

Psychoacoustique

- I. Rappels d'acoustique
- II. Méthodes psychophysiques
- III. Anatomie et fonctionnement du système auditif
- IV. Caractéristiques élémentaires
- V. Attributs perceptifs
- VI. Organisation auditive
- VII. Localisation

V. Attributs perceptifs

- V.1 Sonie
- V.2 Hauteur
- V.3 Rugosité
- V.4 Timbre

V.1 Sonie

- Dimension perceptive
- Impliquée dans les questions de qualité
- Liée à la pression acoustique, mais pas uniquement...

V.1 Sonie

- V.1.a Pression: échelle des sones
- V.1.b Fréquence: échelle des phones
- V.1.c Durée
- V.1.d Composition spectrale
- V.1.e Mécanismes physiologiques
- V.1.f Modèles
- V.1.g Compression/Recrutement

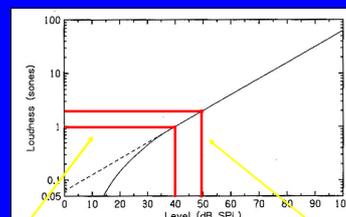
V.1.a Sonie et pression

But: établir une loi entre intensité perçue et pression, tout autre paramètre maintenu constant

Méthode: production de rapports

Echelle des "sones"

V.1.a Sonie et pression



1 sone = 40 dB@1kHz

sones*2 = +10dB

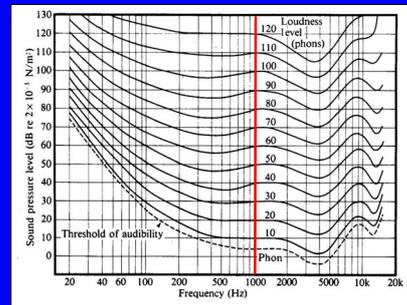
V.1.b Sonie et fréquence

But: caractériser la variation de sonie avec la fréquence

Méthode: appariement avec son de référence à 1kHz

Echelle des "phones"

V.1.b Sonie et fréquence



V.1.b Sonie et fréquence



•Application 1: Bouton « loudness »

V.1.b Sonie et fréquence

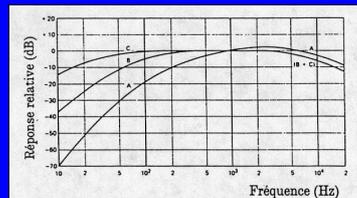
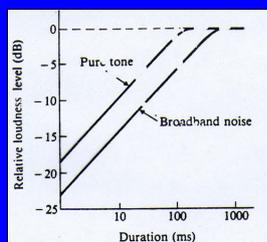


Fig. 1-2 Courbes des pondérations A, B et C utilisées dans les sonomètres. Ces courbes indiquent les valeurs d'atténuation appliquées au niveau de pression acoustique mesuré en fonction de la fréquence: par exemple, pour la pondération A, le niveau d'une composante dont la fréquence est 100 Hz est atténué de 18 dB. (D'après BRUEL et KJÆR, 1979)

