

# Le son

---

## Plan de l'exposé

*Présentation des diverses réalités du son*

B- Phénoménologie du son / Les approches multiples et embrouillées.....	4
C- La capture du son .....	31
D- Les supports du son / Critères de qualité du son.....	35
E- Brèves notions d'audition et de psychoacoustique .....	25
F- La reproduction du son.....	41
G- La voix humaine, les enjeux de la robotique.....	46
H- Notions de design sonore / Relations son-image.....	48
I- Petite bibliographie.....	49

## Bertrand MERLIER / Petite bio & activités

- Maître de conférence en informatique musicale
- HDR (Habilitation à Diriger des Recherches) en 2011
- Coordonne et dispense les enseignements liés à la création musicale par informatique, la musique électroacoustique (histoire et esthétique), le multimédia, les techniques de studio... au département Musique & Musicologie / Faculté LESLA
- Fondateur du Master professionnel MAAAV (Musiques Appliquées aux Arts Visuels) en 2007 (<http://www.maaav.fr>)
- Co-fondateur du GETEME (Groupe d'ÉTudes sur l'Espace en Musiques Électroacoustiques) en 2004
- Compositeur

<http://perso.univ-lyon2.fr/~merlier/> et <http://tc2.free.fr/merlier/> et <http://labyrinthus.zz.mu/>    [bertrand.merlier@univ-lyon2.fr](mailto:bertrand.merlier@univ-lyon2.fr)

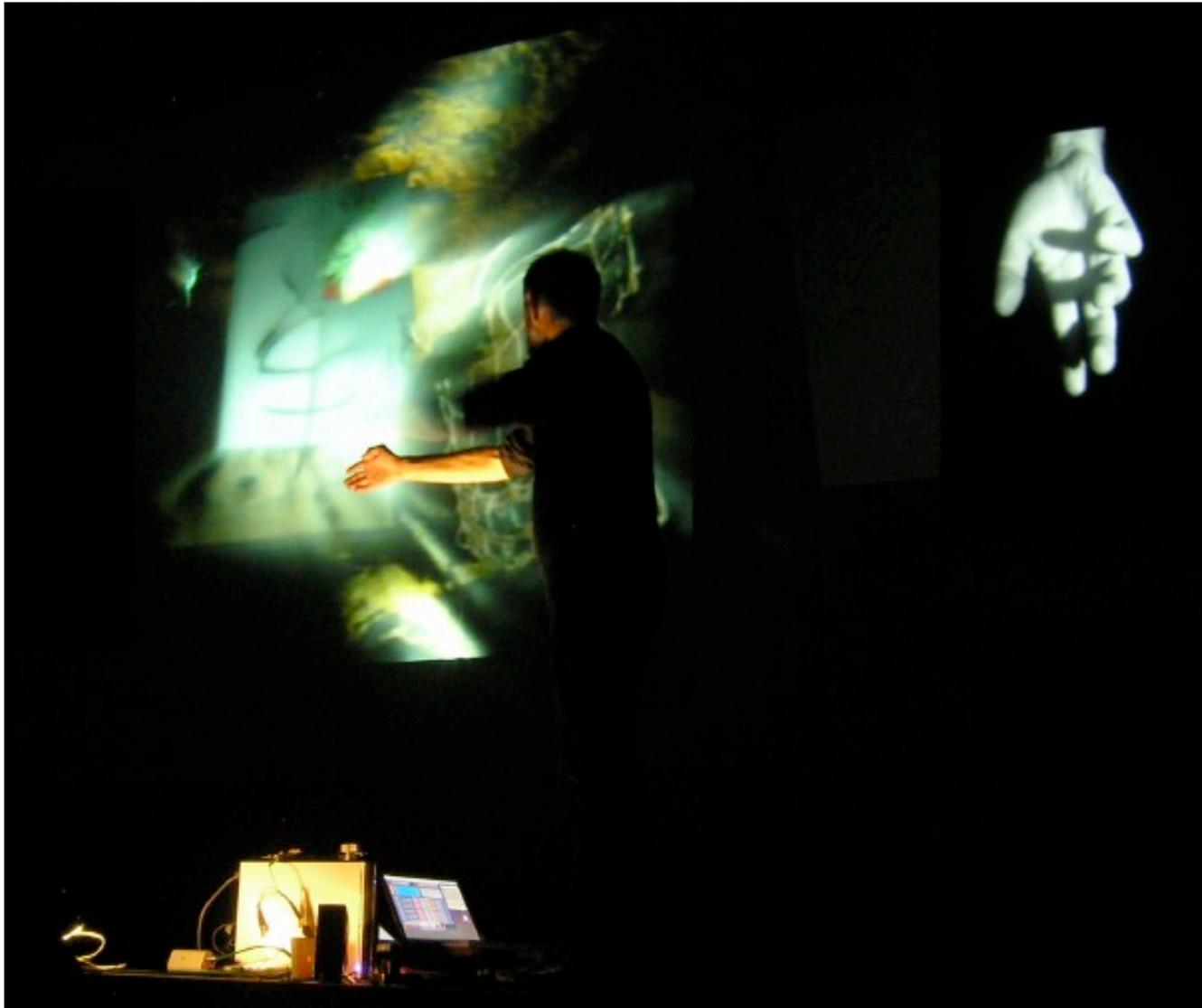
### 1) Thèmes de recherche : Musique & Machines



**Comment les machines s'insèrent-elles dans le domaine musical ?  
Pourquoi ?**

- **spatialisation de la musique électroacoustique.**  
En 2006, il a publié le *Vocabulaire de l'espace en musiques électroacoustiques* aux éditions Delatour France
- **interfaces gestuelles en musique électroacoustique**  
comment produire de la musique avec des machines ?
- **Relations son-image ; relations musique-émotions**

2) Les instruments virtuels : 2002 : 4 Hands, 2013 : Labyrinthus



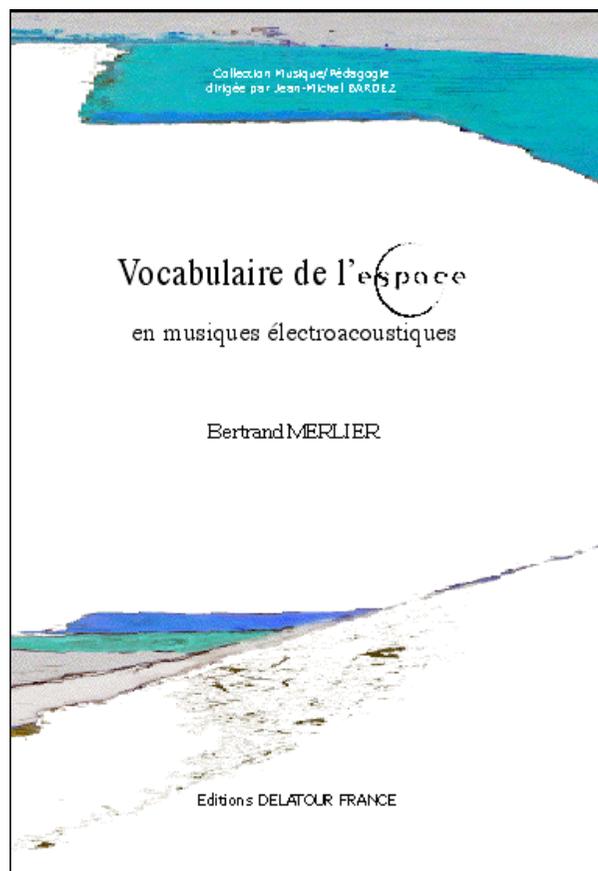
*virtuosité,  
reproductibilité,  
fiabilité,  
précision,  
stabilité géographique  
ou temporelle,  
pérennité...*

*sont des concepts impératifs  
pour passer  
du statut  
de machine  
au statut d'instrument.*

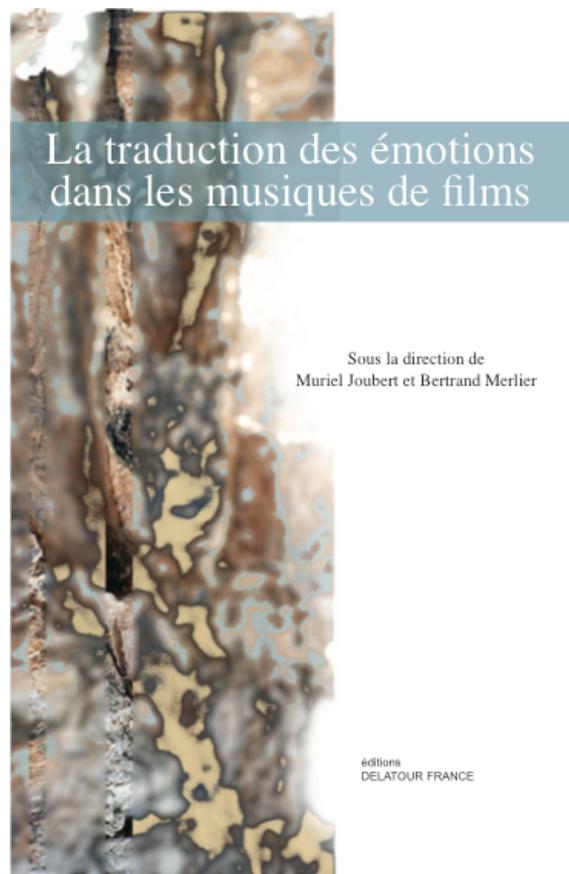
### 3) Publications

Plusieurs dizaines d'articles dans des colloques

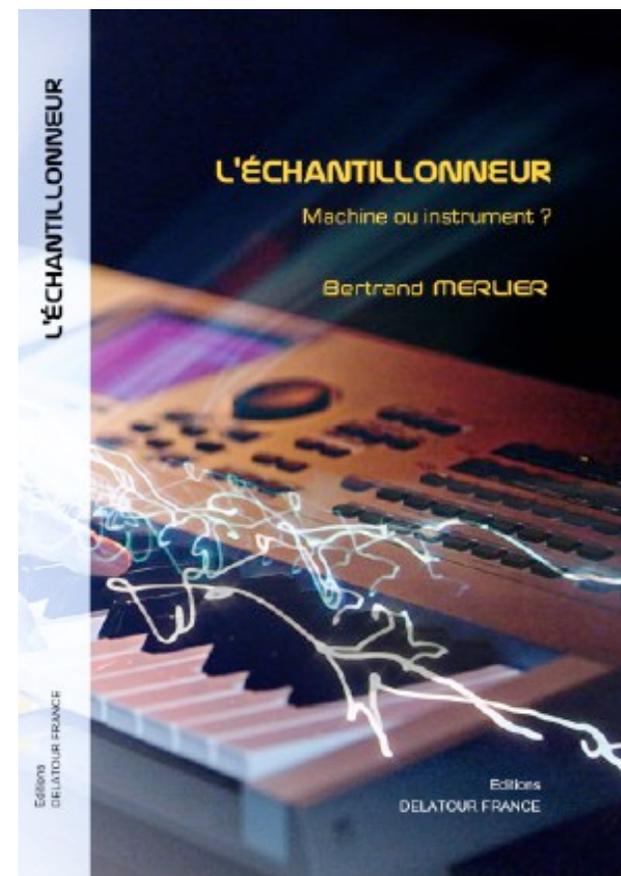
3 livres :



2006



2012



2017

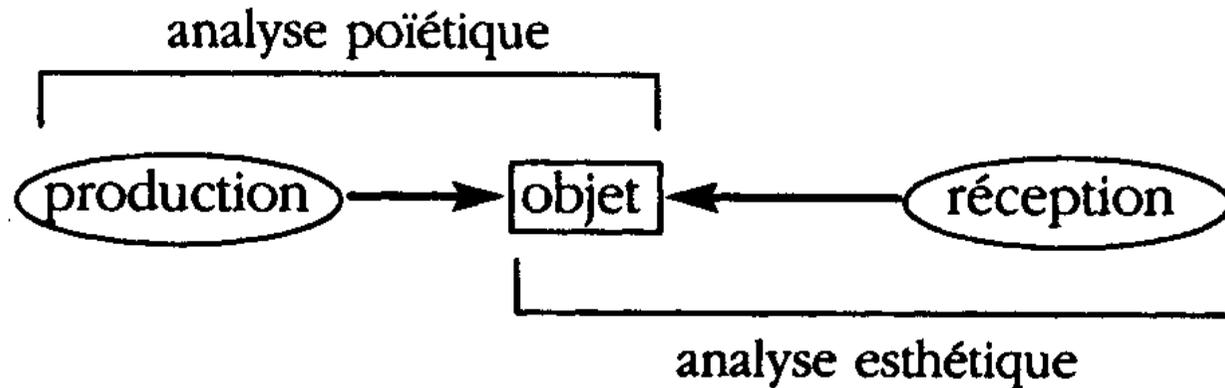
## B- Phénoménologie du son / Les approches multiples et embrouillées

### 1) Les mésaventures d'un extraterrestre perdu dans le Massif Central



## 2) Première dualité du son : le point de vue de l'émetteur et celui du récepteur

Le son, c'est à la fois :  
 - la sensation que perçoit l'oreille  
 - et le phénomène physique qui le produit.



