

Phonétique

.

- Etude des sons de la langue
 - Quels sont les différents sons utilisés dans la parole ?
 - Comment sont-ils produits ?
 - Comment les décrire ?
 - Peut-on constituer des groupes de sons partageant certaines propriétés ?

Plan

.

- Transcription phonétique
- Phonétique articulatoire
 - L'appareil phonatoire
 - Production des consonnes
 - Production des voyelles
- Phonétique acoustique
 - Onde
 - Analyse spectrale
 - Formants
 - Classement acoustique des voyelles

Transcription phonétique

- On a besoin d'un ensemble de symboles pour désigner les sons
- le système orthographique n'est pas bien adapté à la transcription phonétique
 - une lettre peut représenter des sons différents
Exemple : la lettre *g* dans *garage*
 - un même son peut être représenté par plusieurs lettres (ou séquences de lettres)
Exemple : *o* et *eau* dans *poteau*

Alphabet Phonétique International

.

- Conçu pour désigner les sons de l'ensemble des langues du monde
- Un son correspond à un symbole
- première version publiée en 1888
- 118 symboles principaux
- signes diacritiques
- signes prosodiques (accent, allongement . . .)

Alphabet phonétique international

API	Mot	Transcription
a	patte	pat
ɑ	pâte	pat
e	ses	se
ɛ	seize	sɛz
œ	peur	pœʀ
ə	deux	də
ø	lieu	liø
i	si	si
o	gros	gro
ɔ	note	not
u	doux	du
y	du	dy

API	Mot	Transcription
ẽ	vin	vẽ
ã	vent	vã
õ	bon	bõ
œ̃	brun	bœ̃
API	Mot	Transcription
j	Pierre	pjɛʀ
ɥ	juin	ʒɥẽ
w	oui	wi

Alphabet phonétique international

.

API	Mot	Transcription	API	Mot	Transcription
p	pont	põ			
b	bon	bõ	v	vent	vã
t	temps	tã	s	sans	sã
d	dans	dã	z	zone	zon
k	quand	kã	ʃ	champ	ʃã
g	gant	gã	ʒ	gens	ʒã
m	mont	mõ	l	long	lõ
n	nom	nõ	ʁ	rond	ʁõ
ŋ	oignon	oŋõ			
ŋ	camping	kãpiŋ			
f	femme	fam			

API : signes diacritiques et prosodiques

.

<i>Signes diacritiques</i>	<i>Signes prosodiques</i>
x̥ non voisé, assourdi, désonorisé	' accentué
x̄ voisé, sonorisé	ː long
x̃ nasal, nasalisé	ˑ mi-long
ǰ non syllabique	. coupe syllabique

L'appareil phonatoire

- l'ensemble des organes qui interviennent dans la production des sons de parole.
- on distingue
 - les poumons (respiration)
 - le larynx (phonation)
 - le conduit vocal (articulation)
 - la bouche
 - la cavité pharyngale
 - les cavités nasales

La phonation

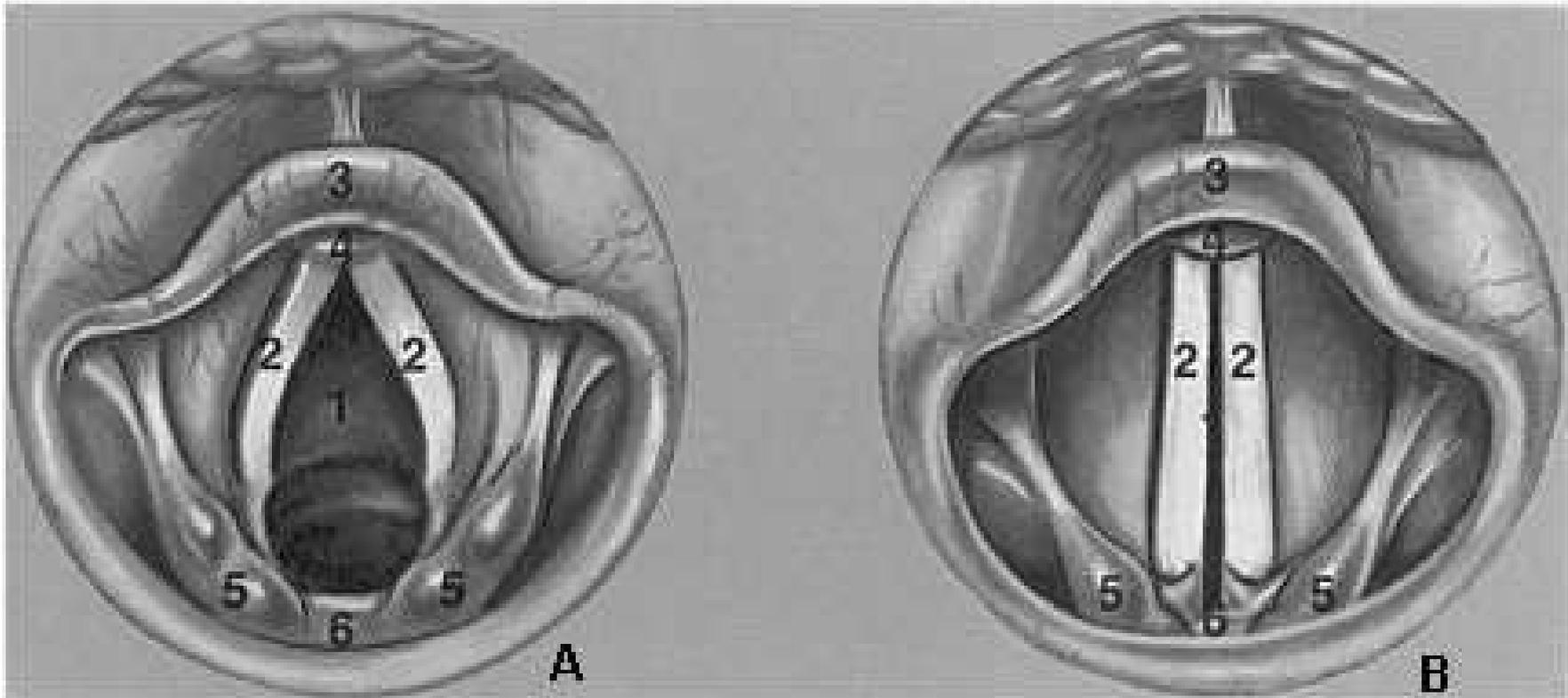
.