•Application 2: dB A, B, C

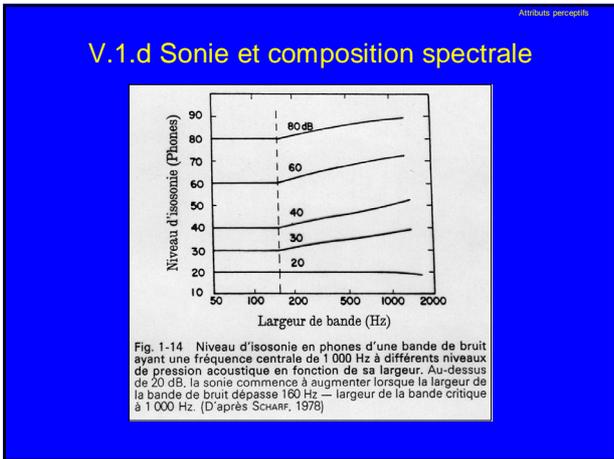
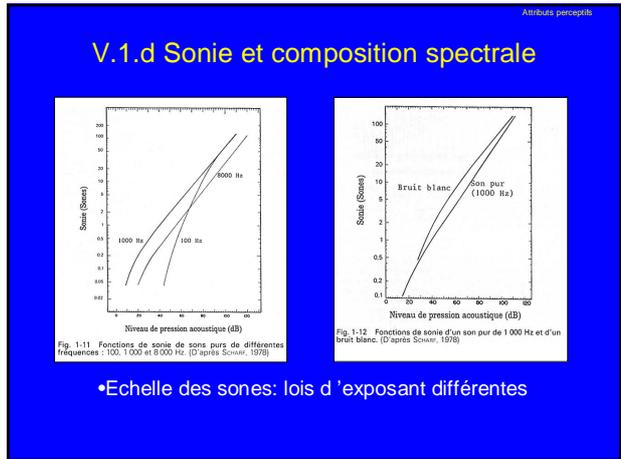
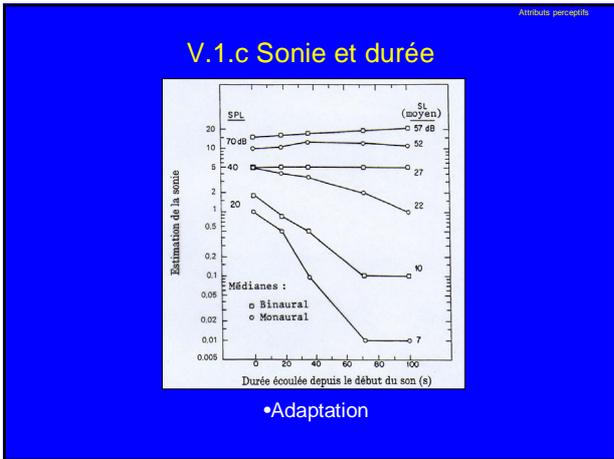
V.1.c Sonie et durée



•Intégration

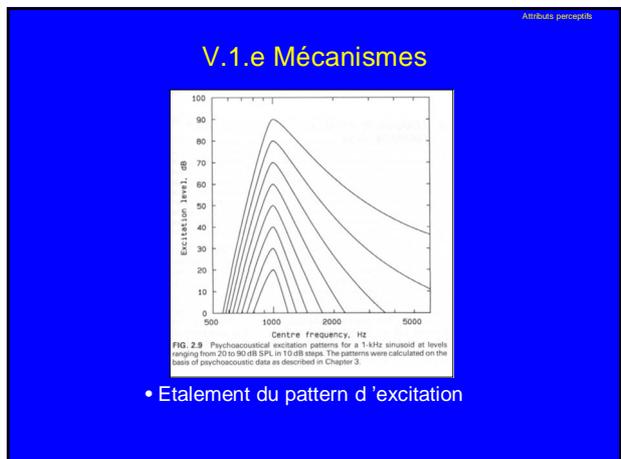
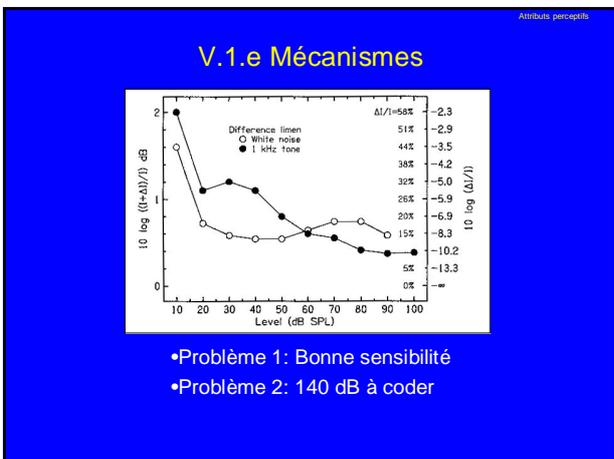
V.1.c Sonie et durée

Demo [ASA21]: bruits blancs de durées 1000, 300, 100, 30, 10, 3 et 1ms avec niveaux décroissants (en présence de bruit masquant)

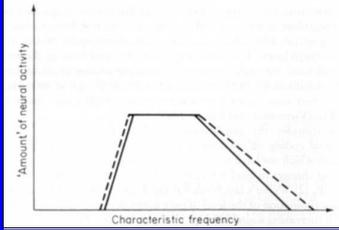


V.1.d Sonie et composition spectrale

Demo [ASA 7]: Bande de bruit centrée à 1kHz, largeur 150Hz.
La largeur de bande est augmentée tout en maintenant une énergie constante.



