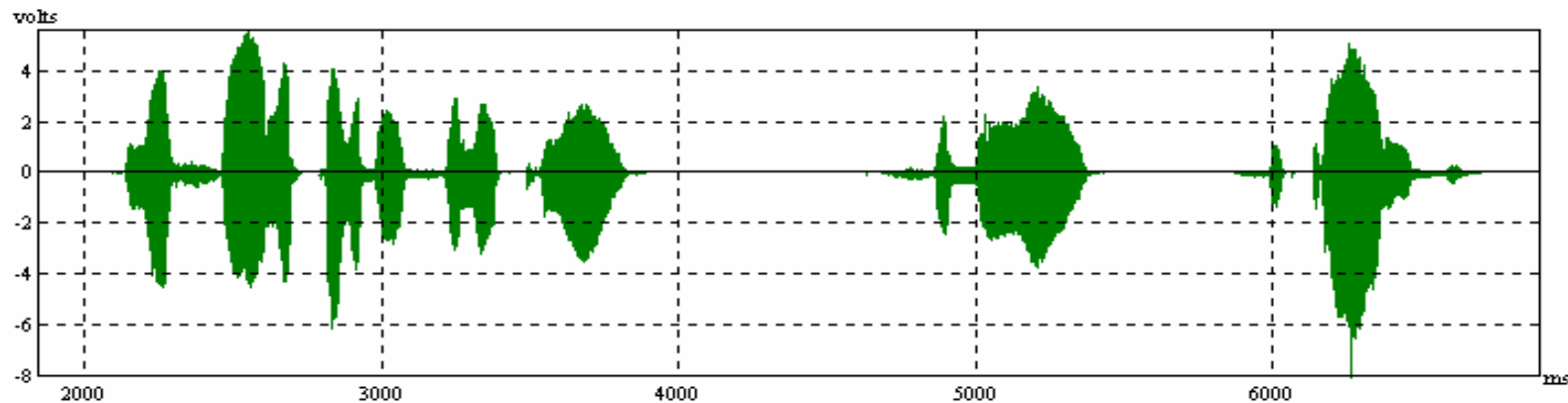


l-e—s-ielé--p-arde-s-ule--t--oi-----s--i-b--l--e-----s-i-c-a-l-m-e

*Signal acoustique de la phrase : “Le ciel est par dessus le toit, si bleu, si calme”,
déclamée par un sujet normal. L’axe des abscisses représente le temps en millisecondes.*

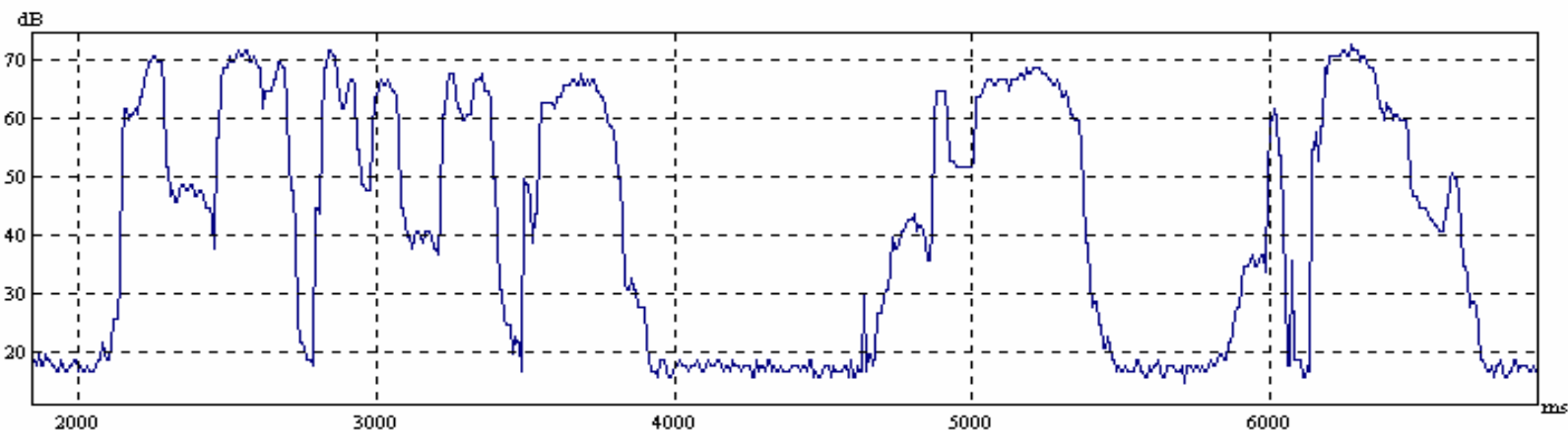


*Courbe des variations de la Fo de la voix qui définissent la ligne mélodique de la phrase.
L’axe des ordonnées est en Hertz (Hz).*



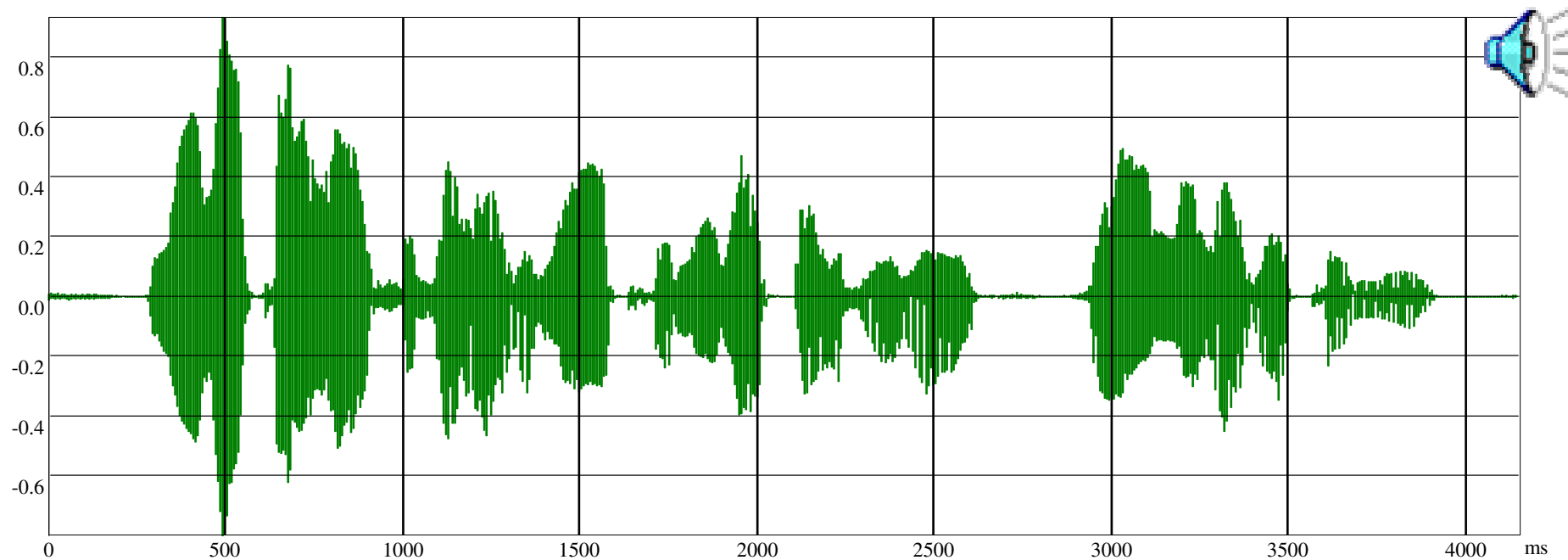
l-e--s—ielé-p-arde-s-ule--t--oi-----s-i-b--l---e-----si-c--a—l-me