**Les 3 facettes de l'objet musical ou sonore :  
 le niveau poïétique, la réalité ou le niveau neutre, le niveau esthétique<sup>1</sup>**

prescription intention	fabrication (avec un moyen)	réalité musicale ou sonore « insaisissable »	perception	formalisation de la perception
---------------------------	--------------------------------	--	------------	-----------------------------------

<sup>1</sup> NATTIEZ Jean-Jacques, *Fondements d'une sémiologie de la musique*, Paris, UGE, 10/18, 1975, p. 52.

### 3) Principe de cause à effet

**Les causes** : ce qui est à l'origine du son, ce qui produit le son, génère le bruit, le matériau, les actions, les intentions.



**Les effets** : Ce que l'oreille humaine perçoit et le traitement ultérieur effectué par notre cerveau : description, analyse, catégorisation, formalisation.

Causes ou sources sonores	
<u>Actions ou méthodes</u> gratter, pincer frotter, frapper souffler, excitation électrique	
<u>Moyens</u> marteau, baguette souffle plectre, plume	<u>Matériau</u> air, bois, métal, pierre, terre, tissu, cuir...
cordophones, membranophones aérophones, idiophones, électrophones	



Effets ou perception
?
<u>Au sens de la musique ?</u> discours artistique
<u>Au sens de l'acoustique et de la physique ?</u> discours scientifique
<u>Au sens de la psycho cognition ?</u> on essaie de comprendre ce qui se passe dans notre cerveau

#### 4) Formalisation de la fabrication du son

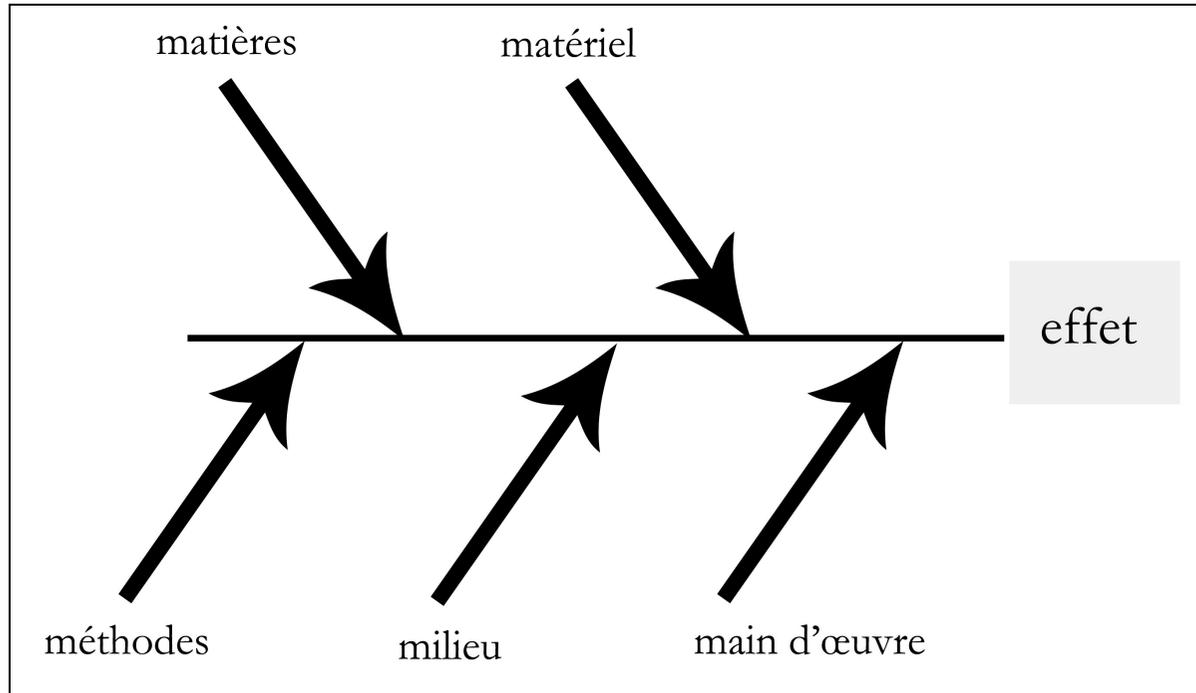


Diagramme de causes et effets ou diagramme d'Ishikawa<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Source au 19/01/2015 : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme\\_de\\_causes\\_et\\_effets](http://fr.wikipedia.org/wiki/Diagramme_de_causes_et_effets)

## 5) Seconde dualité du son : le point de vue du scientifique et celui du musicien

<b>Notation scientifique</b> = Grandeurs physiques, le plus proche possible de la réalité	<b>Notation musicale</b> = Notation symbolique Abstraction intellectuelle
Fréquence, période (en Hz)      (en s.)	hauteur 
Durée (en seconde)	durée      tempo ♩ = 60 et 
Amplitude (en dB)	intensité <i>pp p mf f f</i>
Forme d'onde Spectre	timbre      violon, flûte, piano indications de jeu
Près - loin, droite – gauche, haut – bas, sec – réverbérant, dehors - dedans	espace

La réalité musicale est multiple.

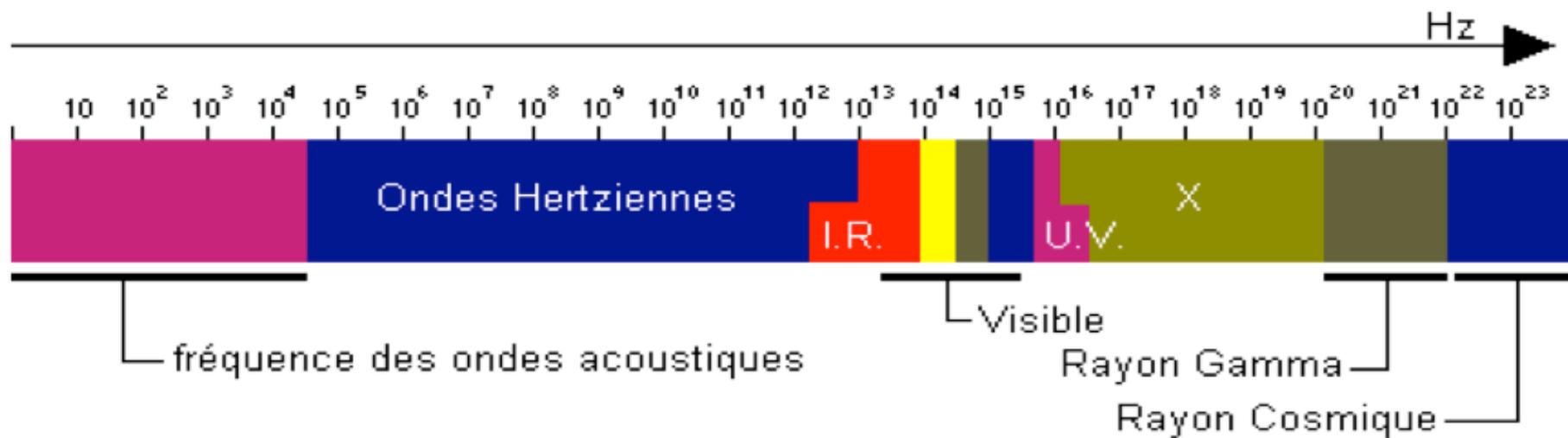
**Il convient de distinguer :**

<b>bruit</b>	<b>son</b>	<b>organisation du son</b>
acoustique, paramètres du son		musique ou assemblage de sons

## C- Notions d'acoustique musicale : en mode statique

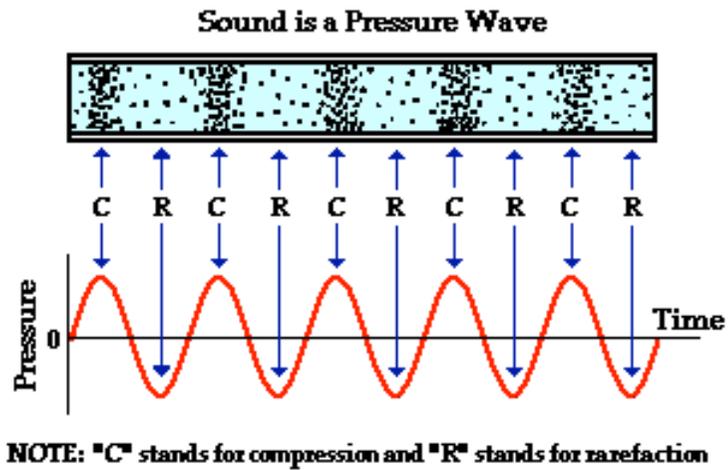
### 1) Une continuité de tous les phénomènes ondulatoires

Types d'ondes en fonction de la fréquence



La théorie ondulatoire est un modèle de la réalité proposé dès le XVII<sup>e</sup> siècle par Huygens  
(remis partiellement en cause au XX<sup>e</sup> siècle par Einstein et De Broglie)

## 2) Notion d'acoustique musicale : propagation et vitesse du son



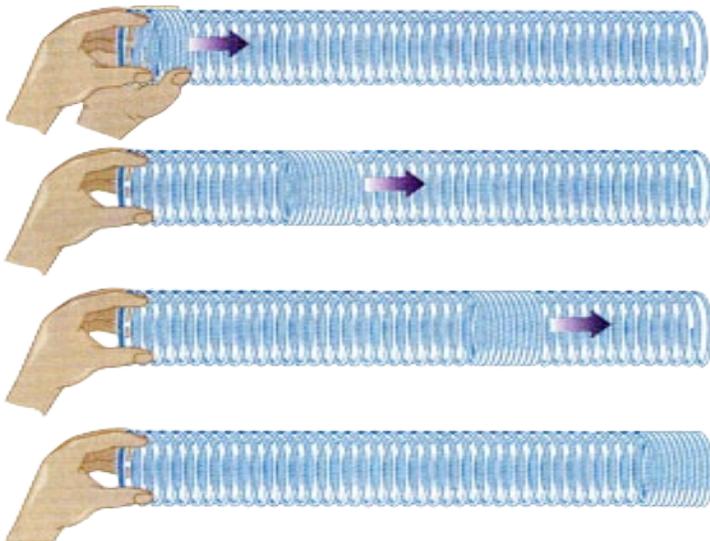
Le son = variation de pression se propageant dans un milieu **élastique**

Il n'y a pas de mouvement de matière,  
mais des successions de compressions – dépressions qui se déplacent.