- le larynx
 - boîte cartilagineuse
 - contient deux muscles appelés cordes vocales
 - pendant la respiration elles sont écartées
 - pendant la phonation elles sont contractées et forment un passage étroit appelé la glotte

Le larynx

A. pendant la respiration

B. pendant la phonation



- 1. Glotte
- 2. Cordes vocales
- 3. Epiglotte
- 5. Cartilages aryténoïdes

Source : <http://www3.unileon.es/dp/dfm/flenet/phon/phoncours.html>

Vibration des cordes vocales

.

- le passage de l'air dans la glotte peut faire vibrer les cordes vocales
- les sons produits avec la vibration des cordes vocales sont dits **voisés**
- comparaison des deux sons [s] et [z]
- ils ne se distinguent que par le voisement

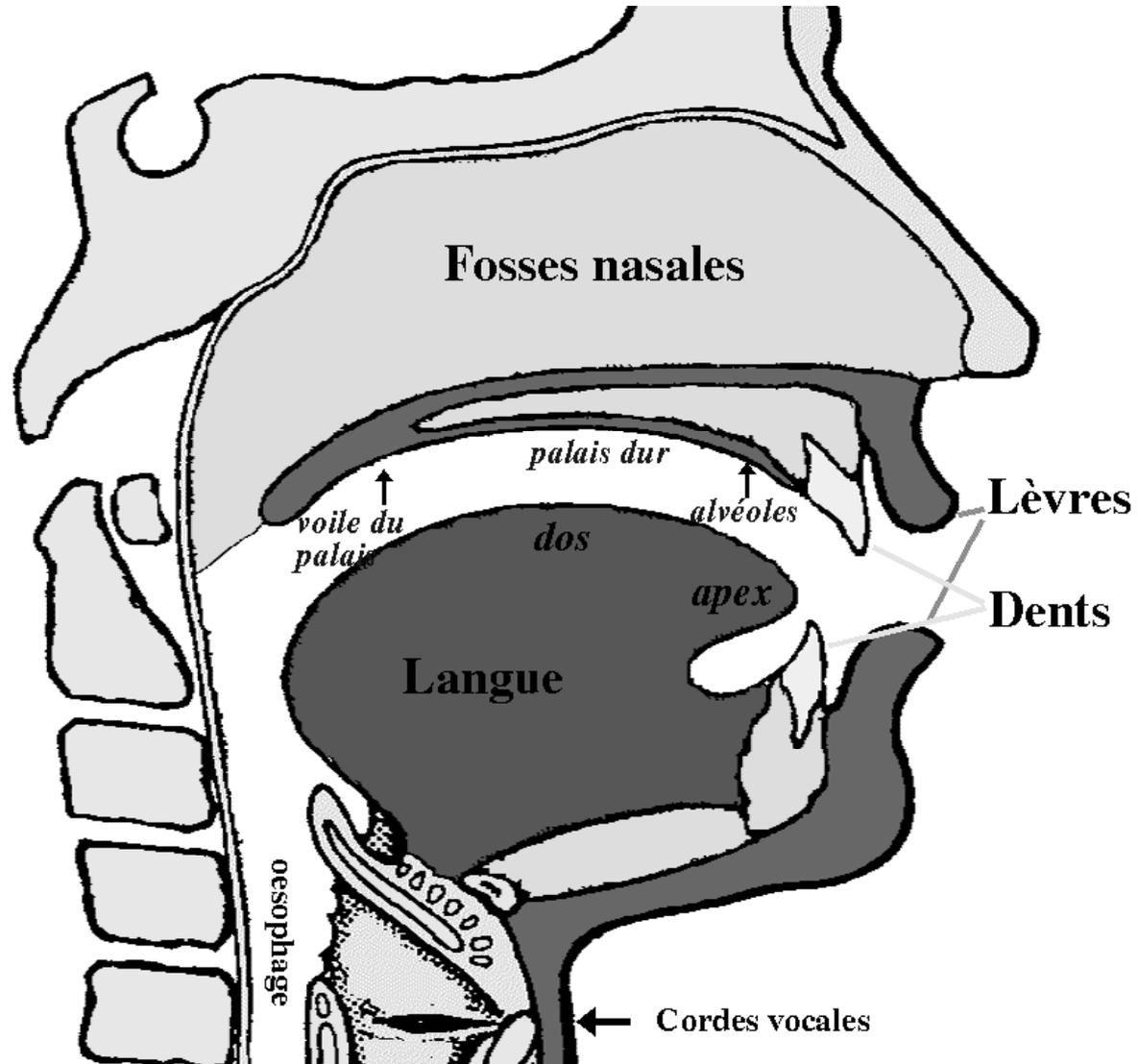
Vibration des cordes vocales 2

- Plus la vibration est rapide, plus le son sera aigu.
- La **tessiture** d'un locuteur est l'écart entre la note la plus grave et la note la plus aiguë qu'il peut produire sans difficulté.
- La fréquence de la vibration des cordes vocales (le nombre de cycles de vibration par seconde) dépend de plusieurs facteurs parmi lesquels :
 - la tension des cordes vocales
 - leur longueur
- C'est pourquoi la fréquence moyenne de la voix est généralement plus basse pour la voix masculine (250 Hz) que pour la voix féminine (125Hz) ou la voix d'enfant (350Hz)

L'articulation

- Les parties de l'appareil phonatoire intervenant dans l'articulation des sons sont appelés **articulateurs**.
- Principaux articulateurs inférieurs :
 - la langue
 - la lèvre inférieure
 - la mâchoire inférieure
- Principaux articulateurs supérieurs :
 - la lèvre supérieure
 - la mâchoire supérieure

Les articulateurs



Consonnes et voyelles

.

- voyelles
 - l'air s'échappe relativement librement par le canal buccal
 - les cordes vocales vibrent
- consonnes
 - obstruction partielle ou totale du canal buccal
 - pas de vibration des cordes vocales, en général

Classement des consonnes

.

Les consonnes sont classées selon deux dimensions :

- mode articulaire
 - degré d'ouverture du canal buccal
 - façon dont se produit le son
- lieu d'articulation
 - l'endroit du canal buccal où le passage de l'air est le plus étroit
 - De manière générale, on peut dire que le lieu d'articulation est l'endroit où vient se placer la langue pour obstruer le passage du canal d'air.

Classement des consonnes

.