*Signal acoustique de la phrase : “Le ciel est par dessus le toit, si bleu, si calme”,
déclamée par un sujet normal. L’axe des abscisses représente le temps en millisecondes.*



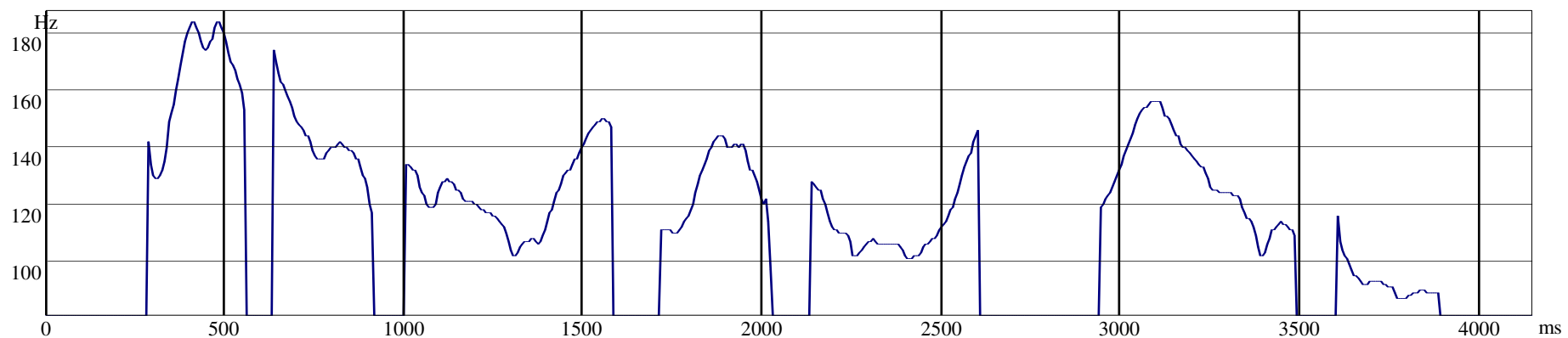
*Courbe de variation de l’énergie acoustique de la voix qui définit la ligne d’intensité de la phrase.
L’axe des ordonnées est en décibels (dB). La valeur de l’intensité est calculée toutes les 10 ms.*

Exemple de variations prosodiques décrites par les trois paramètres: mélodie, durée, intensité.