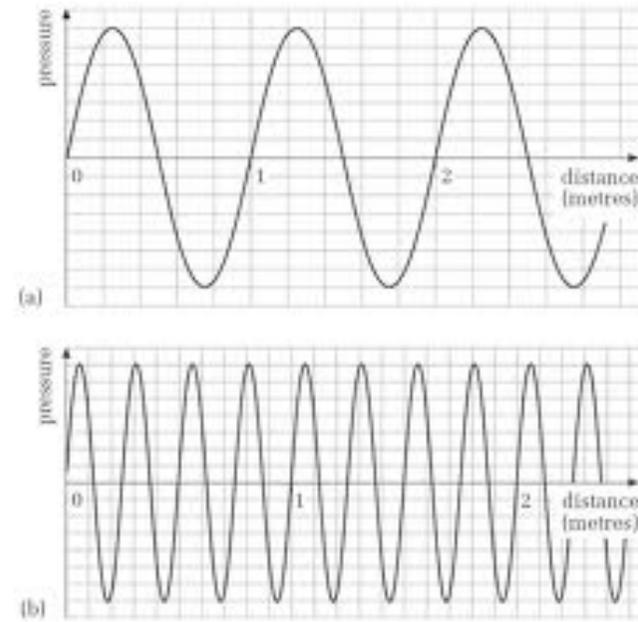
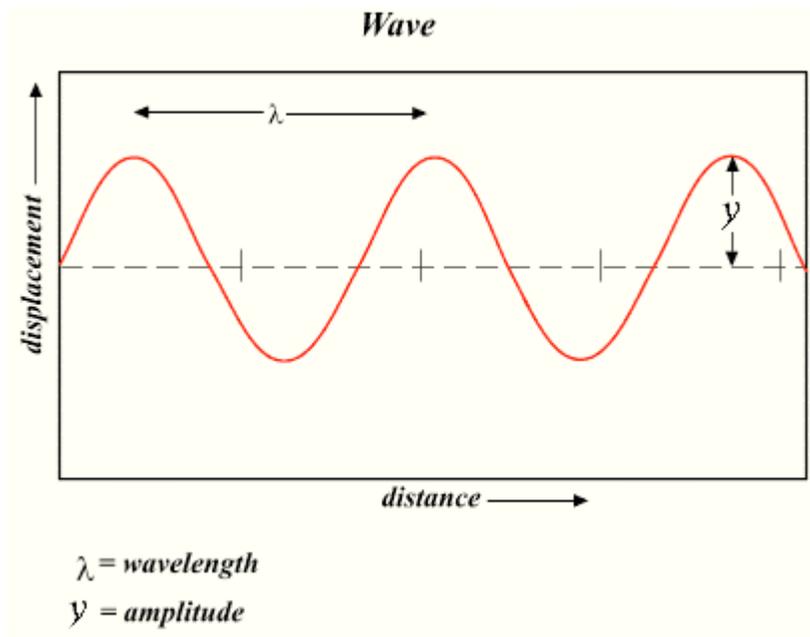
Exemple :

La vitesse de propagation dans l'air est de 340,29 m/s (1224 km/h).  
Elle dépend de la température, de la pression, du matériau...



Matériaux	$c$ en m/s
<a href="#">Air</a>	340,3
<a href="#">Eau</a>	1480
<a href="#">Glace</a>	3200
<a href="#">Verre</a>	5300
<a href="#">Acier</a>	5600 à 5900
<a href="#">Béton</a>	3100

### 3) Notion d'acoustique musicale : caractéristiques du son



Un son est caractérisé par :

son intensité  
 sa hauteur

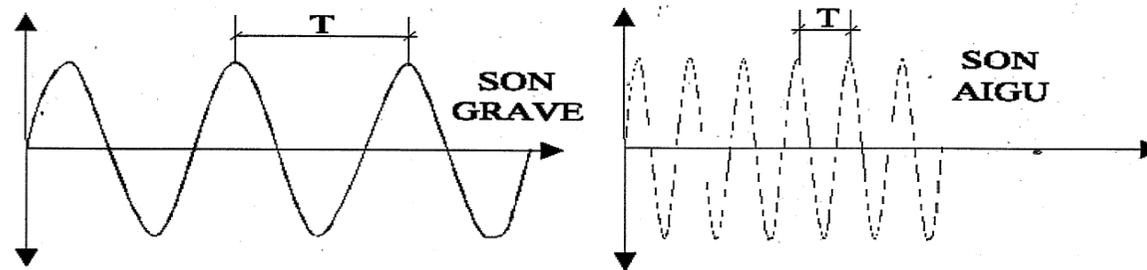
son timbre =  
 sa durée

sa longueur d'onde

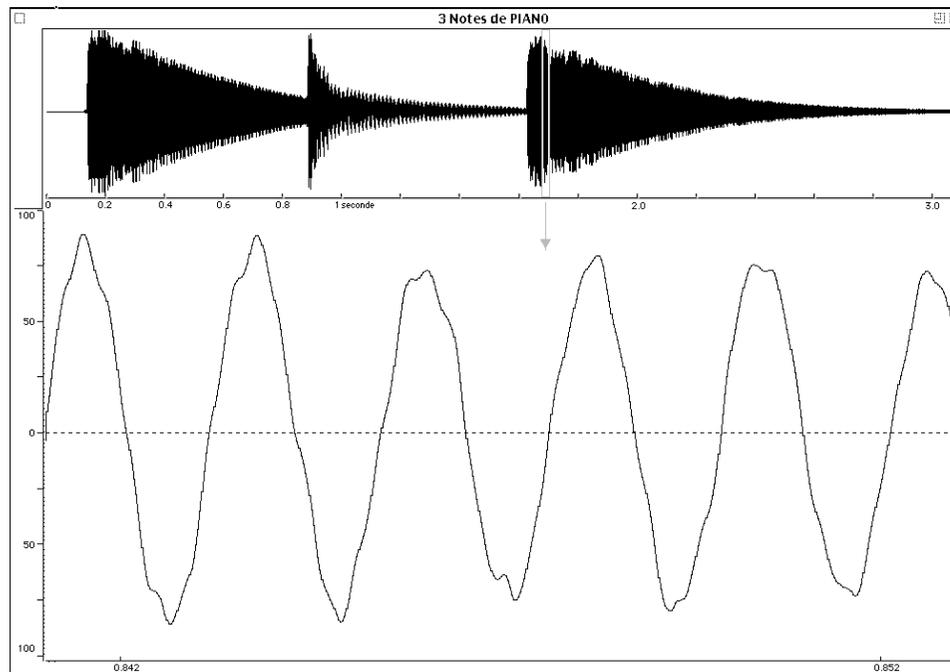
de 0 à 120 dBA ou de *ppp* à *fff*  
 fréquence en Hertz (de 20 à 20000 Hz)  
 période en seconde ou ms  
 forme d'onde ou spectre  
 en secondes

en mètres (de 15 m à 1,5 cm)





Représentation de la forme d'onde / notion de fréquence

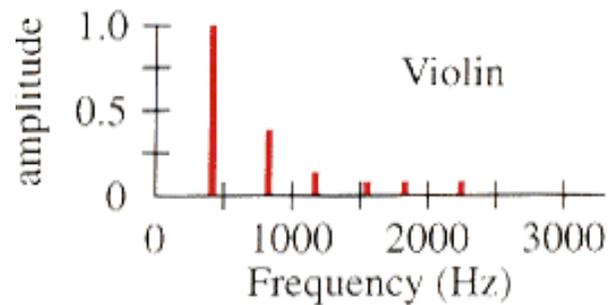
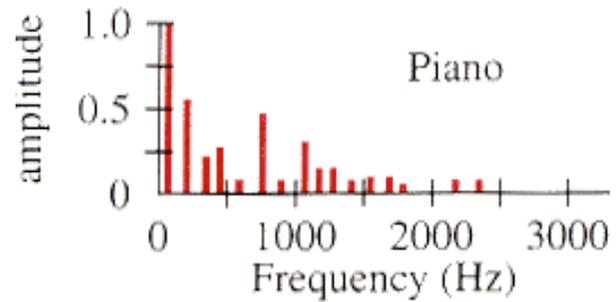
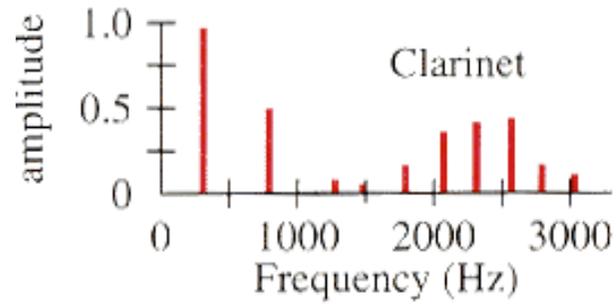


Infrasons	< 20 Hz
Sons graves	20 – 200 Hz
Sons médium	200 – 2000 Hz
Sons aigus	2000 – 20 000 Hz
Ultrasons	> 20 000 Hz

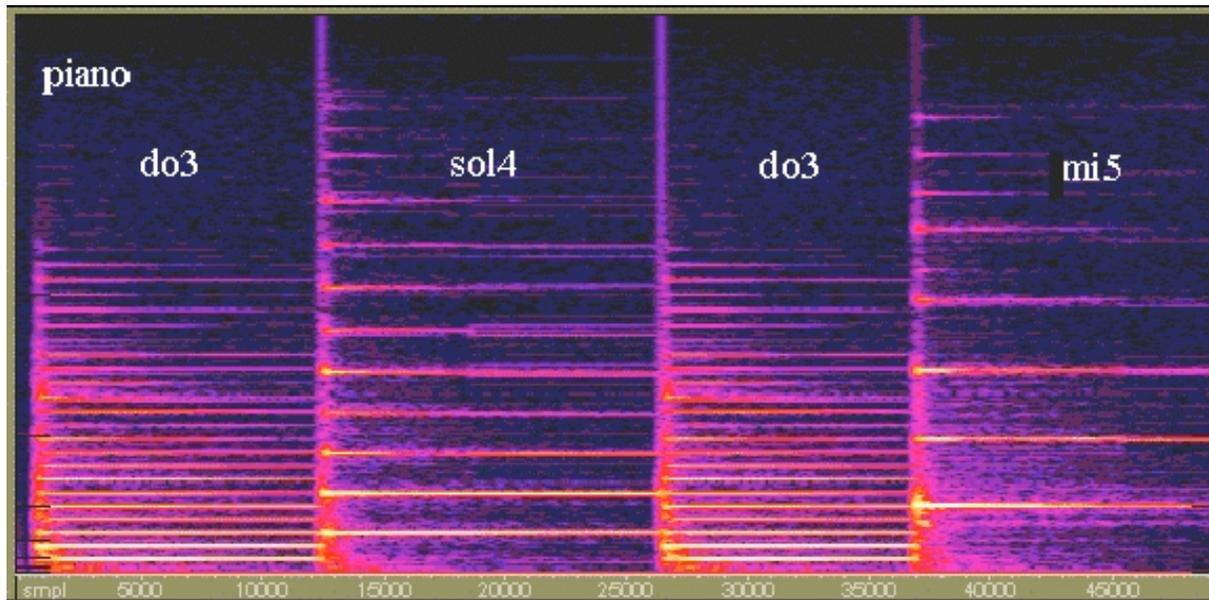
La **forme d'onde** est l'allure des vibrations au cours du temps.

Elle peut être périodique ou non (harmonique ou inharmonique), simple ou composée (une ou plusieurs harmoniques).

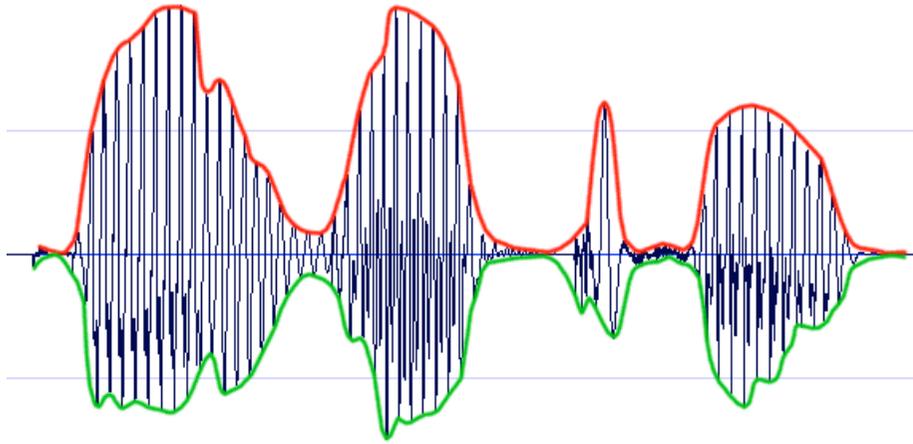
Plus la fréquence est grande, plus le son est aigu.



Le **spectre** décrit le contenu harmonique d'un son, c'est-à-dire les fréquences qui le composent. Le sinus est en quelque sorte une unité de référence pour le physicien.



Le **sonagramme** est un peu mieux adapté à une compréhension intuitive des phénomènes.



L'enveloppe du son est d'une grande importance pour la reconnaissance des timbres notamment l'attaque.



LEGO world in Sony Center Berlin



L'analyse de Fourier pour les nuls

## 4) Quelques remarques

Le son n'est pas un **objet**, mais un **événement**.

une fonction qui varie sans cesse au cours du temps et qui interagit avec les milieu extérieur.

### **continu** vs **discret**

Le son est un phénomène continu ;

Les modèles acoustiques du son ou les théories musicales proposent des simplifications sous forme de modèles discrets

do ré mi fa sol la si do.



Les paragraphes précédents envisagent le son comme un phénomène statique (en dehors du temps).

Or le son est un phénomène dynamique qui se déplace dans l'espace et qui change en fonction du temps.

## D- Notions d'acoustique musicale : en mode dynamique

### 1) Ondes progressives, ondes stationnaires

#### a) Dans un milieu (théoriquement ...) infini, les ondes progressent.

Elles se déplacent dans l'espace.