On distingue :

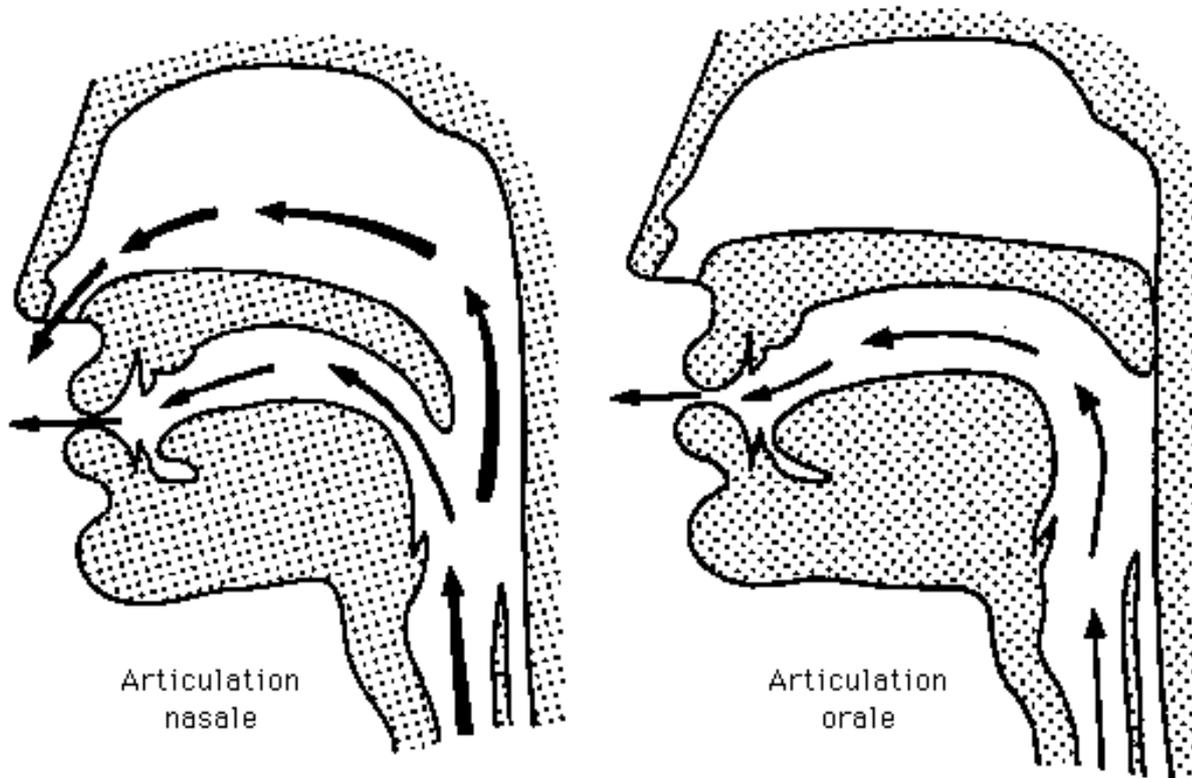
- 6 modes articulatoires :
occlusives, nasales, fricatives, semi-consonnes, latérales, vibrantes.
- 10 lieux d'articulations :
bilabial, labio-dental, dental, alvéolaire, post-alvéolaire, palatal, vélaire, uvulaire, pharyngal, glottal

Mode articulatoire des consonnes 1

- occlusive
 - premier temps : fermeture complète du canal buccal et nasal
 - deuxième temps : séparation des articulateurs, l'air s'échappe rapidement
 - consonnes [p,b,t,d,k,g]
- nasale
 - le canal buccal est fermé
 - le voile du palais est abaissé, l'air peut s'échapper par le nez
 - dans les langues européennes, les nasales sont voisées
 - consonnes [m,n,ɲ,ŋ]

Mode articulaire des consonnes 2

- Production des consonnes nasales.



Mode articulatoire des consonnes 3

- fricative ou constrictive
 - retrécissement du canal buccal
 - peuvent être voisées
 - consonnes [f, v, s, z, ʃ, ʒ]
- semi-consonnes ou semi-voyelles
 - ouverture intermédiaire entre fricatives et voyelle
 - généralement, mouvement de la langue ou des lèvres
 - [ɥ, j, w] (huit, hier, oui)
- latérale
 - l'air ne passe pas au milieu de la bouche
 - [l]

Mode articulaire des consonnes 4

.

- vibrante
 - vibration de la pointe de la langue ou de la luette
 - le r “roulé” [r] ou “grasseyé” [R]

mode articulaire des consonnes - récapitulatif

.

nasale	m n ŋ
occlusive	p b t d k g
fricative	f v s z ʃ ʒ
latérale	l
vibrante	r

Lieu d'articulation des consonnes - 1

.

articulateur	dénomination
lèvres	labial
dents	dental
alvéoles	alvéolaire
palais dur	palatal
palais mou, voile du palais	vélaire
luette	uvulaire
pharynx	pharyngal
pointe de la langue	apical
dos de la langue	dorsal
bouche	buccal
nez	nasal

Lieu d'articulation des consonnes - 2

- bilabial
 - le deux lèvres sont en contact
 - [p b m]
- labio-dental
 - la lèvre inférieure s'appuie contre les incisives supérieures
 - [f v]
- dental
 - pointe de la langue contre les incisives supérieures ou entre les incisives supérieures et inférieures
 - *thing* [θ]

Lieu d'articulation des consonnes - 3

- alvéolaire
 - pointe de la langue contre les alvéoles
 - [l t d n]
- post-alvéolaire
 - resserrement entre l'avant de la langue et les alvéoles
 - la pointe de la langue peut se trouver derrière les incisives inférieures ou derrière les alvéoles
 - [ʃ ʒ]
- palatal
 - la région coronaire se rapproche du palais dur
 - [j ɲ]

Lieu d'articulation des consonnes - 4

- vélaire
 - le dos de la langue s'appuie sur le voile du palais
 - [k g ŋ]
- uvulaire
 - le dos de la langue est rapproché de la luette ce qui peut provoquer une constriction ou une vibration de la luette
 - [ʁ R]