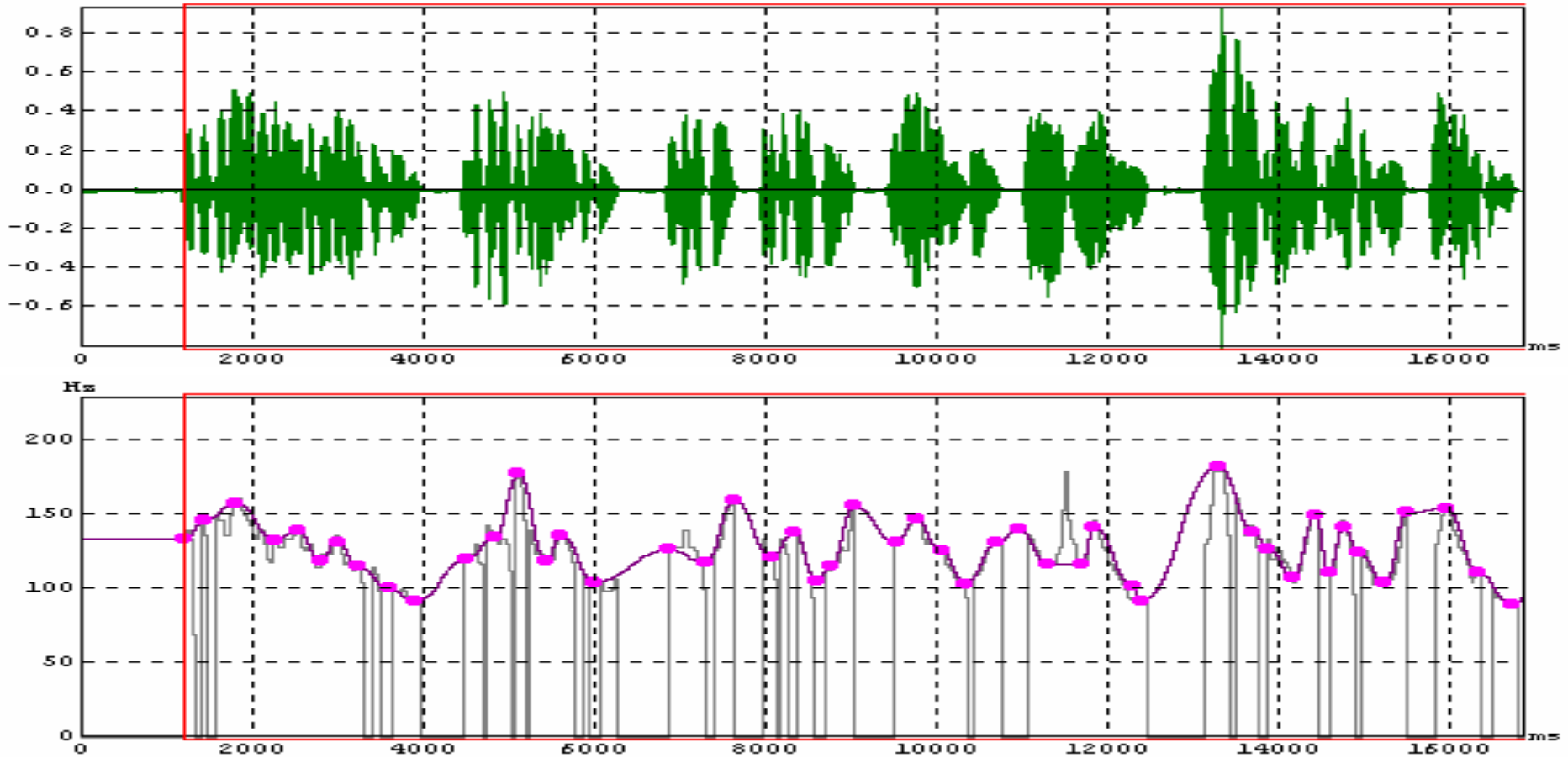


nile k a rɛ sɛd ɛloe m ɛtrɛ nila p oerdylu

riɛ nɛle rɛ t ɛn e

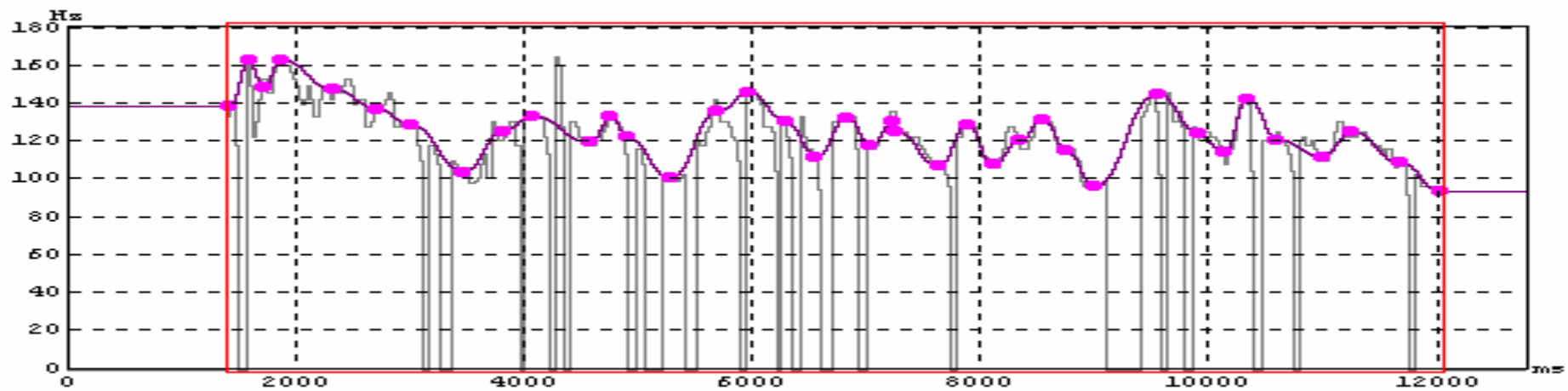
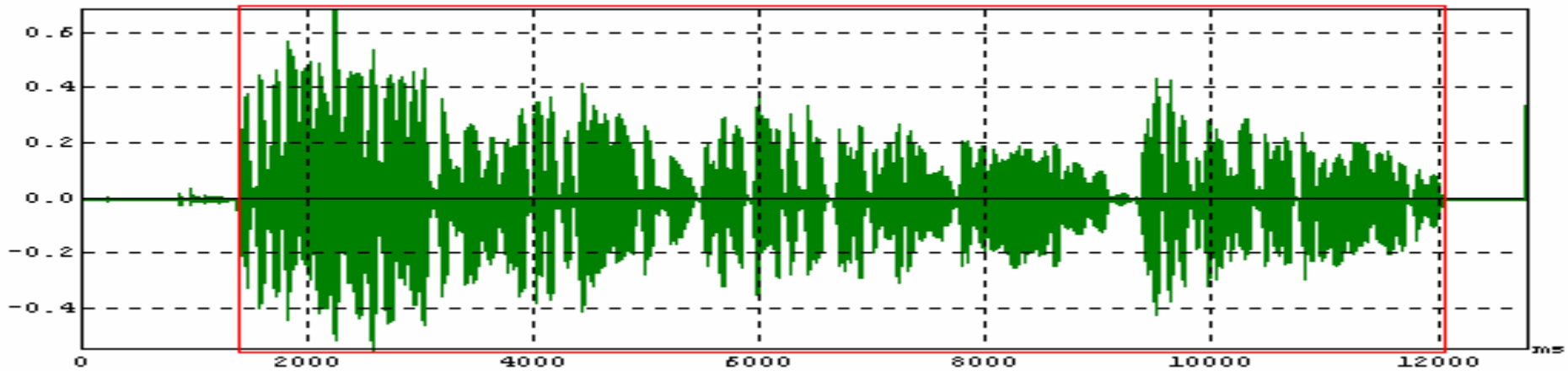


**Courbe mélodique de la lecture normale d'une partie
d'un texte de référence**



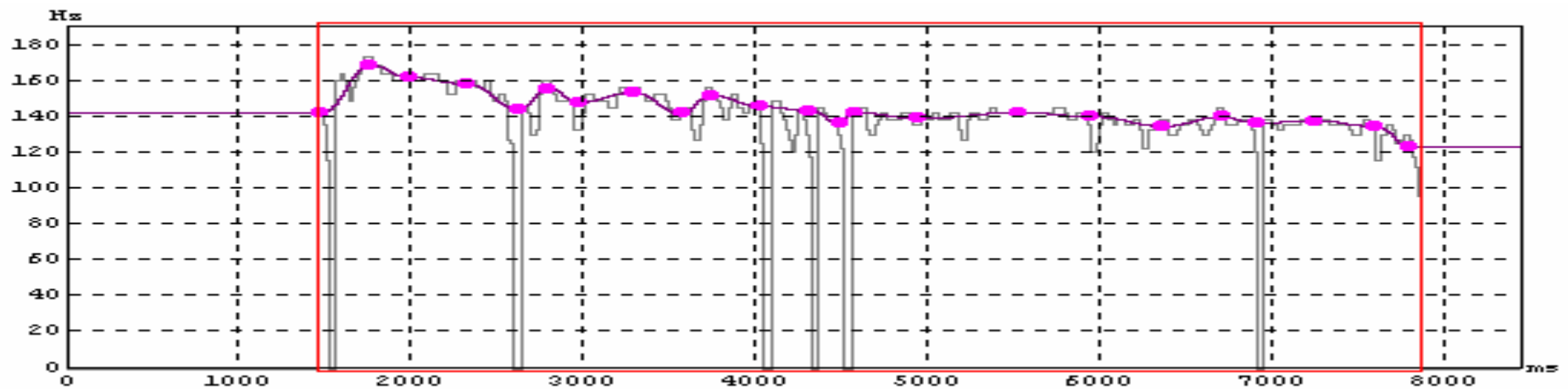
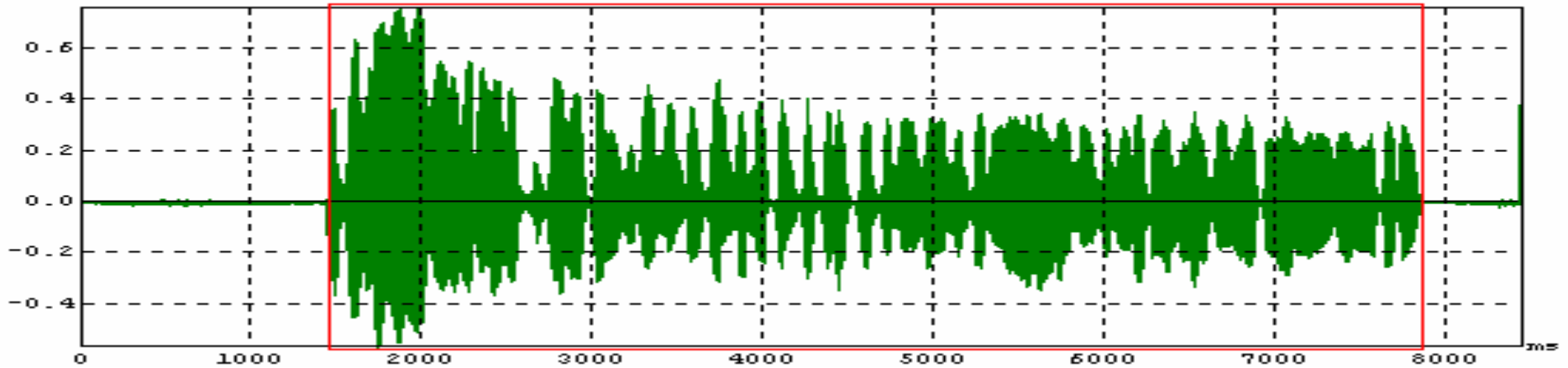
**Lecture normale d'une partie d'un texte de référence
(la chèvre de Monsieur Seguin)**