#### b) Dans un milieu fini (tube fermé, salle de concert),

les ondes progressent, se réfléchissent : les "ondes-aller" rencontrent les "ondes-retour" et se combinent. Pour certaines fréquences et certaines dimensions du milieu de propagation, il peut se produire des phénomènes d'interférence : les ondes ne se propagent plus : on observe des nœuds et des ventres de pression : il s'agit d'**ondes stationnaires**.

Seules les ondes dont les dimensions correspondent au(x) dimension(s) du milieu fermé perdurent dans le temps (état stationnaire). Les ondes qui ne coïncident pas avec les dimensions perdent rapidement leur énergie et disparaissent (transitoire d'attaque).

Les ondes stationnaires jouent un rôle important dans tous les instruments de musique à caisse de résonance, dans les instruments à vent ; mais elles sont gênantes en acoustique des salles.

#### Onde progressive

[http://www.ac-grenoble.fr/loubet.valence/userfiles/file/Disciplines/Sciences/SPC/TS/Son/web2014/co/vibration\\_corde\\_contrainte.html](http://www.ac-grenoble.fr/loubet.valence/userfiles/file/Disciplines/Sciences/SPC/TS/Son/web2014/co/vibration_corde_contrainte.html)

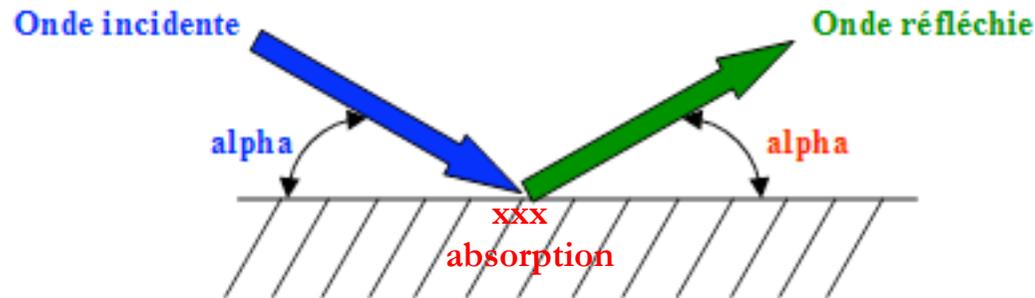
#### Onde stationnaire

[http://www.ac-grenoble.fr/loubet.valence/userfiles/file/Disciplines/Sciences/SPC/TS/Son/web2014/co/ondes\\_stationnaires.html](http://www.ac-grenoble.fr/loubet.valence/userfiles/file/Disciplines/Sciences/SPC/TS/Son/web2014/co/ondes_stationnaires.html)

## 2) Comportement des ondes sonores : réflexion, réfraction, diffraction, réverbération, échos

### Réflexion d'une onde sonore sur une paroi ou sur un obstacle

La réflexion est un phénomène dû à la rencontre de l'onde sonore contre un obstacle.



### Absorption

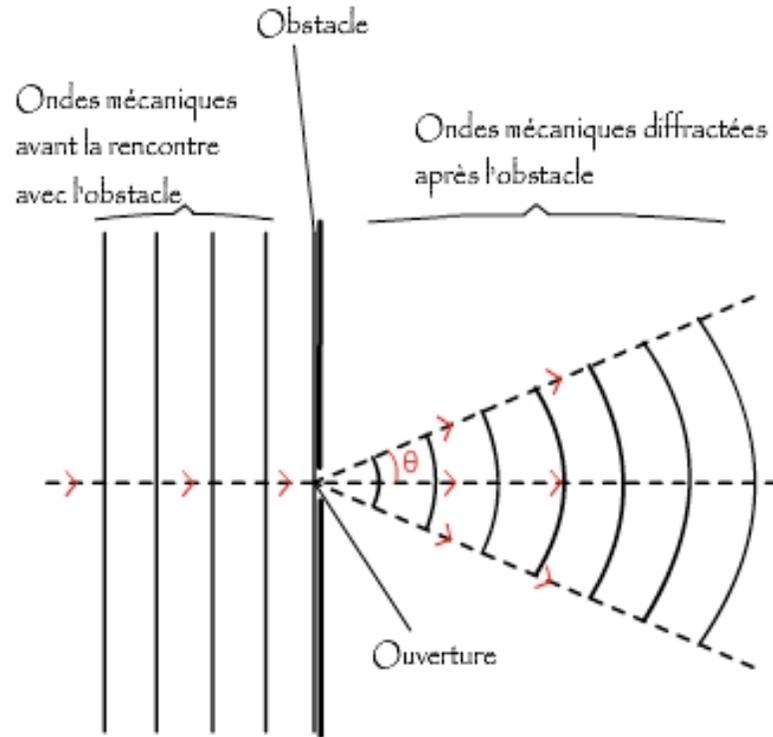
À l'endroit du choc entre une onde et une paroi, il y a :

- d'une part une réflexion (l'onde continue son chemin après avoir changé d'angle),
- d'autre part une absorption (une partie de l'onde est perdue en chaleur dans le matériau).

Tous les matériaux ont une capacité à réfléchir ou à absorber le son.

Cette capacité est définie par le taux d'absorption qui est compris entre 0 et 1 où 0 est un matériau réverbérant et 1 un matériau entièrement absorbant. Ce taux est donné par les notices acoustiques.

## Diffraction d'une onde sonore passant par un trou ou une fente



### Résonance :

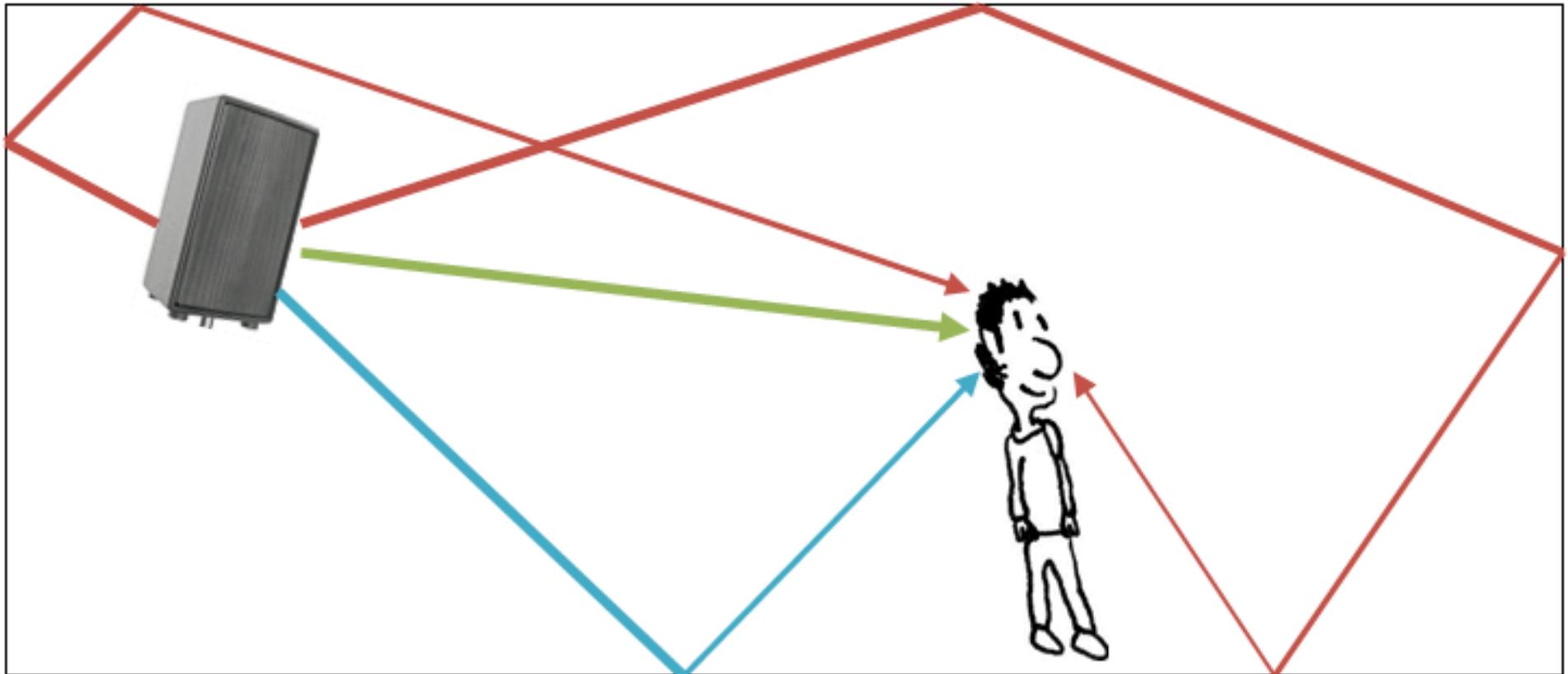
Tout corps mis en vibration se met en résonance = il va vibrer à une fréquence particulière.  
Chaque objet possède sa fréquence de résonance.

Exemple : une corde de guitare

Chaque lieu possède sa fréquence de résonance.

## Réflexions et réverbération

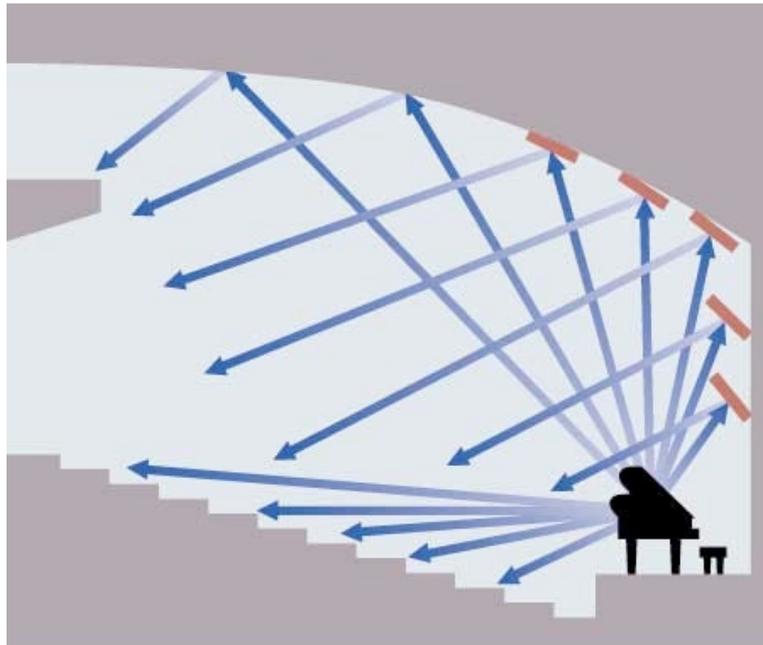
- L'onde directe va du haut-parleur aux oreilles.
- Les réflexions précoces ou les premières réflexions ( $< 80$  ms) améliorent l'intelligibilité.
- et les réflexions tardives ou secondaires ( $> 80$  ms) sont nuisibles pour l'intelligibilité.  
Elles engendrent un brouillage



## Acoustique des salles

L'objectif de l'acoustique des salles est de contrôler :

- les réflexions (et l'absorption) du son sur les parois de la salle
- les résonances de la salle
- les temps de réverbération

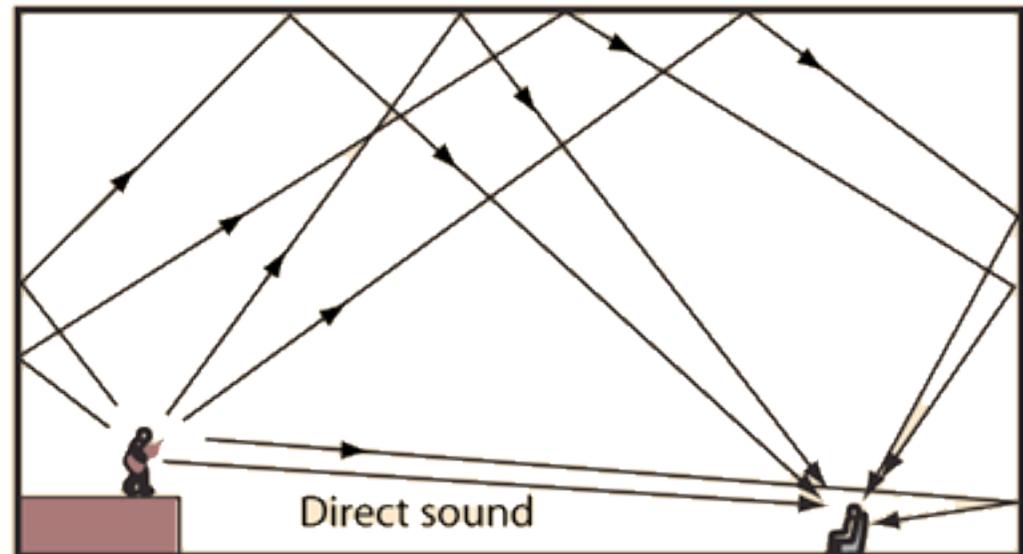


Precision Graphics

Des panneaux réfléchissants bien orientés améliorent la propagation vers le public.