Lieu d'articulation des consonnes - 5

- pharyngal
 - rapprochement de la racine de la langue de la paroi pharyngale
 - pas d'exemple en français
- glottal
 - le son est formé au niveau de la glotte
 - [ʔ] relâchement brusque des cordes vocales tendues (coup de glotte)
 - Exemple : accent d'insistance à l'initiale du mot *exorbitant*

articulation des consonnes - récapitulatif

articulateur	lèvres		langue							
	bi-labial	labio-dent	dental	alvéolaire	post-alv	palatal		vélaire	uvulaire	glottal
supérieur										
inférieur			apico-	apico-	coronnaire	coronnaire		dorso-	dorso-	
nasale	m	ɱ		n		ɲ		ŋ		
occlusive	p b			t d		c		k g		ʔ
fricative	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ç ʝ		x ɣ	χ ʁ	h ħ
latérale				l						
vibrante				r					ʀ ʁ	

Terminologie auditive

.

liquide	latérales et vibrantes	[l r R]
sifflante	fricative alvéolaire	[s z]
chuintante	fricative alvéo-palatale	[ʃ ʒ]
obstruante	occlusive et fricatives	
affriquée	un son qui commence comme une occlusive et se termine comme une fricative	[tʃ dʒ]

Limites de la description

.

- il s'agit d'une simplification assez grossière de la réalité physiologique
- Les propriétés articulatoires valent pour des sons articulés avec netteté, prononcés isolément et prolongés.
- A un débit plus élevé, les **cibles** articulatoires ne sont pas toujours atteintes ; le mouvement articulatoire est amorcé, mais abandonné avant d'être complété, pour passer aux cibles du son suivant

Prononciation des voyelles

- forme des lèvres
 - comparer [i] et [y]
- position de la langue
 - comparer [y] et [u]
- ouverture de la bouche
 - comparer [i], [e], [ɛ] et [a]
- nasalité
 - comparer [o] et [õ]

Prononciation des voyelles

- **aperture**
 - distance minimale entre le palais et la langue
 - on distingue les voyelles :
 - fermées [i, y, u]
 - mi-fermées [e, ø, o] (*fée, feu, faux*)
 - mi-ouvertes [ɛ, œ, ɔ] (*sel, seul, sol*)
 - ouvertes [a, ɑ]
- **lieu articulaire**
 - endroit du rapprochement maximal entre la langue et le palais
 - on distingue les voyelles :
 - antérieures [i, y, e, ø, ɛ, œ, a]
 - centrales [ə]
 - postérieures [u, o, ɔ, ɑ]

Prononciation des voyelles

- arrondissement

- on distingue les voyelles :
 - arrondies [y, u, ø, o, œ, ɔ, ə]
 - non arrondies [i, e, ε, a, ɑ]

- nasalité

- l'abaissement partiel du velum laisse entrer l'air à la fois dans les fosses nasales et dans la bouche
- on distingue les voyelles :
 - orales
 - nasales [ẽ, ã, õ, œ̃]

Articulation des voyelles - récapitulatif

.

	antérieures		centrales		postérieures	
	non-arr	arr	non-arr	arr	non-arr	arr
fermées	i	y				u
mi-fermées	e	ø	ə			o
mi-ouvertes	ɛ	œ				ɔ
ouvertes	a				ɑ	

Limites de l'analyse

.

- Il existe un continuum entre les différentes valeurs de chaque dimension
- Les propriétés articulatoires valent pour des réalisations prototypiques des voyelles (isolées et allongées)

Phonétique acoustique

.

- Etude de la parole en tant que phénomène physique.
- L'analyse acoustique peut être réalisée de manière objective.
- Elle est indépendante du rôle du signal dans la communication parlée.
- Elle est indépendante de la perception.

Le son

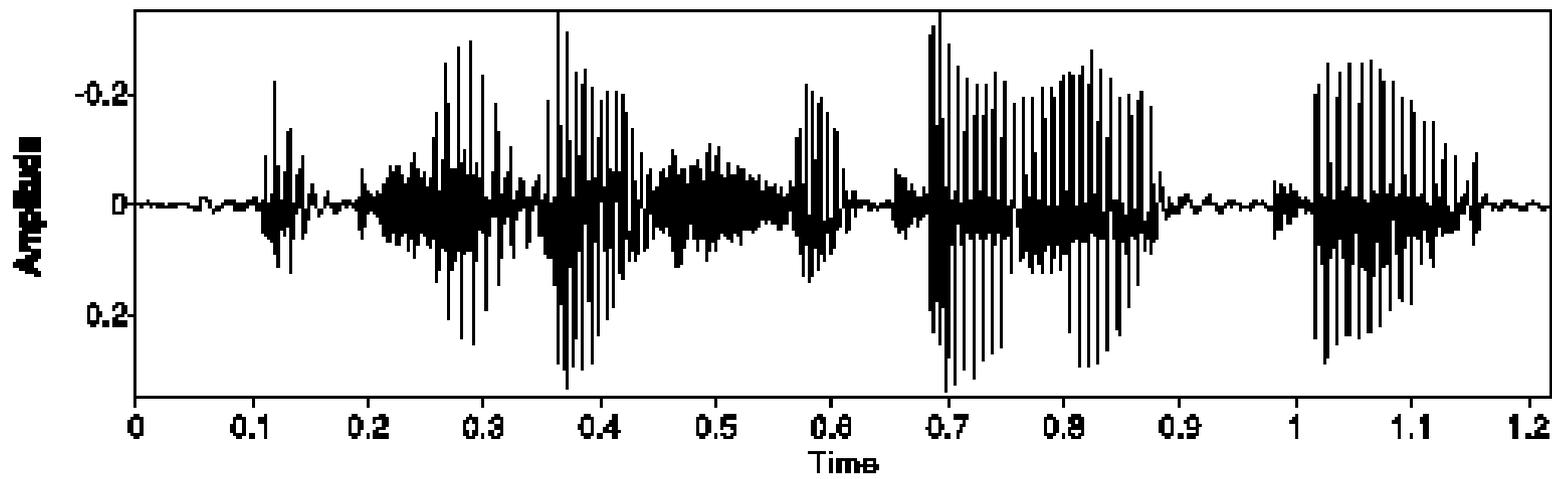
.

- Le son consiste en **ondes** (variation de pression de l'air) qui se propagent dans l'air à une vitesse d'environ $340m/s$.
- Une onde est créée à son tour par une **vibration** qui peut être :
 - périodique ou non périodique
 - simple ou composée

Visualisation sous la forme d'un oscillogramme

.