La durée d'élocution est de 13,6 secondes



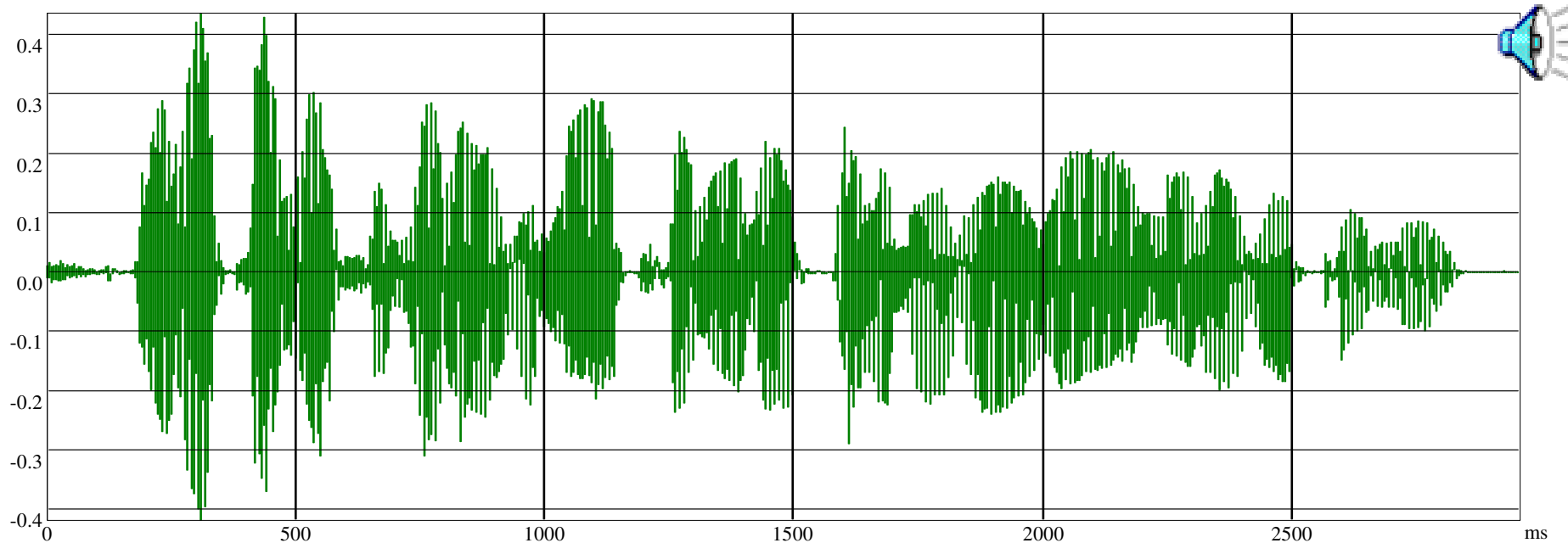
**Lecture rapide d'une partie d'un texte de référence
(la chèvre de Monsieur Seguin)**

La durée d'élocution est de 10,5 secondes

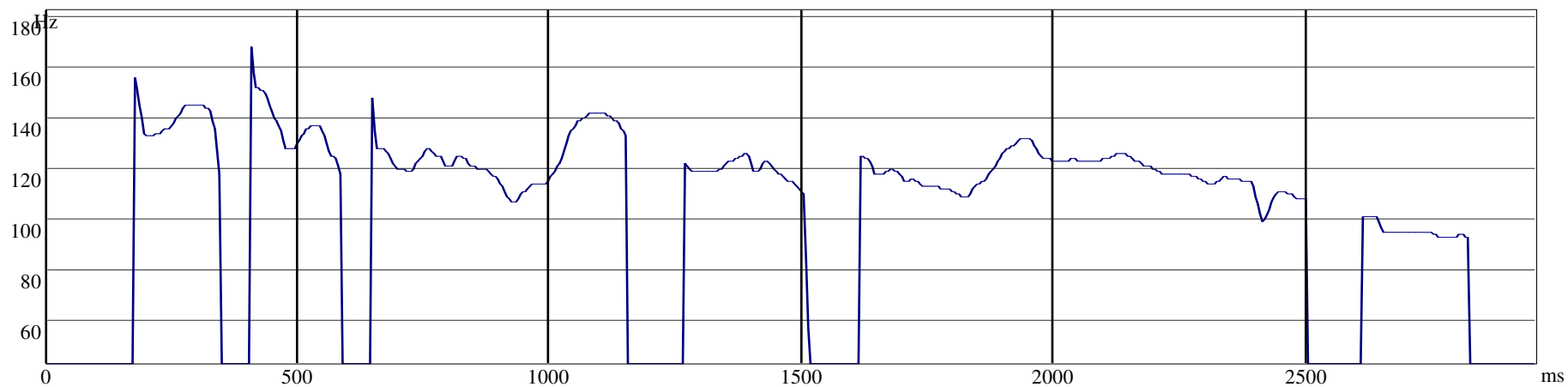


**Lecture très rapide d'une partie d'un texte de référence
(la chèvre de Monsieur Seguin)**

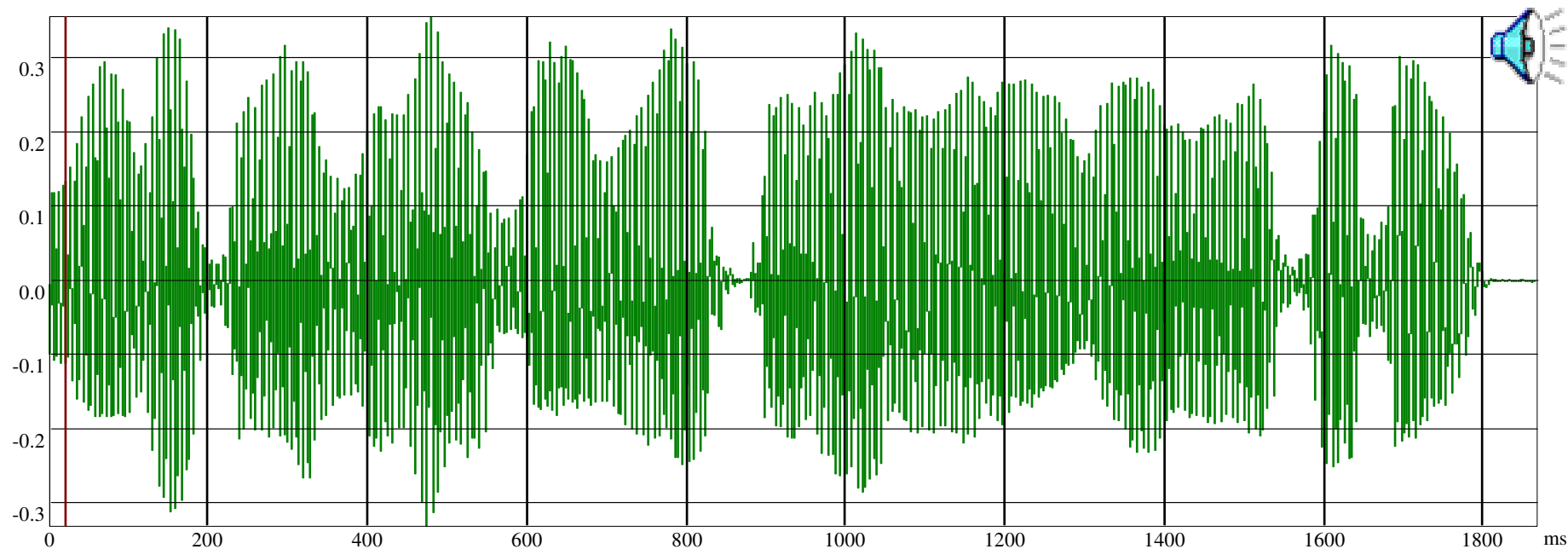
La durée d'élocution est de 7,3 secondes