Ils provoquent une légère amplification naturelle.

La bonne orientation permet d'avoir un son homogène dans toute la salle.



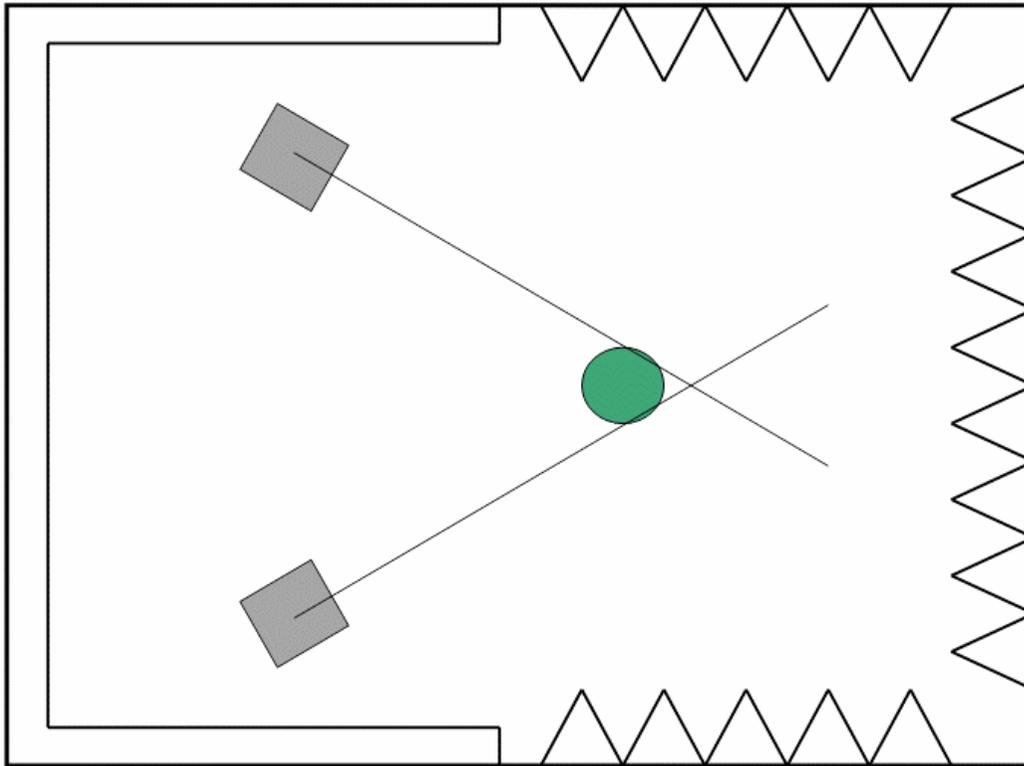
En revanche, le musicien sur scène n'a pas envie d'entendre le public qui tousse ou déballe des bonbons.

Donc le public doit « recevoir » le son de la scène, mais il ne doit pas « émettre ».

## Acoustique des salles : LEDE (*Live End – Dead End*)

La plupart des studios d'enregistrement ou de mixage sont asymétrique du point de vue de la propagation des sons. Ils utilisent la technique LEDE (*Live End – Dead End*).

- des panneaux réfléchissants derrière les sources sonores,
- des panneaux absorbants derrière le point d'écoute ou d'enregistrement, derrière la table de mixage,

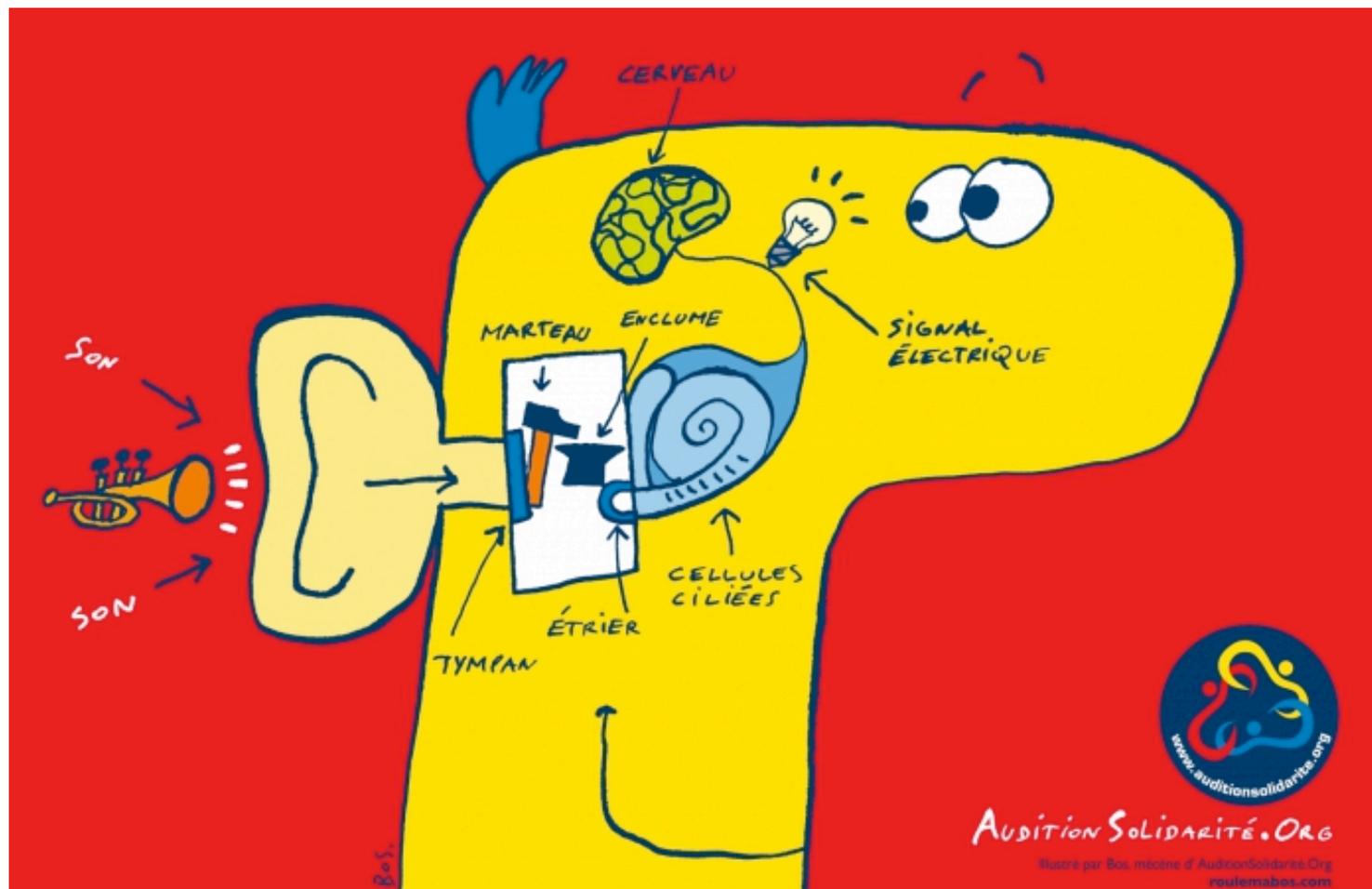


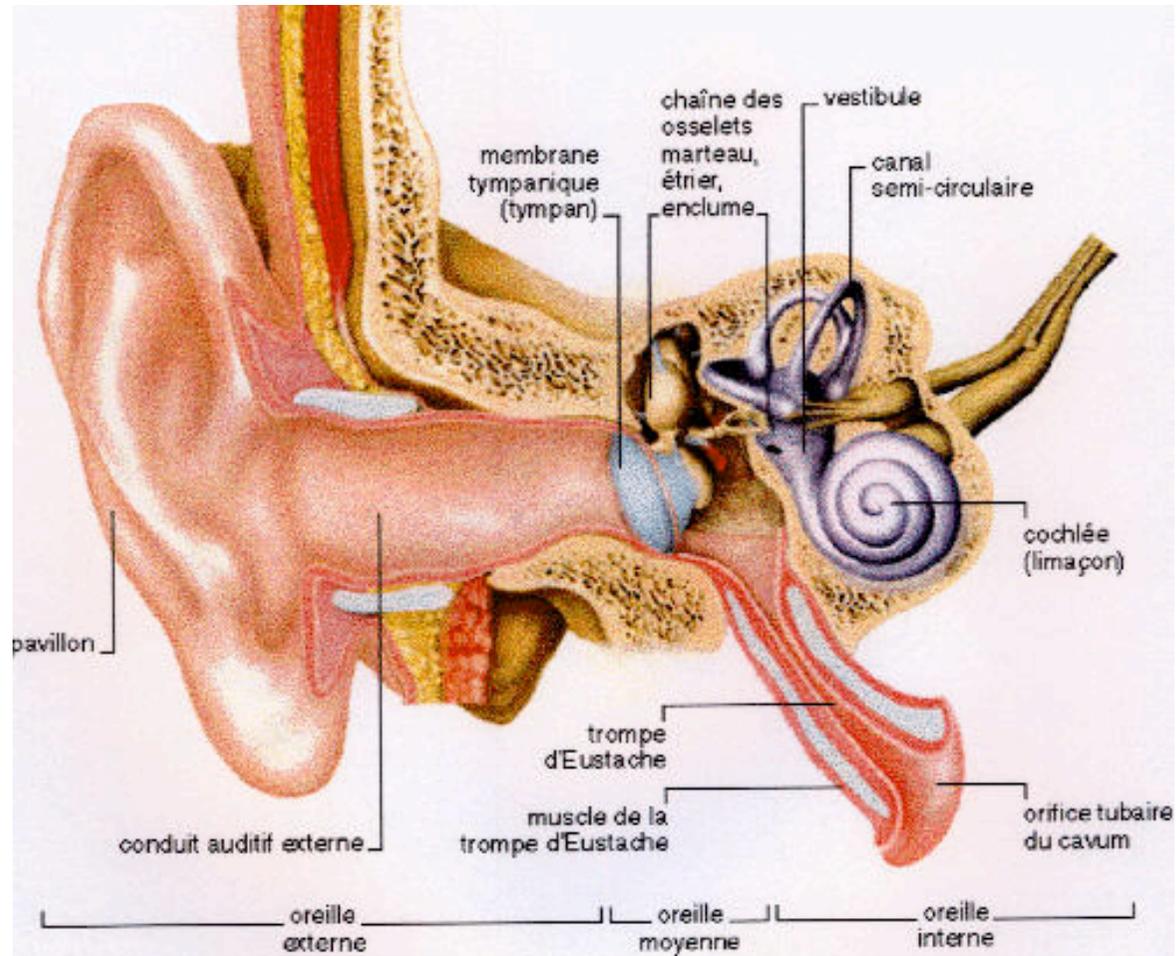
### Exemple

ORGANOLOGIE/COURS XXe s/B-Acoustique/Comprendre l'acoustique II.swf

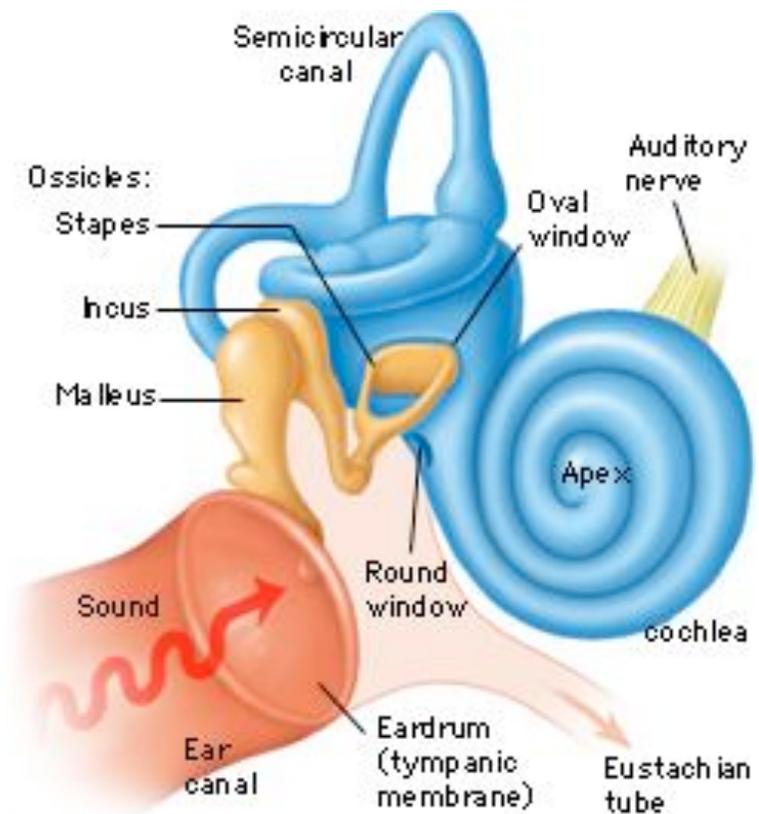
## E- Brèves notions d'audition et de psychoacoustique