Evolution de la pression acoustique en fonction du temps

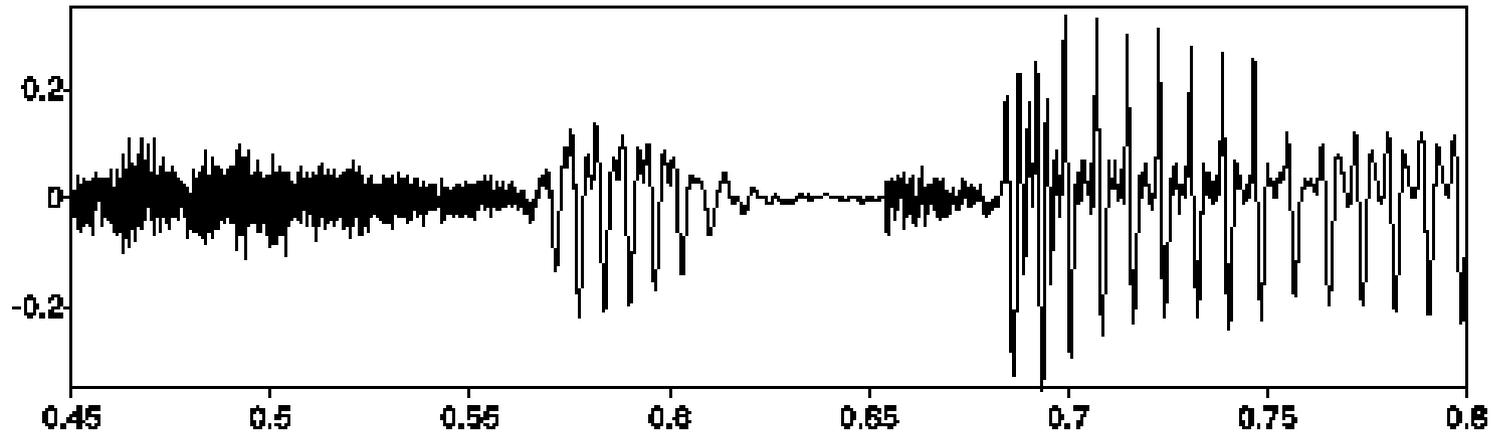


et puis voici qu'un matin

Source : Piet Mertens

Visualisation sous la forme d'un oscillogramme

.



et puis voici qu'un matin

Source : Piet Mertens

Vibration périodique simple

- Le mouvement du pendule
- Le temps nécessaire au pendule pour revenir à sa position de départ (un aller-retour) est appelée la **période** du mouvement.
- Le nombre d'aller-retours effectués en 1 seconde est appelé la **fréquence** du mouvement. Elle est exprimée en Hertz.
- La distance entre le point de repos et le point extrême est appelée l'**amplitude** du mouvement.
- L'évolution d'une vibration périodique simple dans le temps peut être décrite par une courbe sinusoïdale.

Hauteur et intensité

- La même fréquence de vibration donne toujours lieu au même **ton**. Plus la fréquence est élevée, plus le ton est haut ou aigu.
- L'oreille perçoit les vibrations sonores selon une échelle logarithmique : la différence de perception de deux sons de 100 et 200 Hz est la même qu'entre un son de 200 et 400 Hz. Dans les deux cas, il s'agit d'une **octave**.
- L'intensité du son est principalement dû à l'amplitude de la vibration (différence de pression). Mais elle dépend aussi de la fréquence.
- Plus la fréquence augmente, plus l'intensité devient grande.

Intensité objective et subjective

- L'intensité acoustique est une grandeur physique que l'on peut mesurer directement.
- La sensation d'intensité (appelée **niveau sonore**) est une grandeur subjective qui indique dans quelle mesure tel son est perçu plus fort que tel autre.
- Le **seuil d'audibilité** correspond à la pression acoustique du son le plus faible que l'on puisse percevoir.
- Le **seuil de douleur** correspond à la pression acoustique minimale donnant lieu à une sensation de douleur.

Intensité objective et subjective

- Le niveau sonore (L) est lié à la pression acoustique (p) par la relation suivante :

$$L = 20 \times \log_{10}\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

avec p_0 : pression acoustique du seuil d'audibilité

- Le niveau sonore est exprimé en décibels
 - niveau sonore de la pression du seuil d'audibilité : $0dB$
 - niveau sonore de la pression de douleur : $120dB$

Intensité subjective

.

niveau sonore (dB)	bruit
140	moteur d'avion à réaction au décollage
120	seuil de douleur
100	métro, usine bruyante
90	marteau piqueur
80	circulation dense
65	conversation courante à 1 m
35	chambre à coucher tranquille
20	voix chuchotée à 1 m
0	seuil d'audibilité

Timbre

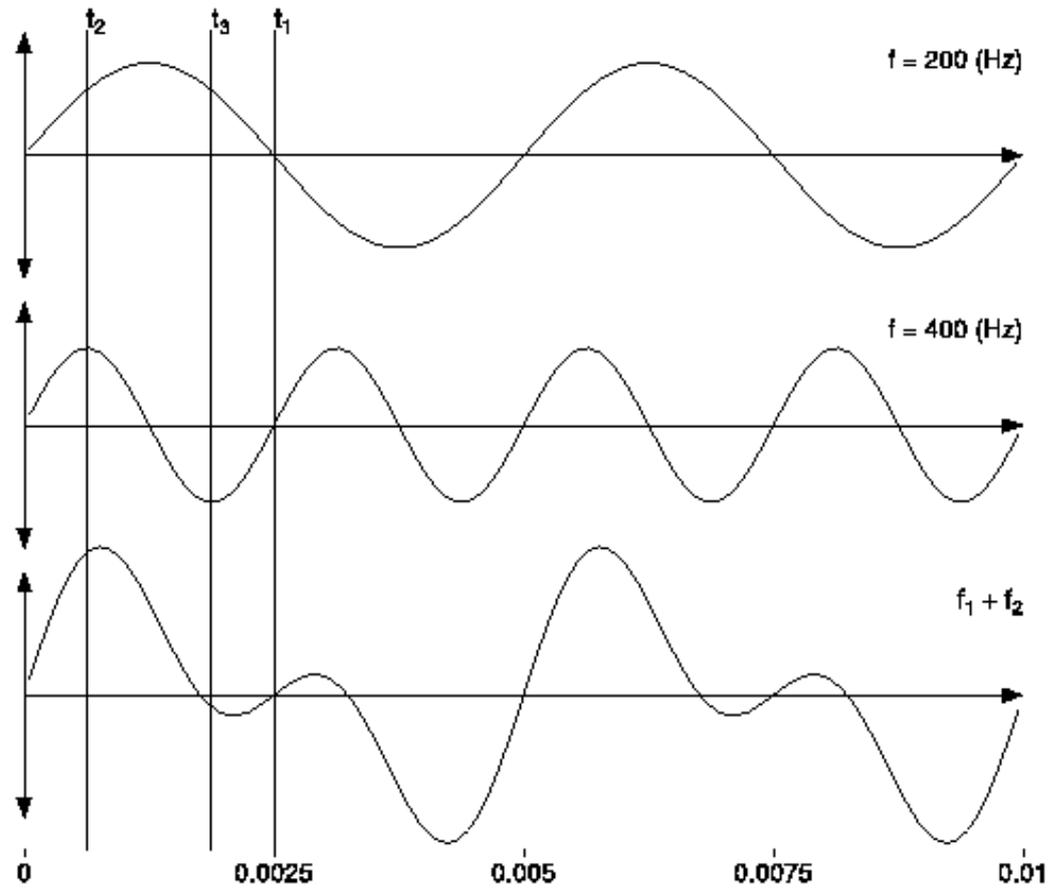
.