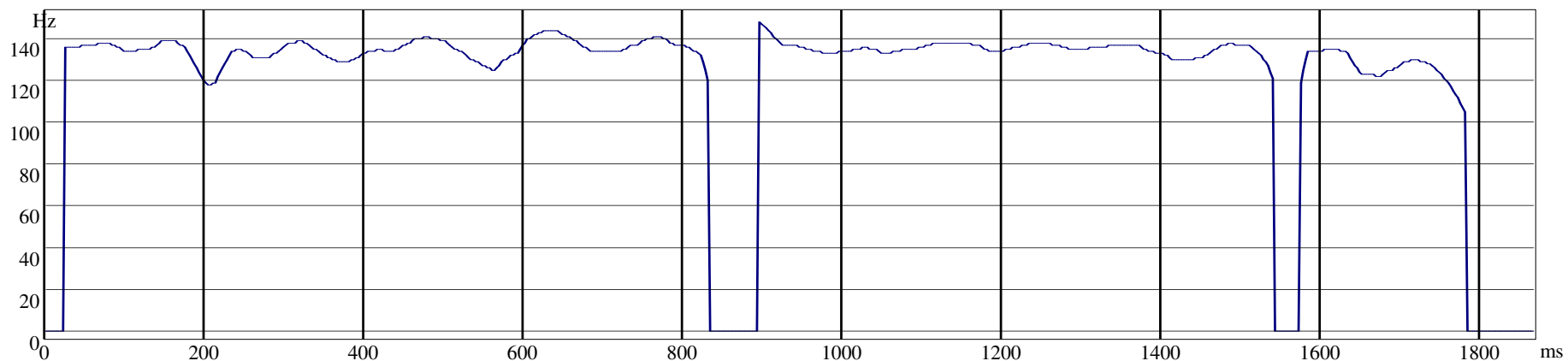
nile n ars sœd elœer m ε tr œn ila p œrdyl u r iē n œle rœ t œn e



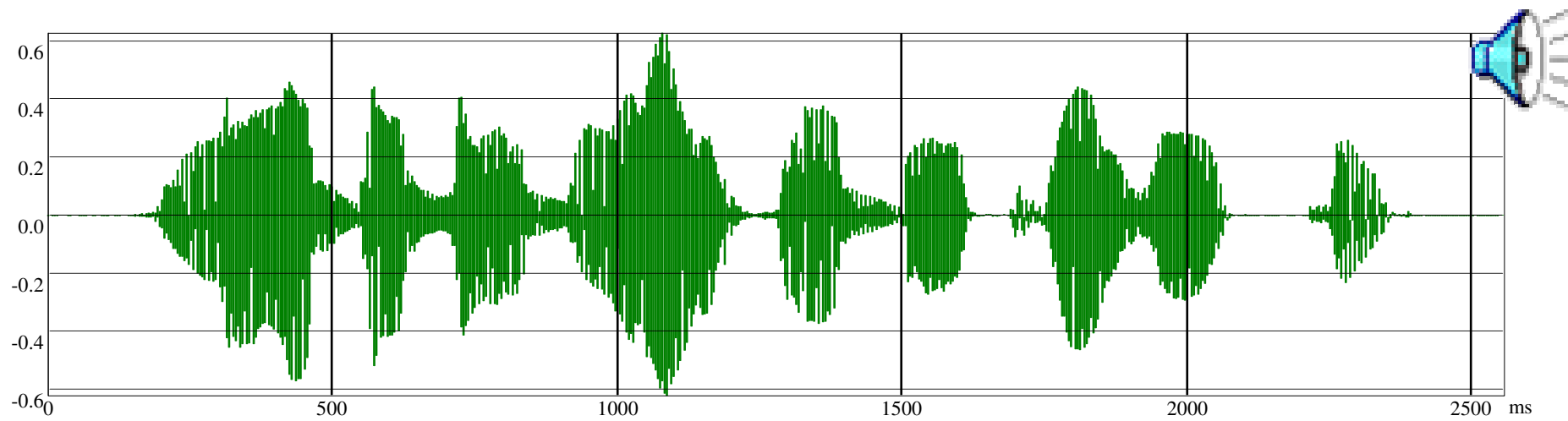
**Courbe mélodique de la lecture rapide d'une partie
d'un texte de référence**



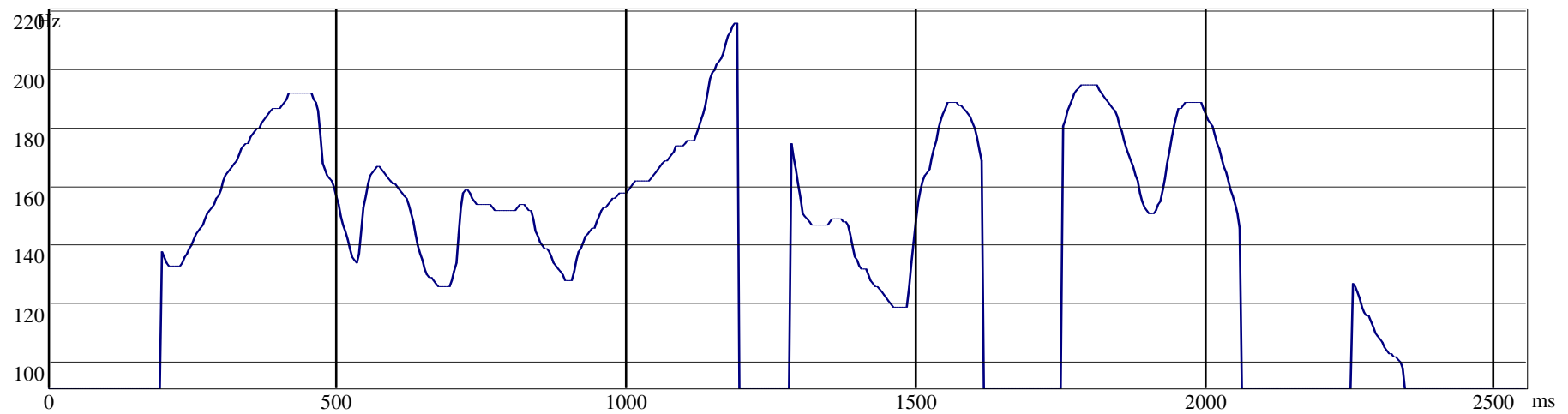
n i l e k a ε d ə l o e m ε n i l a p o e d y l u r i ē n ə l e ə t ə n e



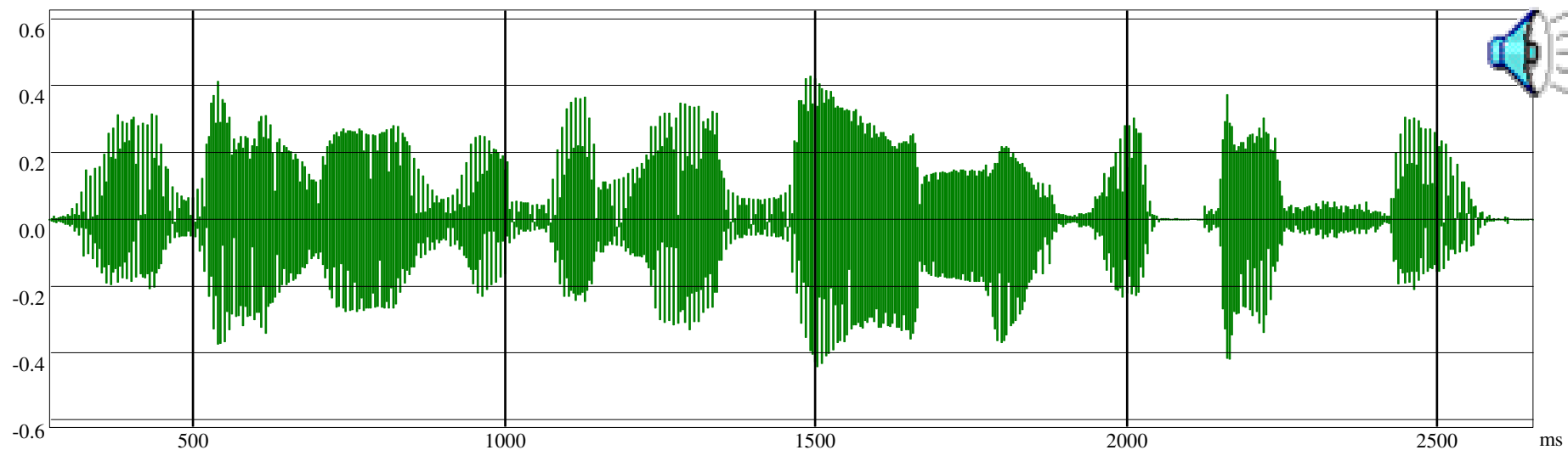
**Courbe mélodique de la lecture très rapide d'une partie
d'un texte de référence**