V.1.e Mécanismes



- Pourrait rester efficace après saturation (30dB)

V.1.e Mécanismes

- Neurones a seuils élevés
- Etagement des seuils
- Dynamique d'établissement de réponse
- Synchronie

V.1.f Modèles

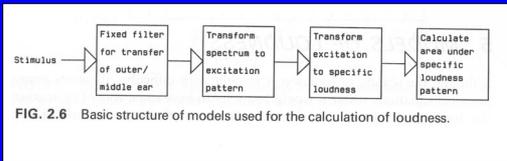
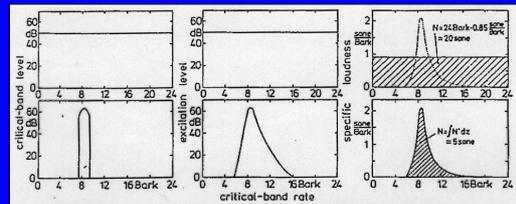
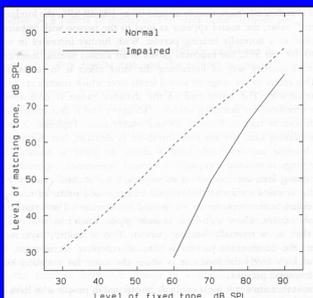


FIG. 2.6 Basic structure of models used for the calculation of loudness.

V.1.f Modèles

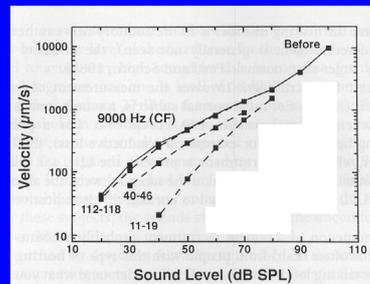


IV.1.g Recrutement/Compression



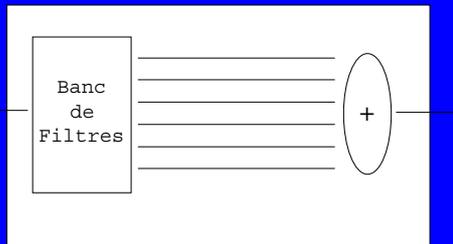
- Perte auditive:
 - >Seuils élevés
 - >Recrutement de sonie

IV.1.g Recrutement/Compression

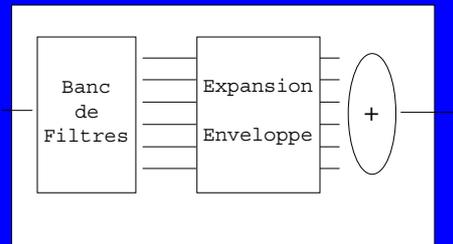


- Sources de la compression : mécanisme actif

V.1.g Recrutement/Compression



V.1.g Recrutement/Compression



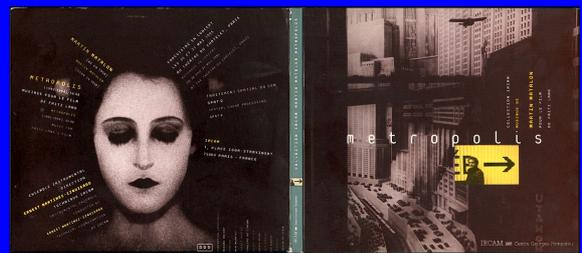
V.1.g Recrutement: simulation

- Modélisation computationnelle envisageable
- Inversion en temps réel des effets des pertes
- Simulations audio

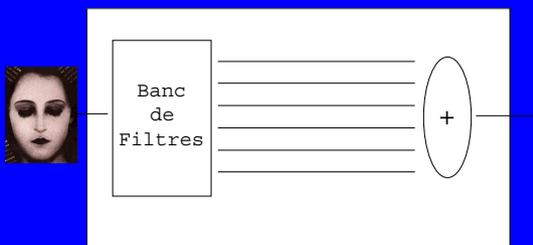
Original	Pertes	Recrutement
		stop

[Pressnitzer et Meddis (2003) Congrès Français d'Audiologie.]