- La courbe correspondant à une voyelle ou un son produit par un instrument de musique ne se présente pas comme une sinusoïde simple. Elle est plus complexe, plus irrégulière.
- Malgré cette forme plus complexe, on y retrouve des cycles de vibration.
- On peut en déterminer la fréquence et l'amplitude.
- Ces deux grandeurs ne sont plus suffisantes pour distinguer de tels sons.
- Ce qui permet de différencier ces sons c'est le nombre et la nature des **harmoniques** qui le composent.
- Ces facteurs déterminent le **timbre** d'un son.

Le théorème de Fourier - 1

- Le physicien Joseph Fourier (1768-1830) a démontré que tout signal périodique comporte un certain nombre de composantes superposées les unes aux autres.
- Selon le théorème de Fourier, tout signal périodique complexe peut être décomposé en une somme de composantes sinusoïdales appelées **harmoniques**.
- Chaque harmonique a sa propre fréquence amplitude et phase.
- Cependant, les fréquences d'une harmonique sont des multiples d'une fréquence de base, la **fréquence fondamentale**, notée F_0 .

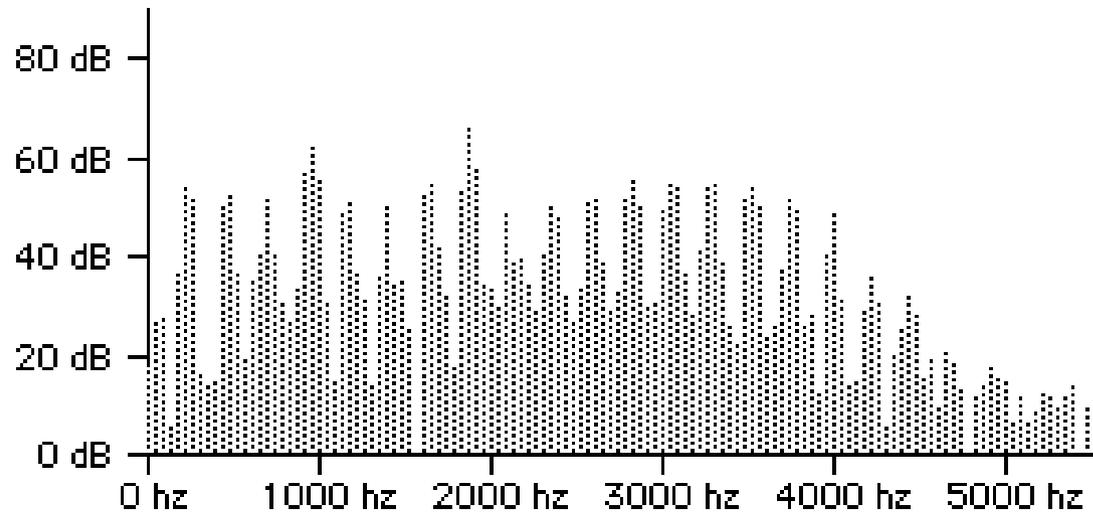
Le théorème de Fourier - 2



Représentation spectrales

.

Représentation des composantes fréquentielles d'un son .



La voyelle [a]

Filtres

- Il est possible de renforcer, à l'aide de la résonance, n'importe quelle fréquence contenue dans un son complexe et, par conséquent, d'en modifier le timbre.
- Un mécanisme construit de manière à renforcer certaines fréquences d'un son complexe est appelé, en acoustique, un **filtre**.
- Les cavités nasales et buccales forment des filtres acoustiques dont nous pouvons modifier les caractéristiques à l'aide des différents articulateurs (machoire inférieure, lèvres, langue et voile du palais).
- C'est ainsi que sont formées les voyelles.

Résonance

- Toute vibration tend à mettre en mouvement les corps qui se trouvent sur le passage de l'onde sonore.
- Si la fréquence propre du corps en question est la même que celle de la vibration, celui-ci se met à vibrer aussi.
- Ce phénomène est appelé **résonance**.
- Tout corps vibrant qui renforce ainsi un son déjà existant est appelé **résonateur**.
- Plus la différence est grande entre la fréquence propre d'un résonateur et la vibration en question, moins l'effet résonateur est important.

Fréquence propre

.