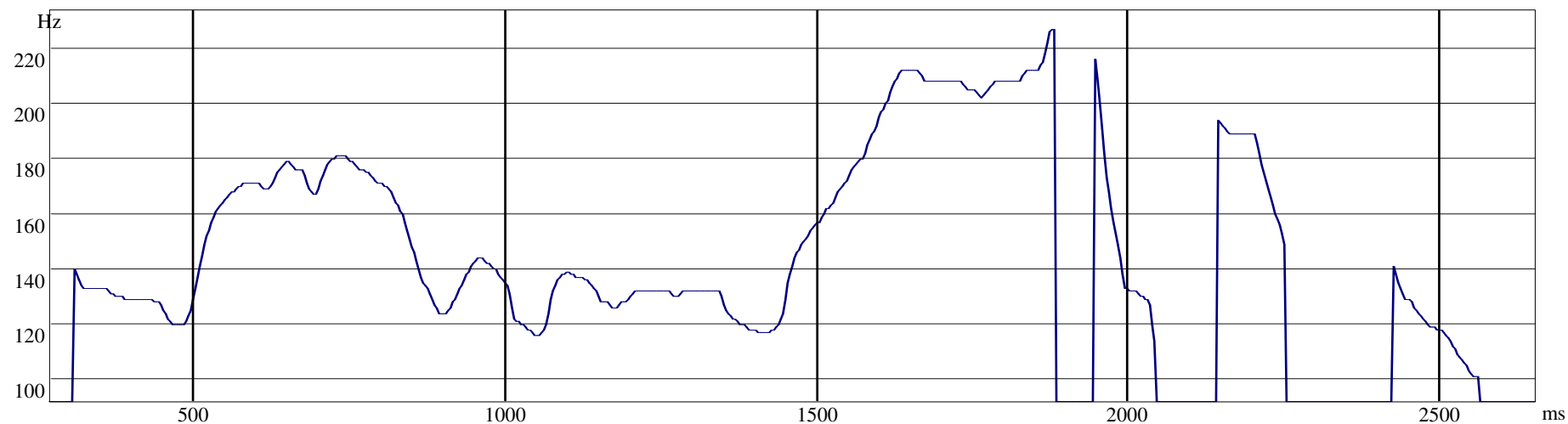
l o d e b a d w a e b y t r o v i t e



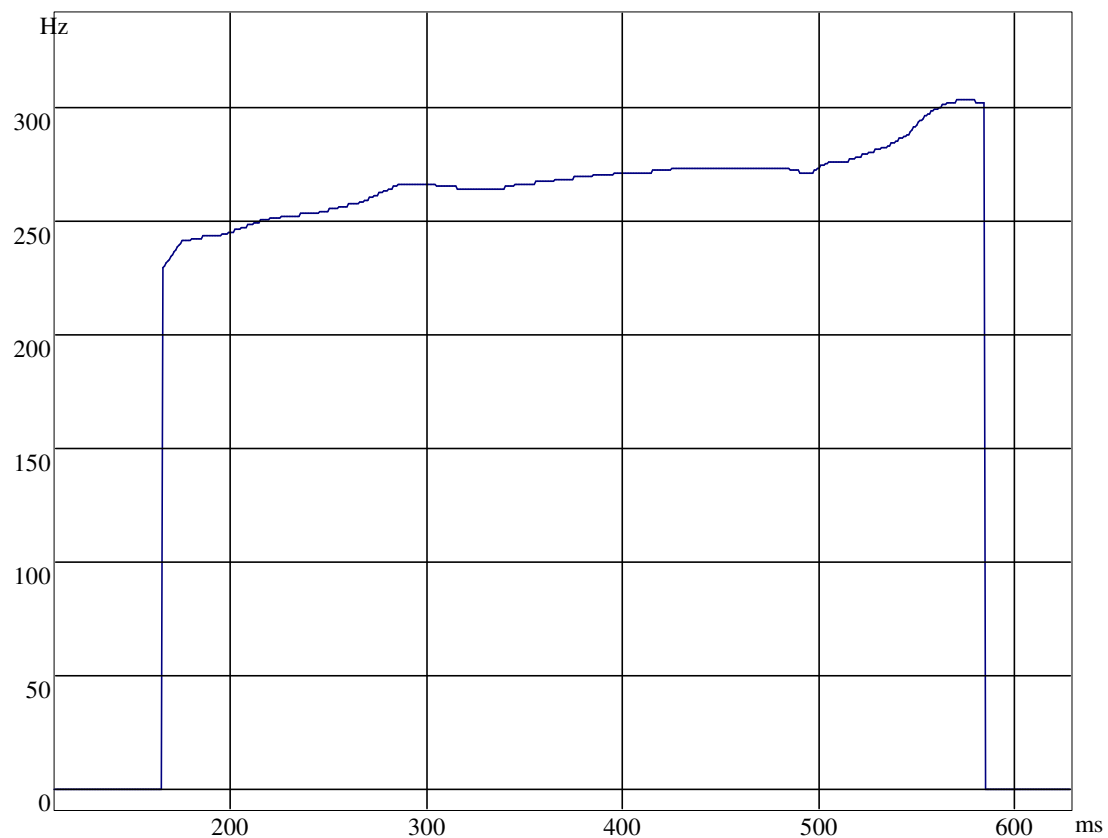
Courbe mélodique de la phrase: « l'eau de Badoit est bu trop vite »



la v a l i s e d e m a b o n n e e k a s s e



Courbe mélodique de la phrase: « La valise de ma bonne est cassée »