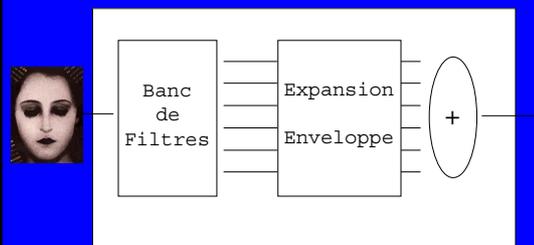
V.1.g Recrutement: simulation



V.1.g Recrutement: simulation



V.1.g Recrutement: simulation



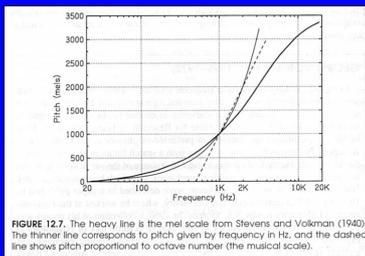
V.2 Hauteur

- V.2.a Sons purs
- V.2.b Tonie et chroma
- V.2.c Sons complexes
- V.2.d Modèles spectraux et temporels

V.2 Hauteur

- Une autre dimension perceptive
- Perception de la parole, musique, sons entretenus
- Liée à la fréquence, mais pas uniquement...

V.2.a Sons purs

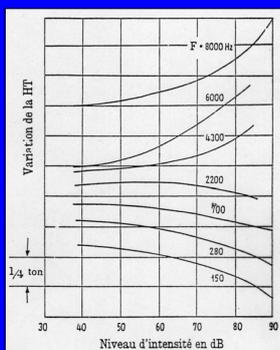


- Production de rapports: échelle des mels

V.2.a Sons purs

- Hypothèse: existence de deux dimension à la hauteur perçue, "Tonie" et "Chroma"
- La tonie serait liée au pattern d'excitation
- Le chroma serait lié aux caractéristiques temporelles

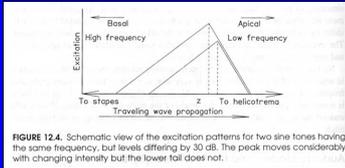
V.2.b Tonie : interaction avec la pression



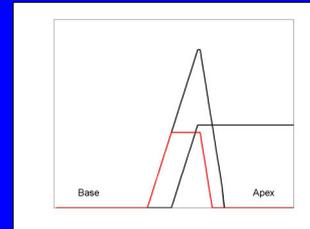
V.2.b Tonie : interaction avec la pression

Demo [ASA 27]: sons purs à 200, 500, 1000, 3000 et 4000Hz
Présentés à deux intensités

V.2.b Tonie: interaction avec la pression



V.2.b Tonie: interaction avec masqueur



•Hauteur affectée par un masqueur simultané

V.2.b Tonie: interaction avec masqueur

Demo [ASA 30]: un son de 1kHz est présenté seul puis partiellement masqué par un bruit passe-bas à 900Hz

V.2.b Chroma: octave

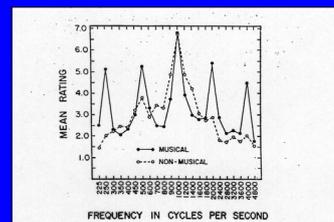


Figure 4. Jugements de similarité entre un son pur étalon de 1000 Hz et un son pur de fréquence variée. En disques noirs : notes moyennes de similarité données au son pur de fréquence variée par un groupe de sujets musicaux ; en disques blancs : notes moyennes données par un groupe de sujets non-musicaux. Reproduit de Allen (1967).