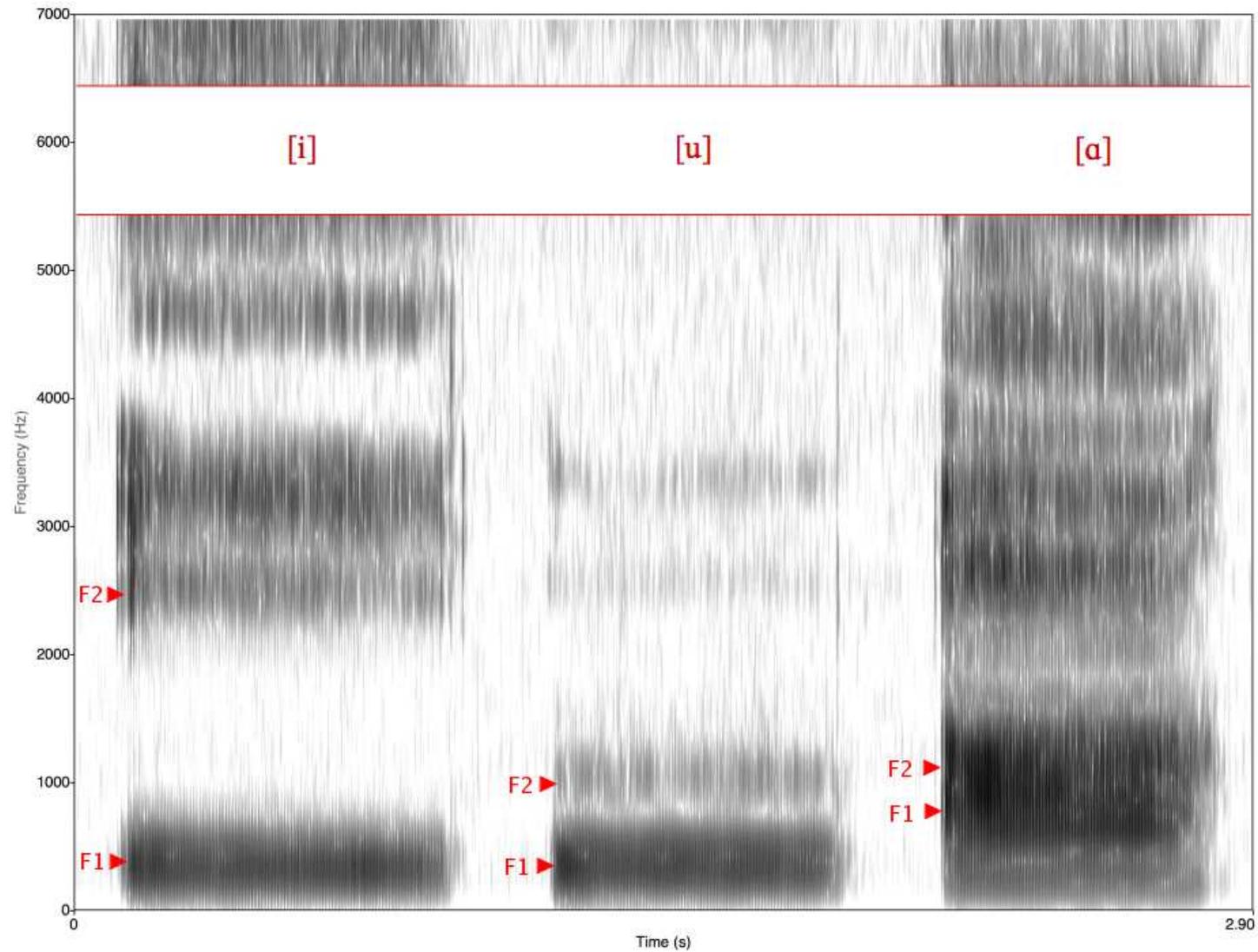
- Exemple du pendule
- Lorsqu'on éloigne le pendule de sa position de repos pour atteindre une position p_0 et qu'on le lâche, il va se mettre à osciller à une fréquence qui est indépendante de p_0 .
- cette fréquence est appelée **fréquence propre** du pendule, elle ne dépend que de ses caractéristiques physiques.
- Tout corps possède une fréquence propre

Formants

.

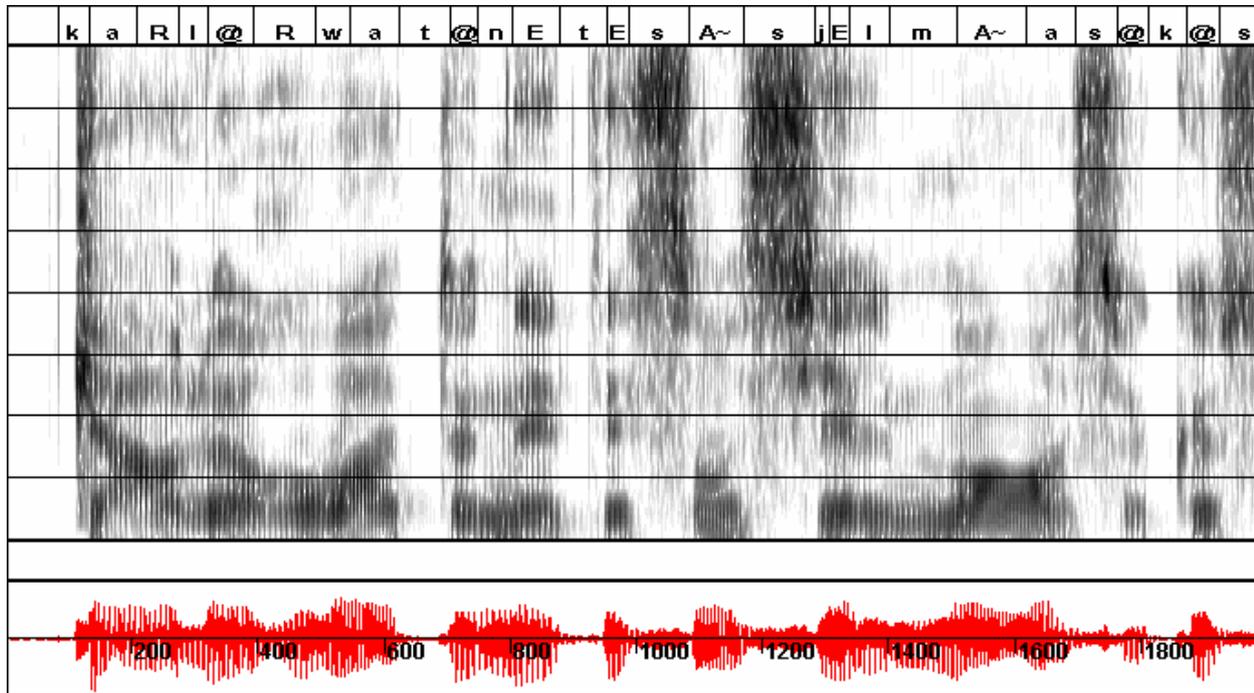
- Les fréquences renforcées qui caractérisent le timbre d'un son appelées les **formants**.
- Une voyelle comporte deux à quatre formants majeurs, chacun ayant son intensité propre.

Visualisation des formants à l'aide d'un spectrogramme



Visualisation à l'aide d'un spectrogramme

Evolution de la structure fréquentielle du signal dans le temps.