### 1) Fonctionnement de l'oreille

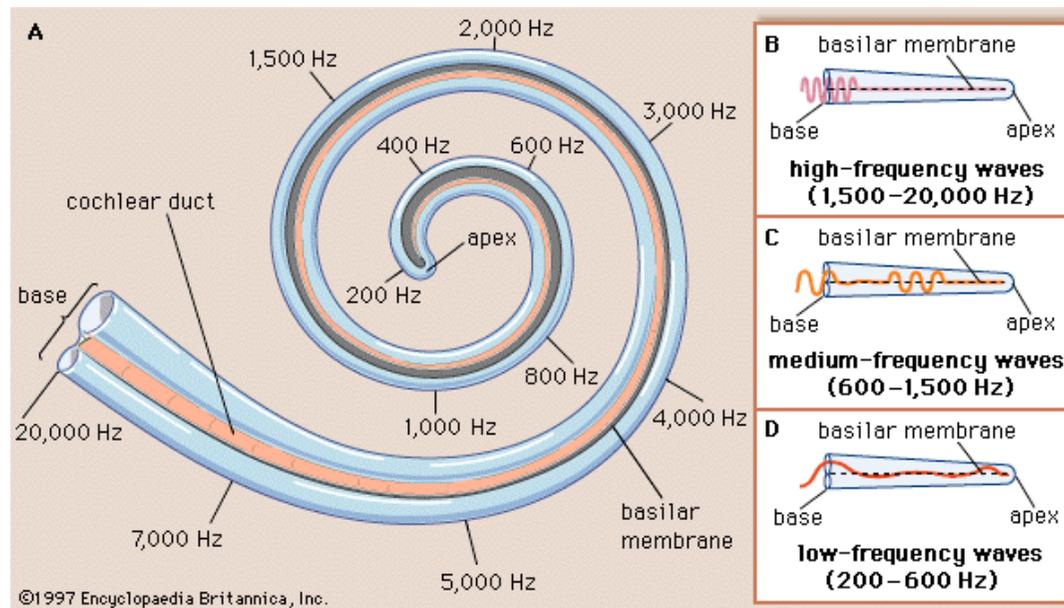




Oreille externe, moyenne, interne

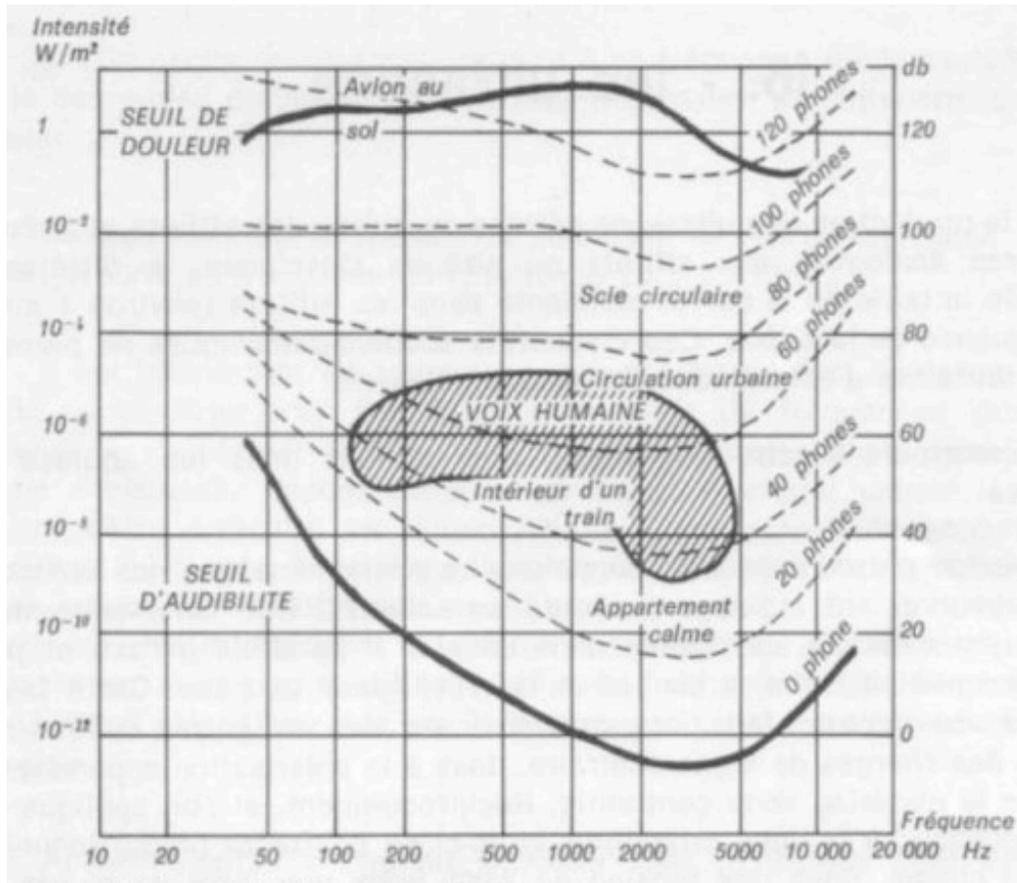


Oreille interne



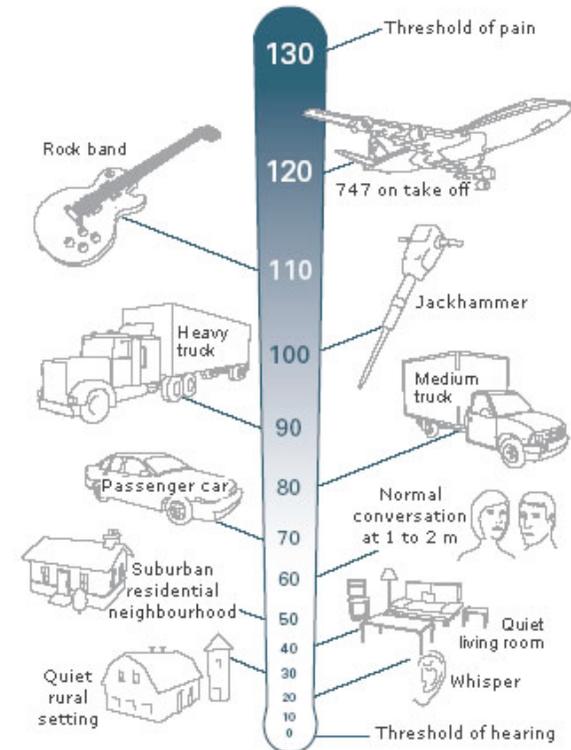
membrane basilaire

## 2) Deux notions importantes : Bande passante & Amplitude ou Dynamique



Sensibilité de l'oreille : courbes de Fletcher

## DECIBEL SCALE (dBA)



Échelle des amplitudes

## Écoutes

idx 2 : *freq response of the ear* : amplitude (vers 0'30)  
 frequency (suite)

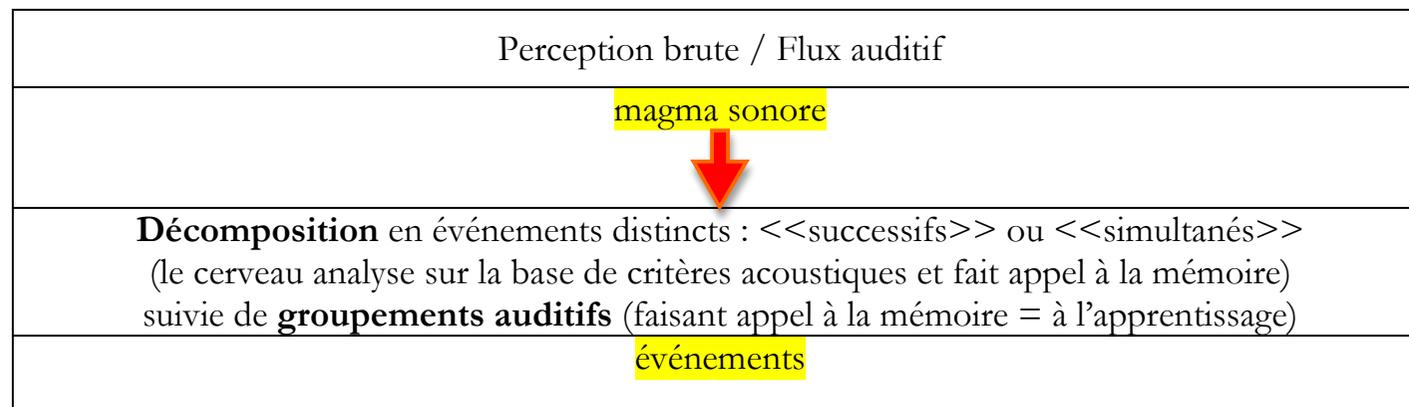
### 3) Analyse de scènes sonores / Notion de psycho cognition perceptive

Dans *Introduction à la cognition auditive*<sup>3</sup>, Stephen McAdams et Emmanuel Bigand détaillent l'ensemble des processus de la perception sonore. Ou encore dans l'article de Stephen McAdams « *L'organisation perceptive de l'environnement sonore* »<sup>4</sup>.

Il y a des objets, des actions, des interactions...

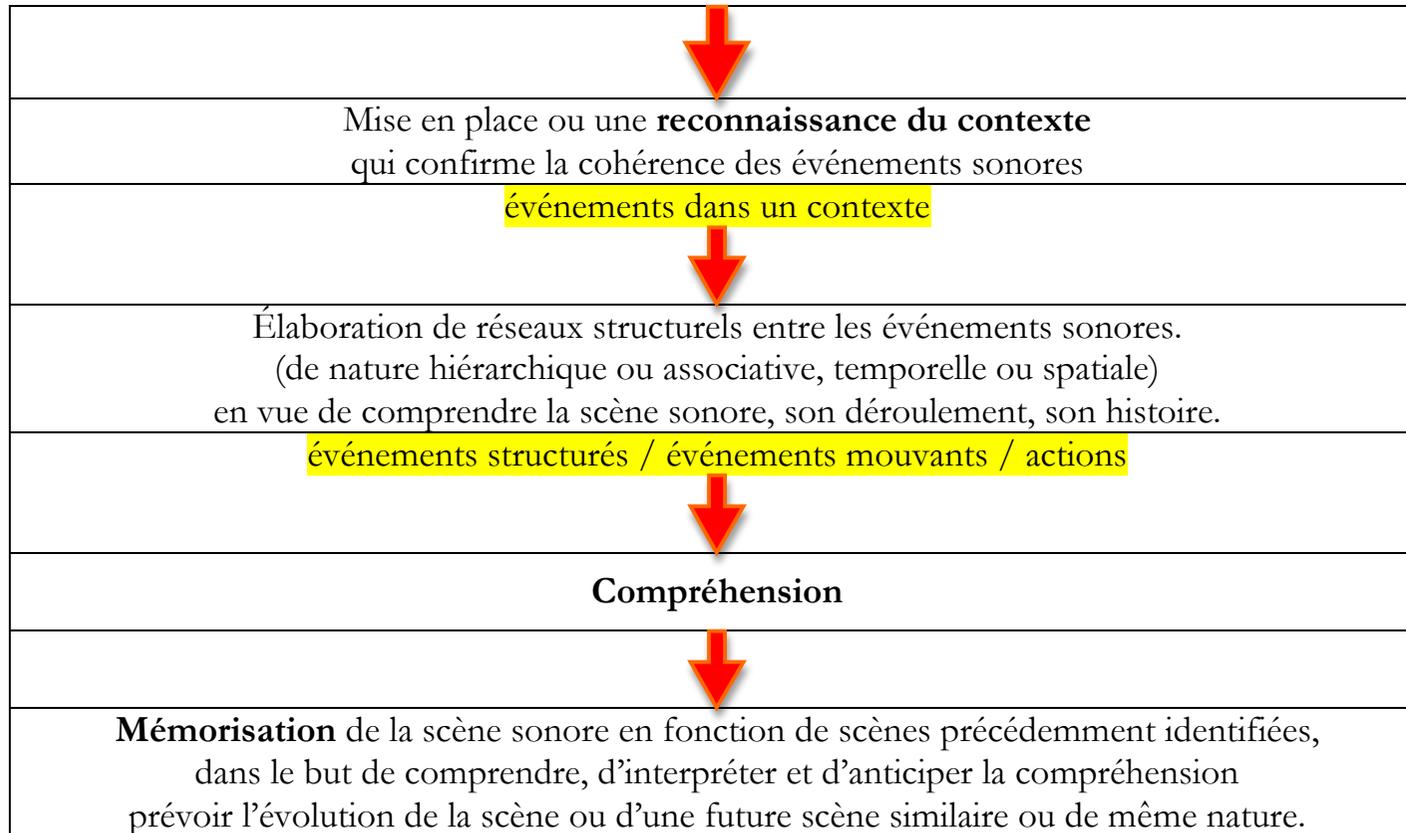
Les mécanismes mis en jeu par le cerveau font appel à de l'analyse et à la mémoire (donc à un apprentissage préalable).