V.2.b Tonie et Chroma: octave

Demo: ajustement d'octave

	1190	1200	1210	1220
600Hz				
4000Hz				
	8000	7800	7500	7200

NB: 5000Hz est la limite supérieure d'accrochage à la phase

V.2.b Tonie et chroma: seuils

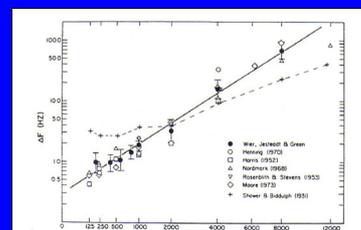


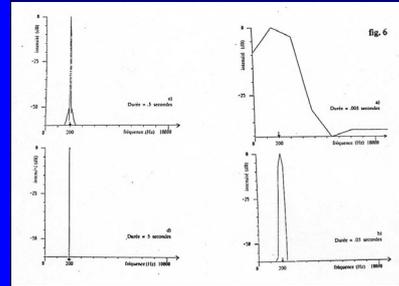
FIG. 5.1 Summary of the results of several studies measuring frequency discrimination thresholds. The thresholds, dF , are plotted in Hz as a function of frequency. All of the studies measured DLFs except that of Shower and Biddulph they measured FMDLs. From Wier *et al.* (1977), by permission of the authors and *J. Acoust. Soc. Am.*

•Seuils de l'ordre de 0.2%

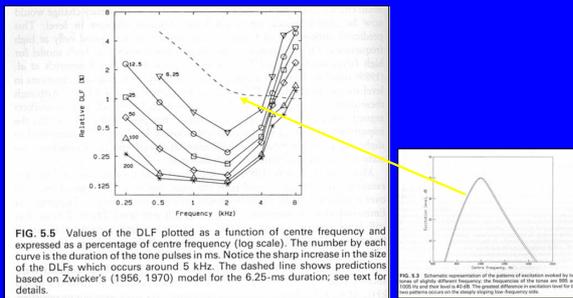
V.2.b Tonie et chroma: seuils

Demo [ASA 33]: Un son pur à $f=1\text{kHz}$ est comparé avec des sons purs à $f=1\text{kHz}+Df$.
Quatre paires sont présentées pour chaque valeur de Df .
 Df est successivement 10, 9, 8, ..., 1Hz

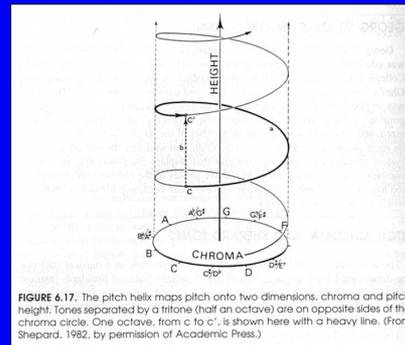
V.2.b Seuils et durée



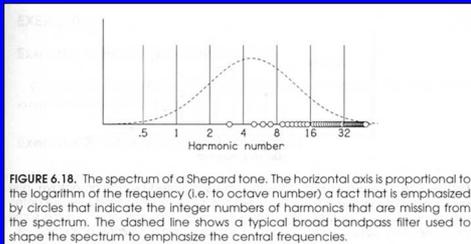
V.2.b Seuils et durée



V.2.b Tonie et Chroma



V.2.b Tonie et Chroma



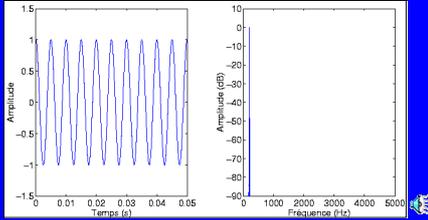
[ASA 52]

V.2.c Sons complexes

- Un grand nombre de sons différents peuvent produire la "même" hauteur
- Distinction entre hauteur et timbre
- Mesure: appariement avec des sons purs