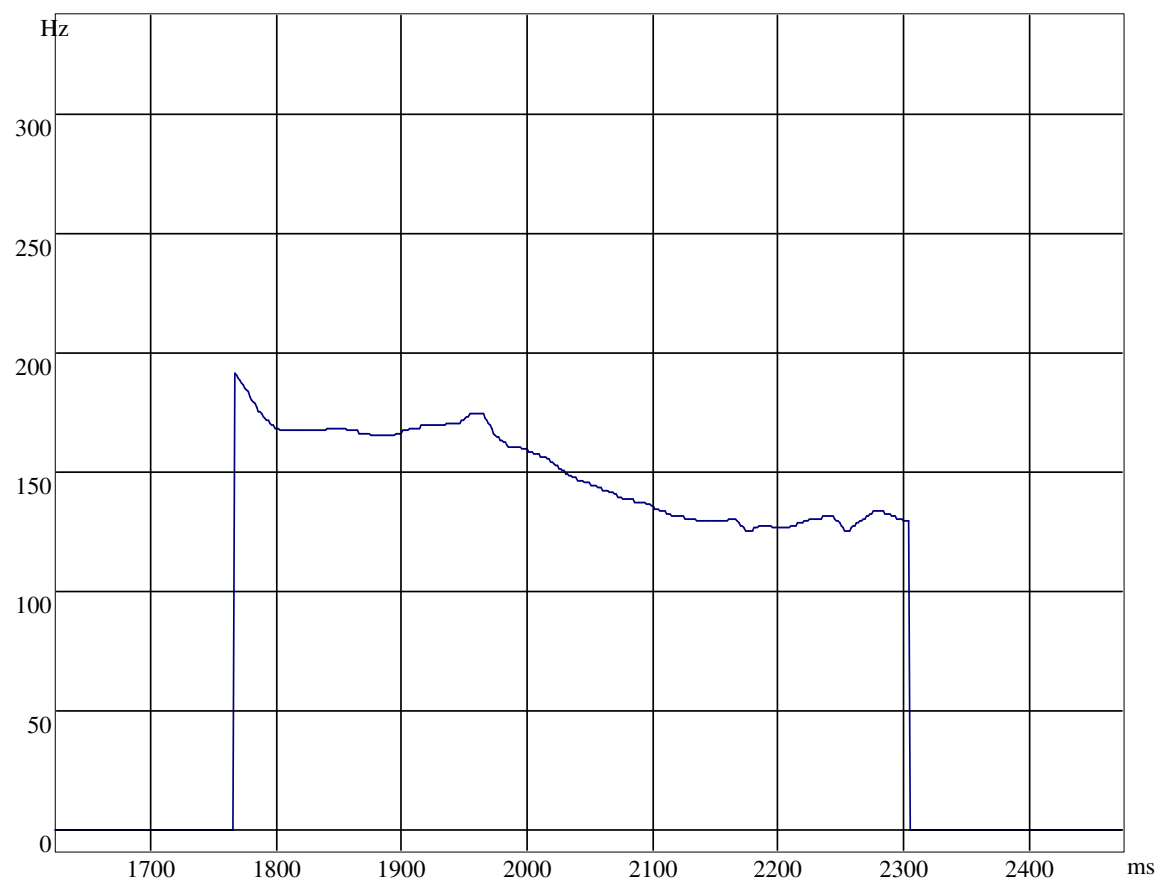
m

a

a

Courbe tonale Haut-Haut du mot « maa » en chinois de Pékin:

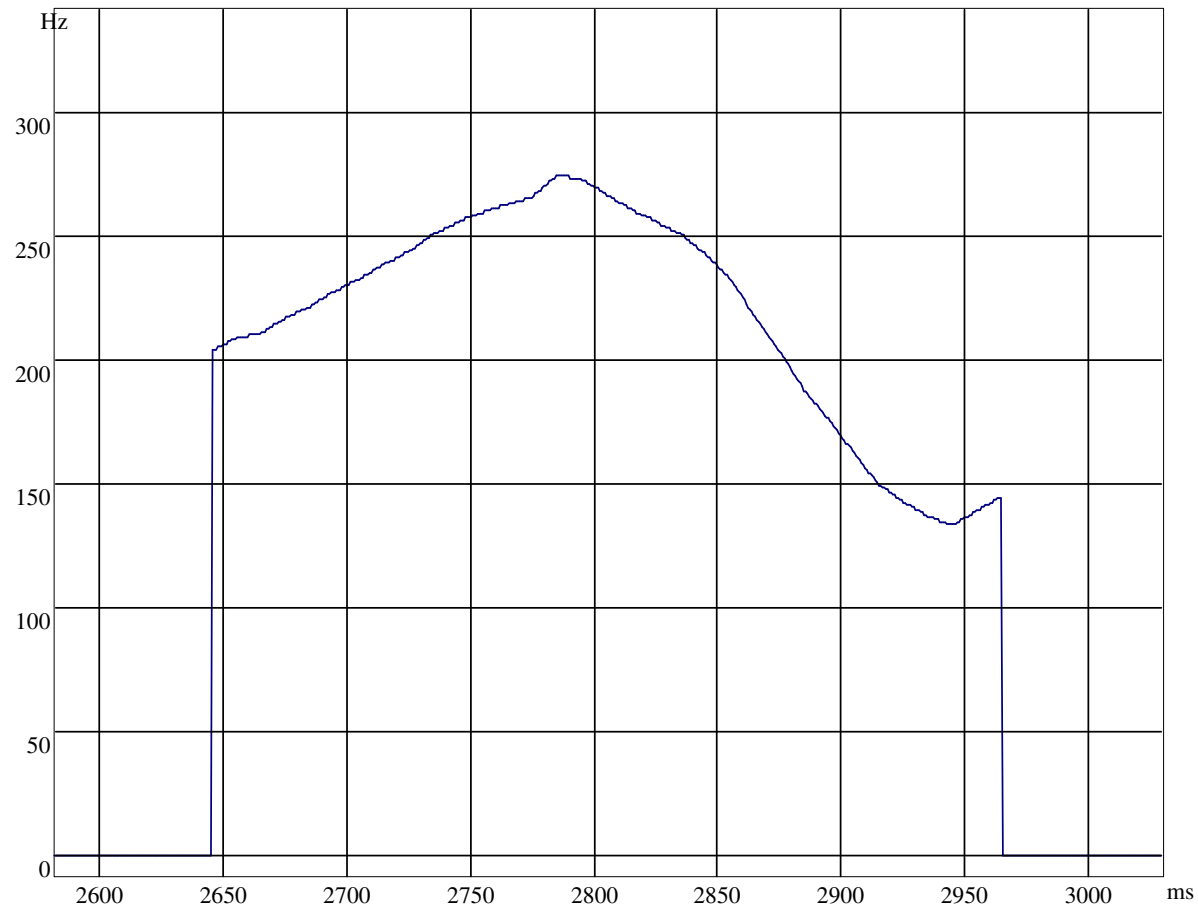
Maman



m a a

Courbe tonale Haut-Bas du mot « maa » en chinois de Pékin:

Le cheval



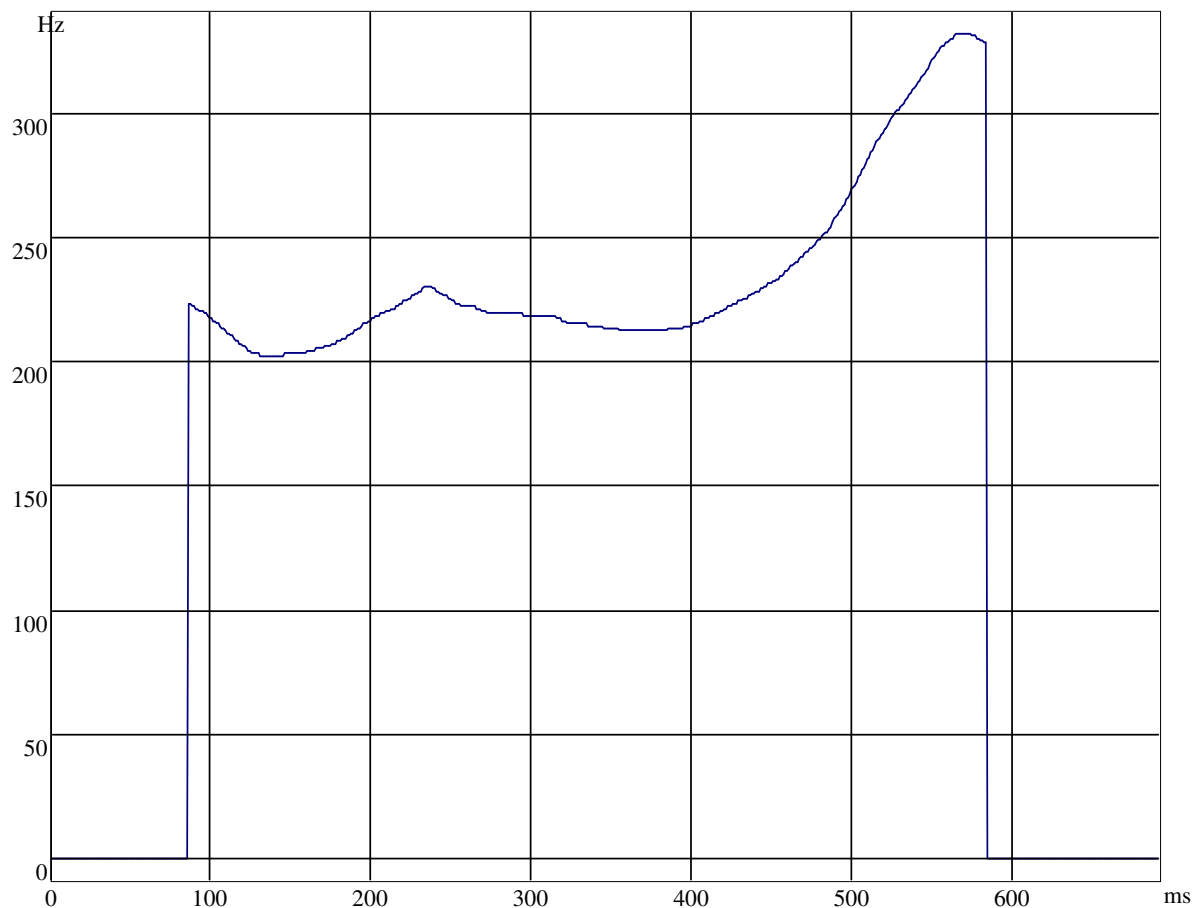
m

a

a

Courbe tonale Bas-Haut-Bas du mot « maa » en chinois de Pékin:

Injurier



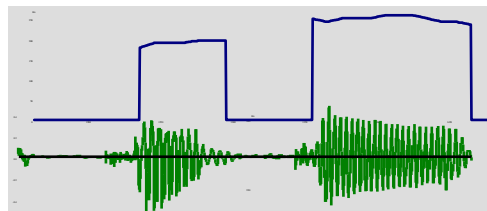
m

a

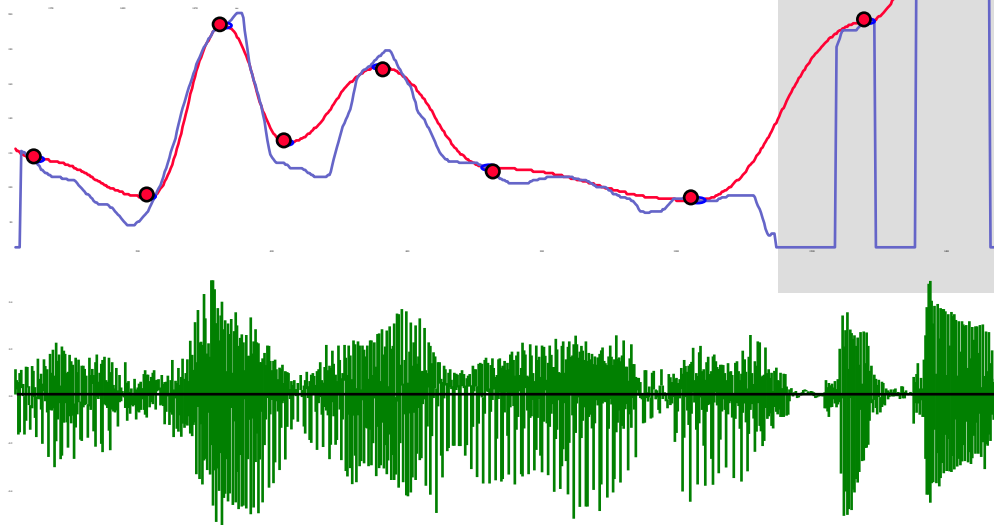
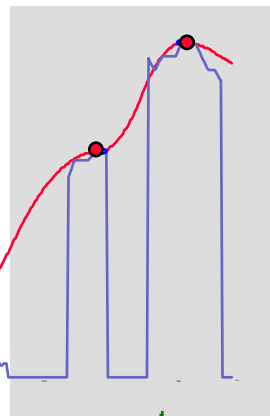
a

Courbe tonale Bas-Haut du mot « maa » en chinois de Pékin:

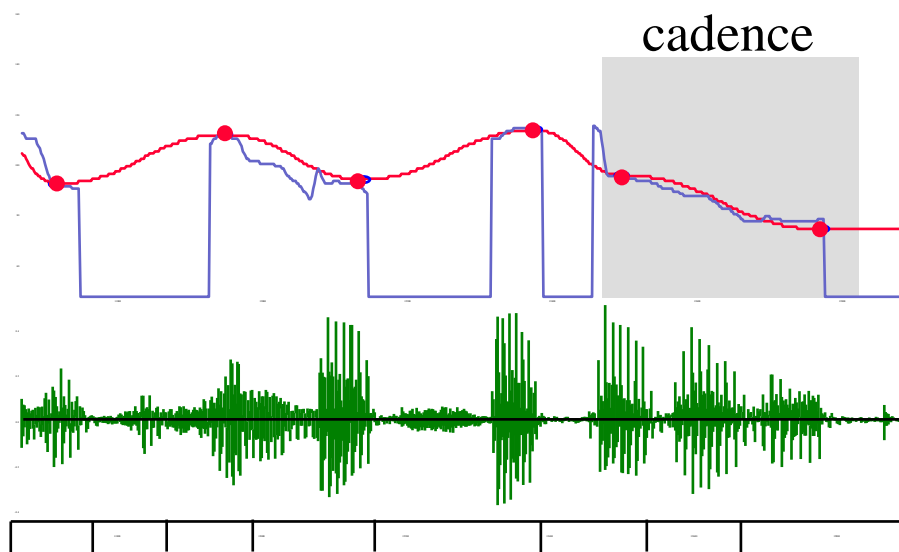
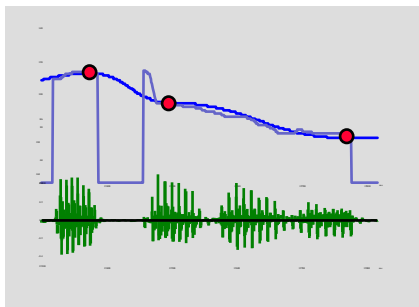
le chanvre



cadence



J'ai dit merde j'vais (l')envoyer à Bernard Ta- pi



dif- fi- ci- l'ac- cès par des routes



GAMin



GAMaj



GAMaj

UI

P

PAR



«... difficiles d'accès par des routes.»

Les contributeurs de l'espace francophone

- **Modélisation du conduit vocal**
(relation entre articulation et acoustique)

Modélisation acoustique:

(Le conduit vocal vu comme un système acoustique)

Pierre Badin, René Carré.

Modélisation géométrique:

(coupe sagittale du conduit)

Sinji Maéda.

Modélisation mathématique:

Xavier Pellorson, Paul Jospa

Modélisation dynamique:

(Langue, mâchoire)

Raphaël Laboissière, Pascal Perrier

- **Modélisation du larynx**

Xavier Pellorson, Antoine Giovanni, Jean Schoengen, Christophe d'Alessandro.

Inversion du modèle

Jean Schoentgen, Alain Socquet, Gérard Bailli, Yves Laprie

- **Prosodie**

Jacqueline Vaissière, Philippe Martin, Piet Mertens, Véronique Aubergé, Albert Di Cristo, Daniel Hirst, Mario Rossi.

- **Acoustique de la parole**

François Longchamp, Jacqueline Vaissière, Michel Chafcouloff

Louis Jean Boé (Ontogénèse et phylogénèse)

- **Phonologie articulatoire**

(Modèle axé sur les gestes articulatoires) Didier Demolin, Rudolph Sock

- **Perception**

Christian Cavé, Jean Luc Schwartz, Noël Nguyen, Scot Mc Adams, Alain de Chevigné

FIN