La représentation mentale de la structure des sons : Il n'y a pas d'objet persistant dans l'audition. Les éléments sonores sont en mouvement constant. L'information relative aux événements sonores doit donc être stockée, anticipée et traitée en fonction des expériences antérieures.



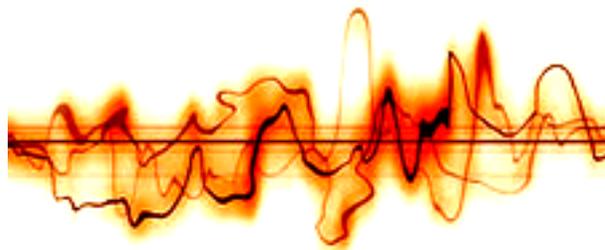
<sup>3</sup> McAdams (Stephen) & Bigand (Emmanuel), *Introduction à la cognition auditive*, IRCAM - Centre Pompidou-1996-2005 - site internet : <http://articles.ircam.fr/textes/McAdams93b/>, consulté le 31/10/2014

<sup>4</sup> Mc Adams (Stephen), <http://articles.ircam.fr/textes/McAdams97b/>



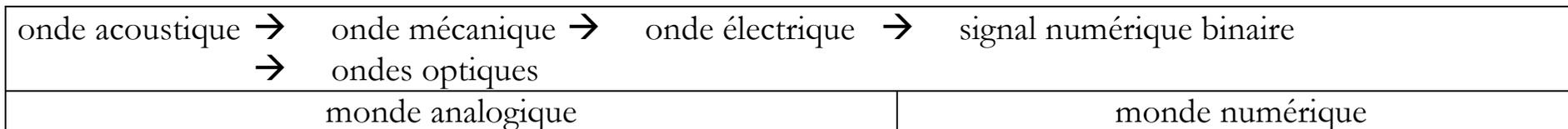
## F- La capture du son

*Comment notre extra-terrestre a-t-il pu transporter et faire entendre le son au Syndicat d'Initiatives de Saint Nectaire ?*



Capture -> support

### 1) Transduction sonore



rendement de chaque transduction : généralement inférieur à 10%  
entaché de non-linéarité, de pertes

## 2) Microphones et prise de son

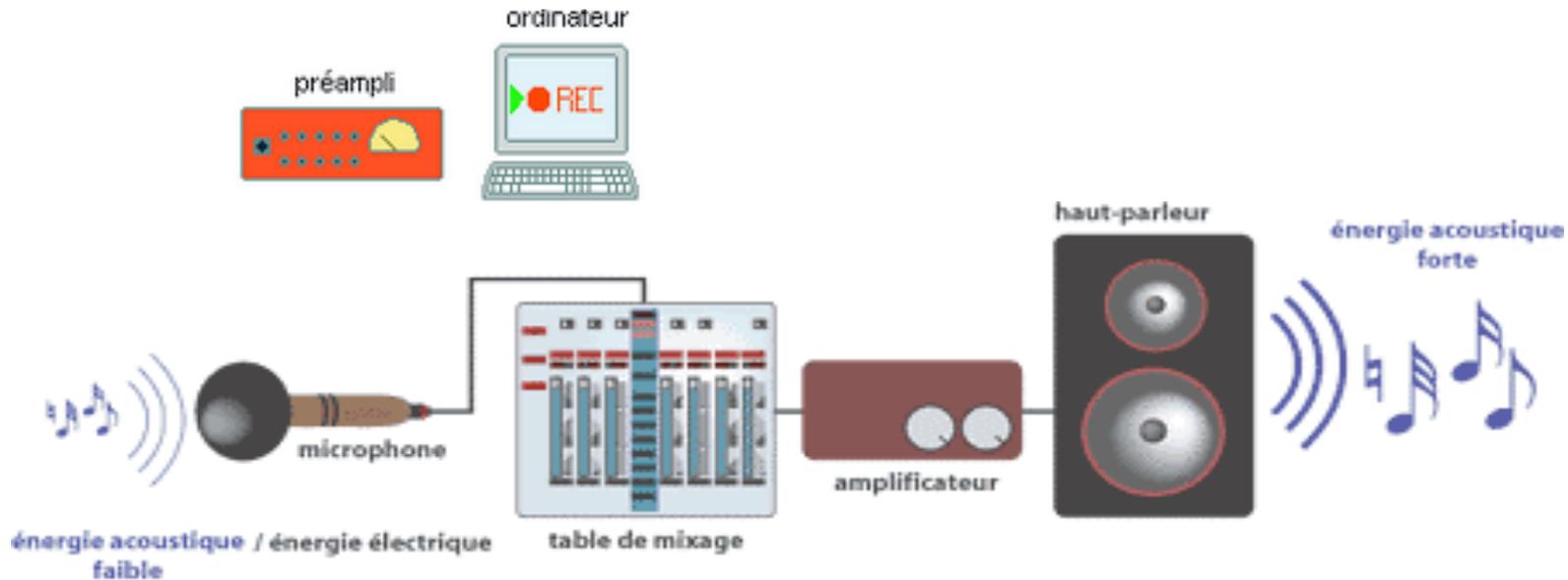
statique ≠ dynamique  
directionnalité  
bande-passante  
dynamique, sensibilité aux niveaux faibles ou fort

distance  
lieu d'enregistrement (on enregistre aussi la salle)

Commentaire : adéquation au fonctionnement de l'oreille  
distance x 2 ⇔ -6dB  
distance de prise de son

🎧 *DBTR.#2\_DBTR#3 de Raoul BINOT (Musique), Thierry DEVAUX (plasticien), François CACIC (technique), Vandœuvre les Nancy, 2003-2004, F*

### 3) La chaine du son



signal acoustique $\mu\text{Pa}$ ou $\text{mPa}$	niveau micro 0.1 à 10 mVolts	niveau ligne env. 0,3V à 1 Volt	niveau haut-parleur 10 à 100 Volts	signal acoustique env. 1 Pa
niveau acoustique : 20 à 50 dBA	niveau électrique : -80 dBu à -40 dBu	0 dBu = 0 dBv = 0.775 V	niveau électrique :	niveau acoustique : 50 à 120 dBA

amplification micro  $\rightarrow$  ligne :  
x 100 ou x 1000  
+ 40 dB ou + 60 dB

amplification ligne  $\rightarrow$  hp :  
x 10 ou x 100  
+ 20 dB ou + 40 dB

20 dBA  
100 mPa = 1 bar = 74 dB SPL

+ 40 dB

+ 20 dB

= 80 dBA  
94 dB-SPL  $\equiv$  1 Pascal

## 4) dB relatifs (facteurs multiplicatifs) / dBx absolus (unités faisant référence à ...)

$$\text{Ratio en dB} = 20 \log (V_1 / V_0)$$

$$\text{Niveau en dBx} = 20 \log (V / V_{\text{ref}})$$

### En électronique :

dBm ou dBu : grandeur de puissance. La puissance de référence est 1 mW. En téléphonie et en audio, la charge normale est 600 ohms, correspondant à l'impédance caractéristique des lignes de transmission. 0,775 V dans 600 ohms développent une puissance de 1 mW. En haute fréquence, l'impédance caractéristique normale est de 50 ohms.

dBV : grandeur de champ, valeur efficace de la tension. La tension de référence est 1 volt RMS.

### En acoustique :

0 dB SPL = niveau d'intensité acoustique de référence de 1 pW/m<sup>2</sup> et un niveau de pression acoustique de référence de 20 µPa  
SPL signifie Sound Pressure Level (niveau de pression acoustique).

### En psychoacoustique :

dB A « décibel du rapport pondéré en fréquence suivant la courbe A ». La courbe de pondération est adaptée à la réponse de l'oreille à des faibles niveaux de pression acoustique, autour de 40 dB SPL. Son usage est obligatoire pour certaines mesures légales du bruit.

dB B « décibel du rapport pondéré en fréquence suivant la courbe B ». Cette courbe a peu d'utilisation actuellement, mais elle est une composante de celle qui sert à l'analyse de la sonie des programmes de télévision.

dB C « décibel du rapport pondéré en fréquence suivant la courbe C ». C'est une courbe de pondération adaptée à la réponse de l'oreille à des niveaux élevés de pression acoustique, supérieurs à 70 dB SPL.

dB HL Hearing Level (Niveau d'audition), « décibel du rapport pondéré par une courbe normalisée pour les audiogrammes ».

## Écoutes

idx 3 : the deciBel scale :

6dB / 3dB / 1dB

idx 6 : the deciBel scale :

éloignement du microphone

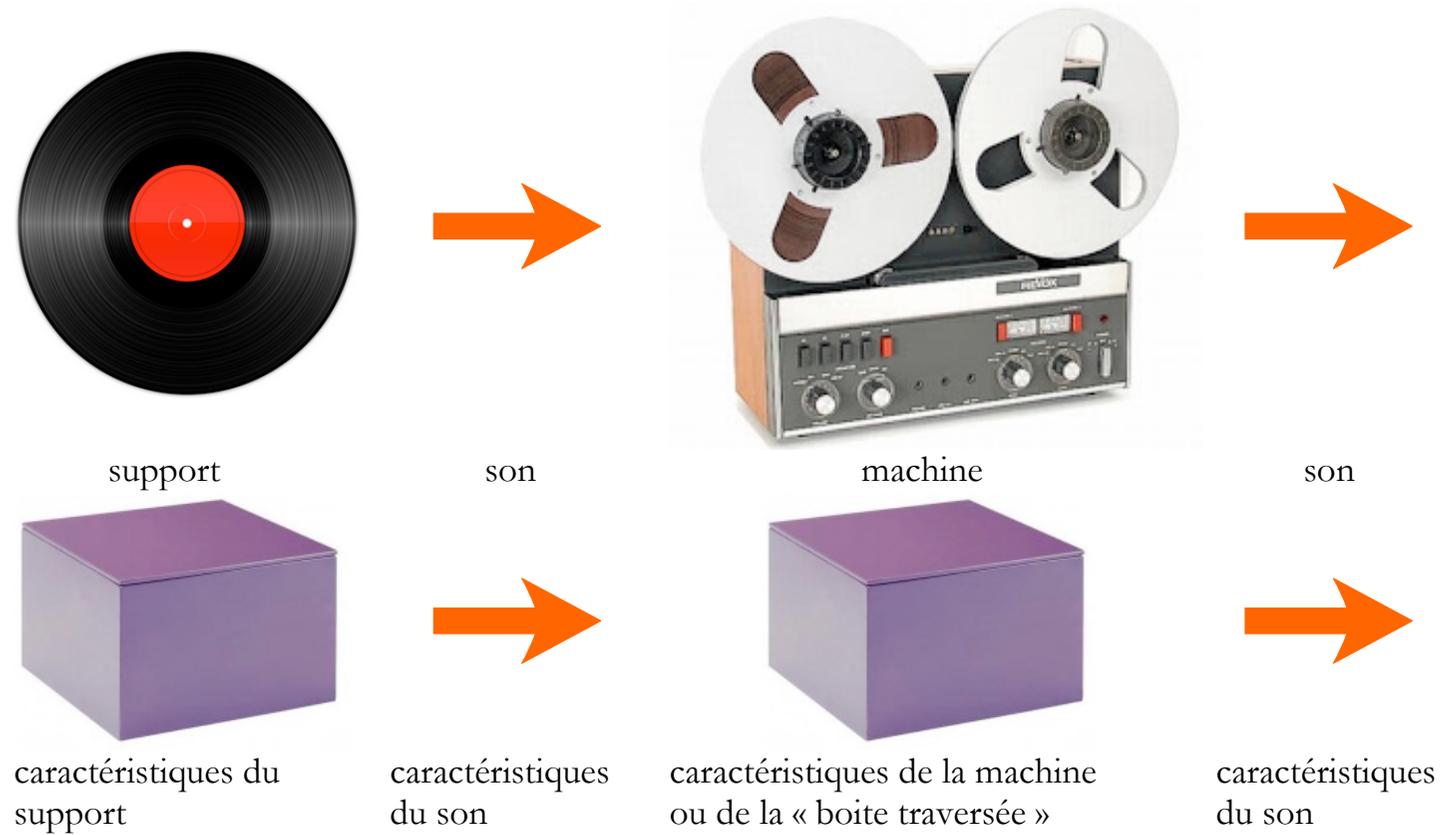
## G- Les supports du son / Critères de qualité du son