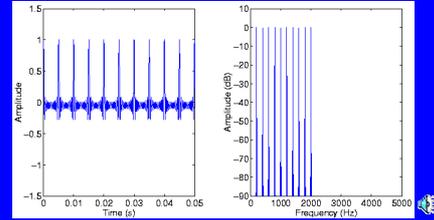
V.2.c Sons complexes

Son pur



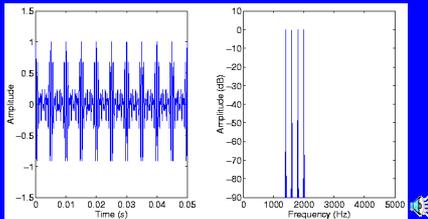
V.2.c Sons complexes

Son harmonique



V.2.c Sons complexes

Fondamentale absente



V.2.c Sons complexes

Sons inharmoniques

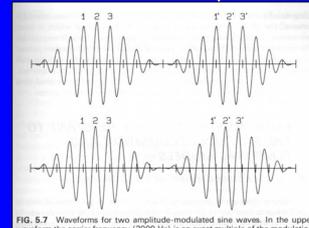


FIG. 5.7 Waveforms for two amplitude-modulated sine waves. In the upper waveform the carrier frequency (2000 Hz) is an exact multiple of the modulation frequency (200 Hz). Thus the time intervals between corresponding peaks in the fine structure, 1-1', 2-2', 3-3', are 5 ms, the period of the modulation frequency. In the lower waveform the carrier frequency is shifted slightly upwards, to 2030 Hz. Thus, 10 complete cycles of the carrier occur in slightly less than 5 ms, and the time intervals between corresponding points on the waveform, 1-1', 2-2', 3-3', are slightly shorter than 5 ms. The lower waveform has a slightly higher pitch than that of the upper.

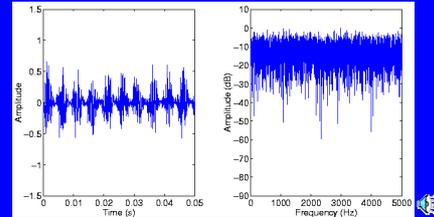
V.2.c Sons complexes

Demo: 'pitch shift' de sons inharmoniques

	Harm.	185	200	204	215Hz
AM $f_c=1800\text{Hz}$, $f_m=200\text{Hz}$					
AM $f_c=1840\text{Hz}$, $f_m=200\text{Hz}$					

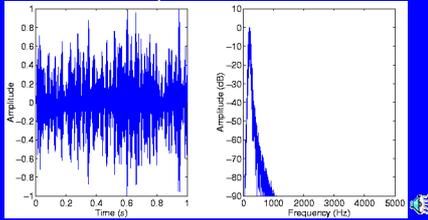
V.2.c Sons complexes

Bruit modulé



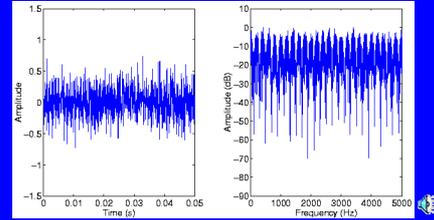
V.2.c Sons complexes

Bruit passe bande



V.2.c Sons complexes

Bruit itéré

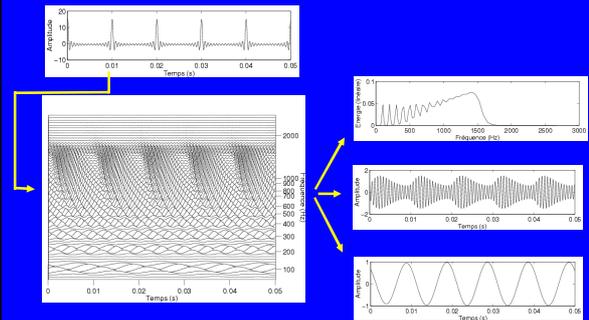


V.2.d Modèles

Modèles "historiques"

- Purement spectral: Helmholtz
Fondamentale absente = son de combinaison
Mais sons inharmoniques?
 - Purement temporels: Rutherford, Schouten
Région de dominance (partiels 3-5)?
- > modèles spectro-temporels

V.2.d Modèles



V.2.d Modèles spectraux

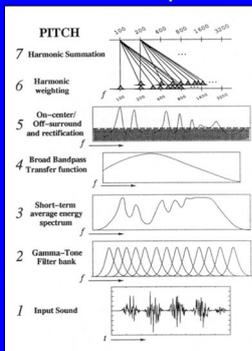
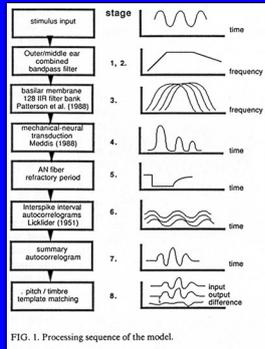


FIG. 1. Graphical representation of the SPINET model processing stages. (See Sec. I for equations.)