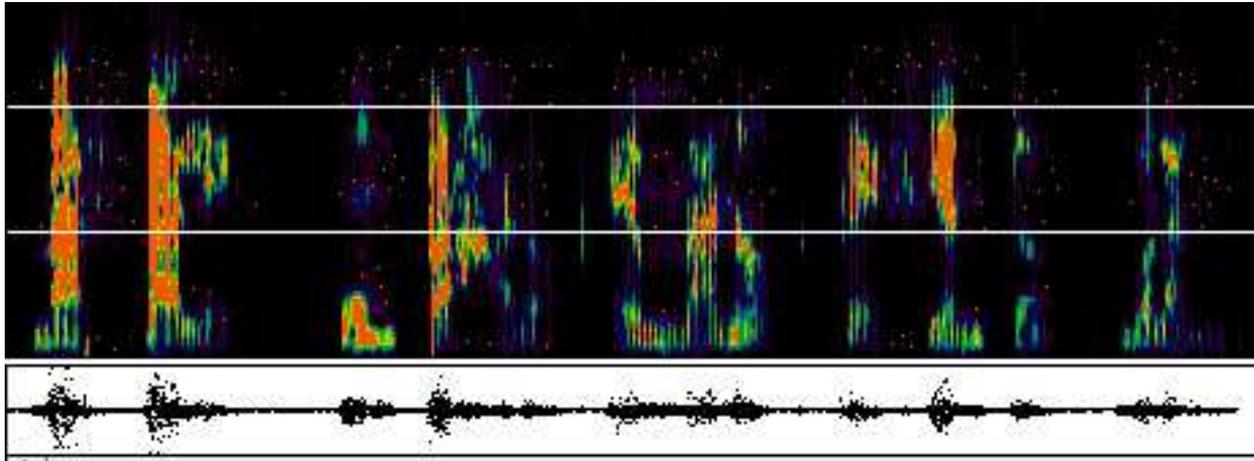


car le roi tenait essentiellement à ce que son ...

Sources : Piet Mertens

Visualisation à l'aide d'un spectrogramme

Evolution de la structure fréquentielle du signal dans le temps.



Más vale pájaro en mano que ciento volando

Transitions formantiques

.

- La position des formants n'est pas constante lors de production d'un même son.
- Il s'agit du passage progressif du passage de la cible articulatoire du premier son vers celle du son suivant.
- Un énoncé n'est donc pas la concaténation de sons isolés.

Classement acoustique des voyelles

- compact : les deux formants principaux se trouvent au milieu du spectre ([a])
- diffus : les deux formants principaux se trouvent aux deux extrémités ([i])
- aigu : les formants sont dans le domaine des fréquences élevées ([i]).
- grave : les formants sont dans le domaine des fréquences basses ([u]).

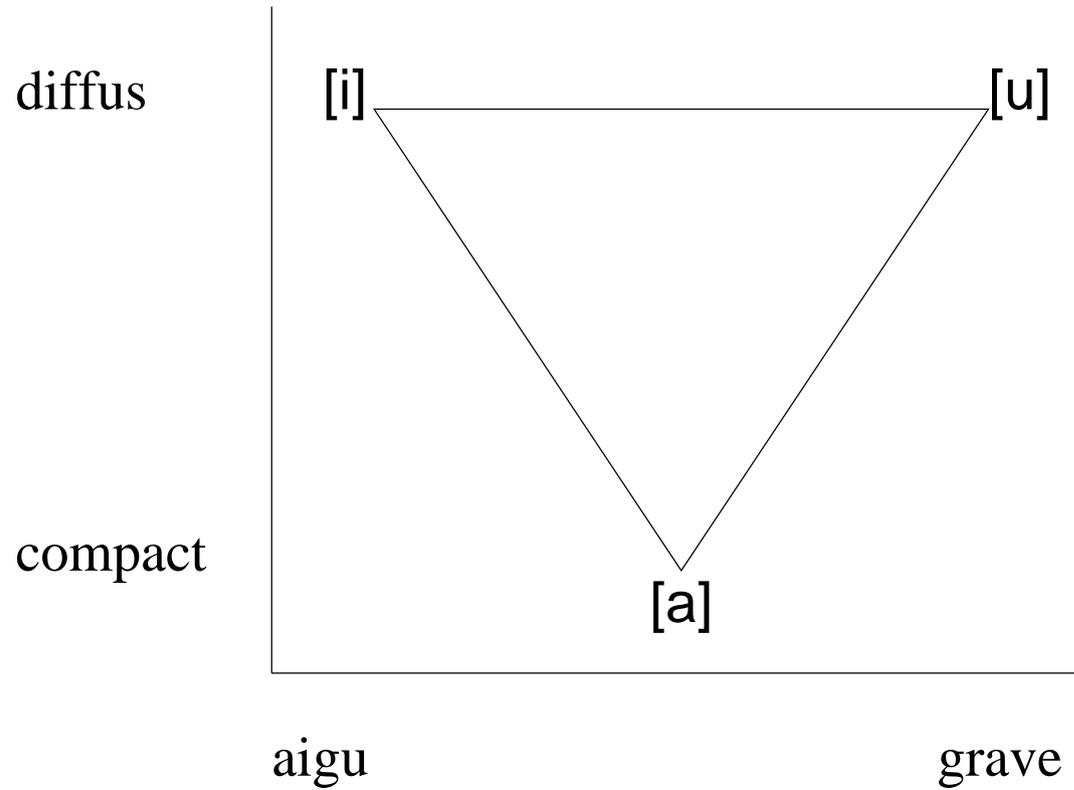
Valeurs des deux premiers formants pour quelques voyelles

.

Son	Formant f1	Formant f2
[u]	320 Hz	800 Hz
[o]	500 Hz	1000 Hz
[ɑ]	700 Hz	1150 Hz
[a]	1000 Hz	1400 Hz
[ø]	500 Hz	1500 Hz
[y]	320 Hz	1650 Hz
[ɛ]	700 Hz	1800 Hz
[e]	500 Hz	2300 Hz
[i]	320 Hz	3200 Hz

Le triangle vocalique

.



Sources

.

- Piet Mertens *Phonétique Française* Katholieke Universiteit Leuven
- Bertil Malmberg *La Phonétique* Que sais-je ? no 637 Presses universitaires de France
- Adrian Akmajian *Linguistics An Introduction to Language and Communication* MIT Press