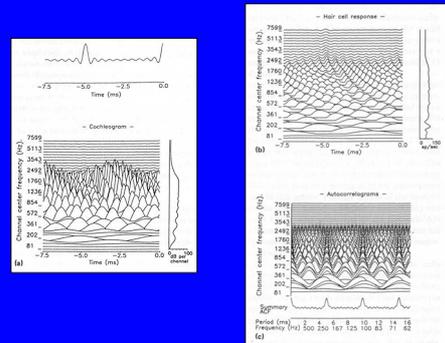
V.2.d Modèles spectraux

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| • Son pur: | OK |
| • Harmonique: | Pattern matching |
| • Fondamentale absente: | idem |
| • Inharmonique: | idem |
| • Bruit AM: | ? |
| • Bruit passe-bande: | OK |
| • Bruit itéré: | accentuation des contrastes |

V.2.d Modèles temporels



V.2.d Modèles temporels



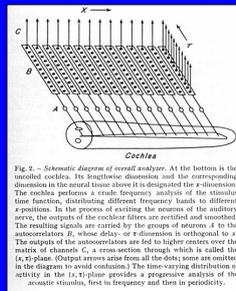
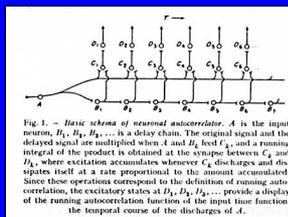
V.2.d Modèles temporels

- Son pur: OK
- Harmonique: Intervalle le plus fréquent
- Fondamentale absente: idem
- Inharmonique: idem
- Bruit AM: idem
- Bruit itéré: idem
- Bruit passe-bande: idem

J.C.R Licklider (1915-1990)



V.2.d Modèles temporels



V.2.d Modèles

Problème non résolu:

- Existence de deux mécanismes?
- Preuves directes de mécanismes physiologiques?

Psychoacoustique

- I. Rappels d'acoustique
- II. Méthodes psychophysiques
- III. Anatomie et fonctionnement du système auditif
- IV. Caractéristiques élémentaires
- V. Attributs perceptifs
- VI. Organisation auditive
- VII. Localisation

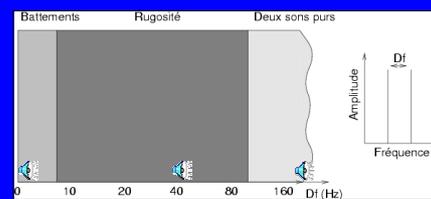
V. Attributs perceptifs

- V.1 Sonie
- V.2 Hauteur
- V.3 Rugosité
- V.4 Timbre

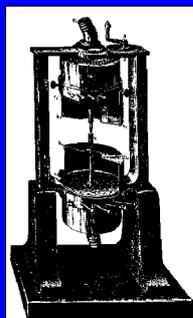
V.3 Rugosité

- V.3.a Définition
- V.3.b Approches spectrales et temporelles
- V.3.c Modèle
- V.3.d Consonance musicale

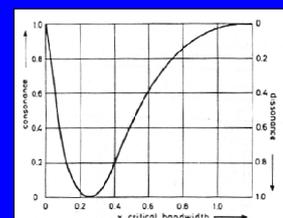
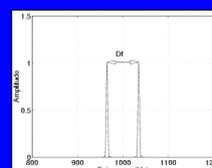
V.3.a Rugosité



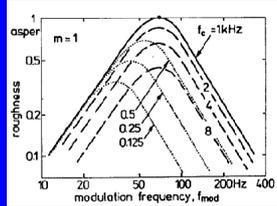
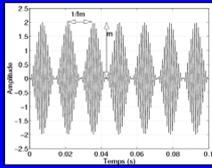
V.3.a Rugosité



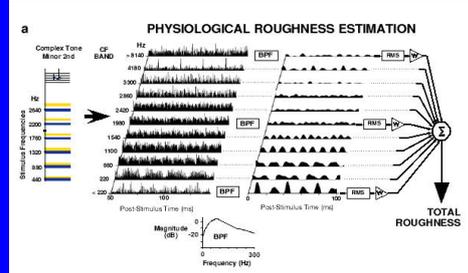
V.3.b Approche spectrale



V.3.b Approche temporelle

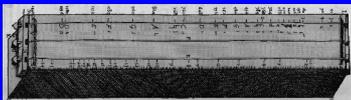


V.3.c Physiologie/modele



V.3.d Consonance musicale

L'énigme posée par Pythagore



- Parmi l'infinité d'intervalles possibles entre deux sons, certains sont 'consonants'

V.3.d Consonance musicale

L'énigme posée par Pythagore

Consonances	octave, quinte, quarte
Dissonances	autres intervalles

TAB. 4.1 – Les consonances pythagoriciennes, VIème siècle av. J.C.

- Les consonances sont des rapports simples (2/1, 3/2, 4/3)

V.3.d Consonance musicale

Harmonie tonale occidentale

Consonances parfaites	unisson, octave
médiannes	quinte, quarte
imparfaites	tierce majeure et mineure
Dissonances imparfaites	sixte majeure et septième mineure
médiannes	seconde majeure et sixte mineure
parfaites	seconde mineure, triton, septième majeure

TAB. 4.2 – La classification des consonances selon Jean de Garlande, ("De mensurabilis musica", env. 1250).

Consonances parfaites	unisson, octave, quinte
imparfaites	tierce majeure et mineure, sixte majeure et mineure
Dissonances	(quarte), seconde majeure et mineure, septième majeure et mineure, triton

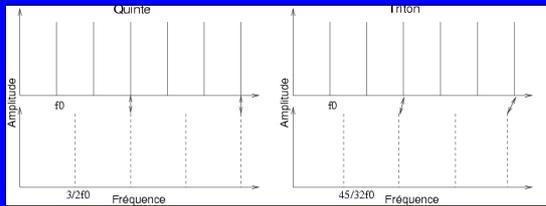
TAB. 4.3 – La classification des consonances selon Jean de Murs ("Ars Contrapuncti") ou Philippe de Vitry ("Ars contrapunctus"), fin du XIVème siècle. D'après Tenney (1988).

V.3.d Consonance musicale

Une énigme qui traverse les époques

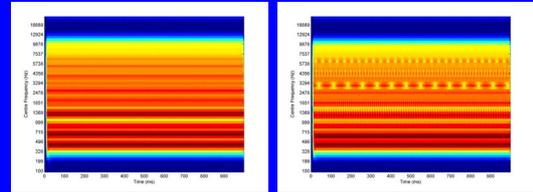
- La première expérience scientifique connue
- Théories de Kepler, Galileo Galilei, Newton, Leibniz, Euler, Rameau...
- Approche perceptive de Helmholtz

V.3.d Consonance musicale

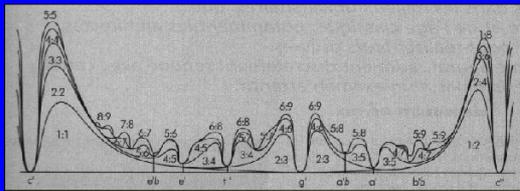


V.3.d Consonance musicale

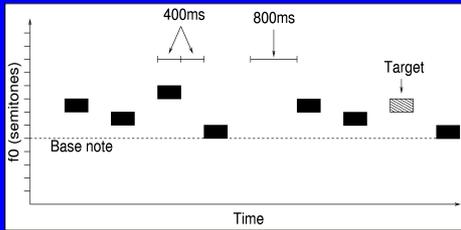
Intervalles musicaux



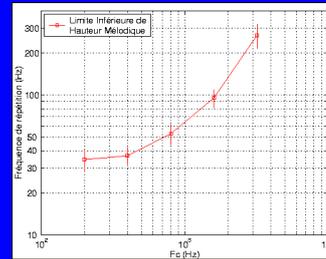
V.3.d Consonance musicale



V.3.e Limite inférieure de hauteur mélodique



V.3.e Limite inférieure de hauteur mélodique: résultats



V.3.e Limite inférieure de hauteur mélodique: modèle