### 1) Critères de qualité du son

Paramètres du son	Hauteur	Intensité		Autres défauts
Qualité du son	Bande-passante [ Fréq <sub>min</sub> – Fréq <sub>max</sub> ]	Amplitude	N <sub>min</sub> : niveau trop faible = noyé dans le bruit niveau du bruit de fond N <sub>max</sub> : niveau trop fort = saturé ou écrêté niveau max avant saturation	éventuelles non-linéarités (en fréquence, en amplitude)  distorsions déformant le timbre
trop ou pas assez conditions limites		Dynamique	$D = (N_{max} - N_{min})$ écart entre le niveau le plus faible et le niveau le plus fort	

## 2) Qualité intrinsèque ou extrinsèque du son

A priori, le son n'existe que posé sur un support ; ou traversant un dispositif.  
Toute mesure de qualité mélange les caractéristiques du son et celles du dispositif.



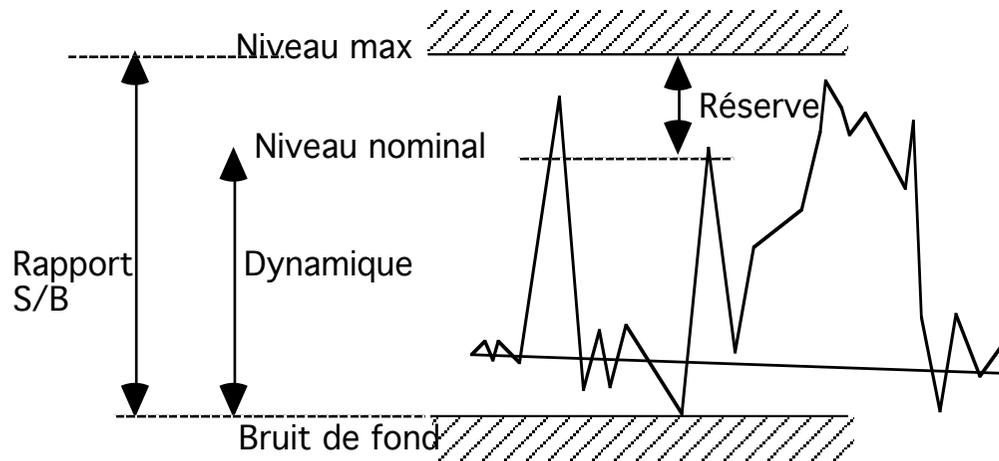


⊗ Christian Marclay, à la Shedhalle de Zurich en 1989, couvre le sol de disques vinyles vierges (une fois foulés, ils pourront être rejoués).

### 3) Niveau nominal - Niveau ligne - Niveau Micro et réserve utile.

**Niveau nominal :** C'est un niveau arbitraire, sur lequel on va essayer de se caler au mieux, sachant qu'on pourra aller en dessous ou au dessus selon les circonstances.

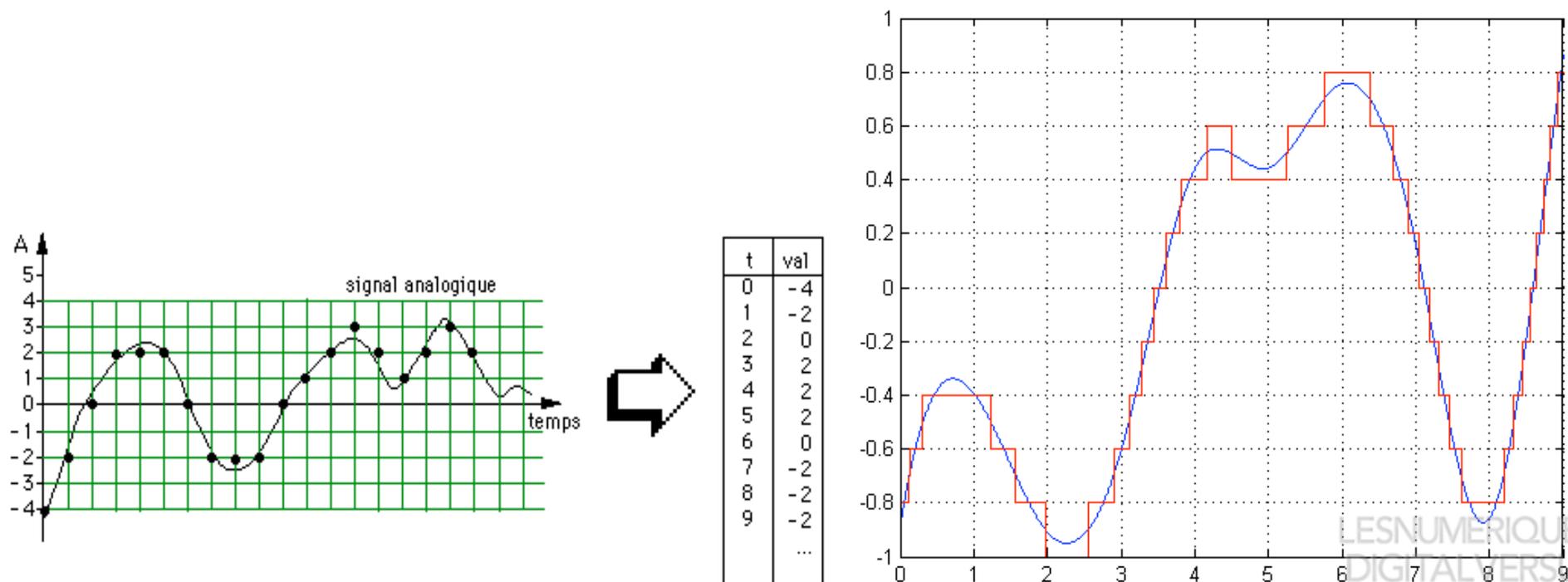
On appellera **réserve ou sécurité** l'écart entre le niveau maximum et le niveau nominal : 10 à 20 dB maximum



## 4) Intérêt du son numérique par rapport au son analogique

En théorie, la qualité du son analogique peut être a priori aussi bonne que le son numérique.

Cela dit, le son numérique sort gagnant parce que les nombres manipulés par un dispositif informatique (lecteur de CD, ordi...) sont indépendants de tout support.



Paramètres du son	Hauteur	Intensité	
Qualité du son	Bande-passante : liée à la fréquence d'échantillonnage Théorème de Nyquist : $\text{Fréq}_{\text{max audio}} = \text{Fréq}_{\text{échant}} / 2$	Dynamique : liée à la quantification  $\text{Dyn} = 2^n$ où n est le nombre de bits du codage	
Exemples	$F_{\text{échant}} = 44100 \text{ Hz}$ → Bande passante audio = 20000 Hz  $F_{\text{échant}} = 96000 \text{ Hz}$ → Bande passante audio = 40000 Hz	son num. en 8 bits en 16 bits en 24 bits	dynamique 256 niveaux 65536 niveaux 16777216 niveaux 48 dB 96 dB 144 dB

## H- La reproduction du son

### 1) Le haut-parleur, un nouveau transducteur



signal électrique → signal acoustique

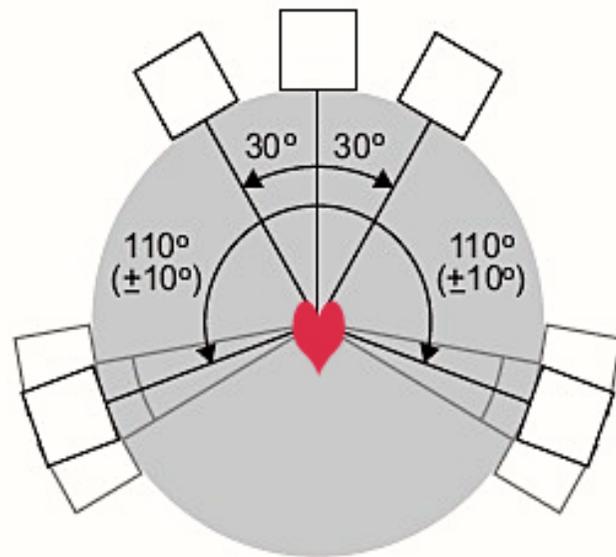
## 2) Mono, stéréo, multicanal, son *surround*

**Mono** vient de monophonique, c'est à dire une seule source sonore (mono, qui vient de monos, grec ancien, et veut dire "un seul") (phonique, "le son").

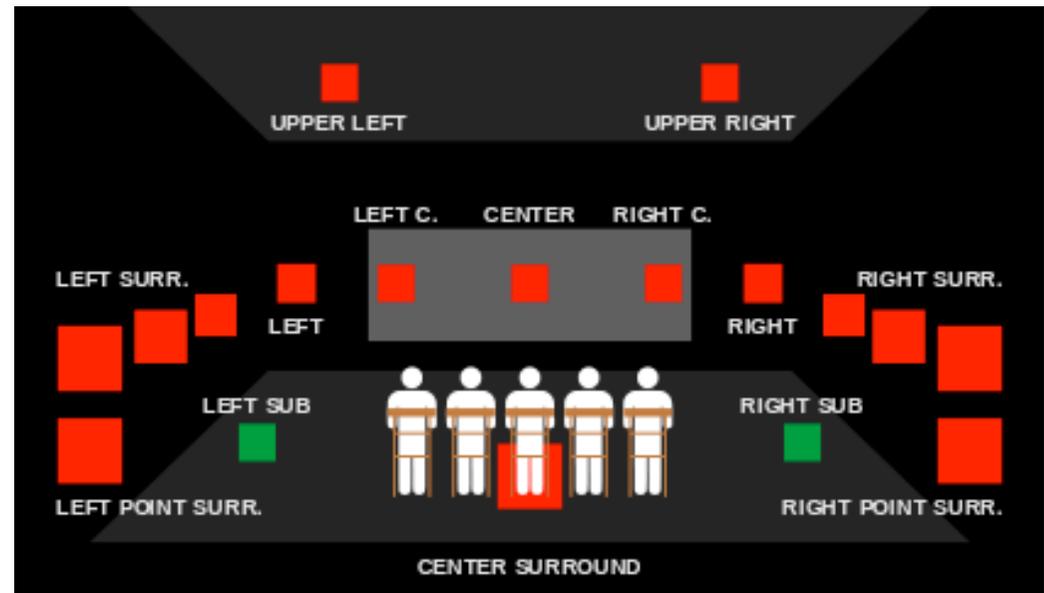
**Stéréo** vient de son stéréophonique. Stéréo vient du grec ancien "stéréos", qui exprime une idée d'espace 3D ou de volume. Donc tout son restitué avec deux canaux ou plus est un son stéréo.

**Bicanal** n'est pas synonyme de stéréo ; en stéréo, il y a une corrélation entre les canaux de droite et de gauche. Bicanal est généralement : 2 canaux indépendants.

*surround* : au moins 4 haut-parleurs ; et jusqu'à plusieurs dizaines (ou centaines).  
Tentative de recréer le champ sonore original ou du moins un champ sonore englobant l'utilisateur.



Système *surround* 5.1



système 12.2

L'effet *surround* peut être généré :

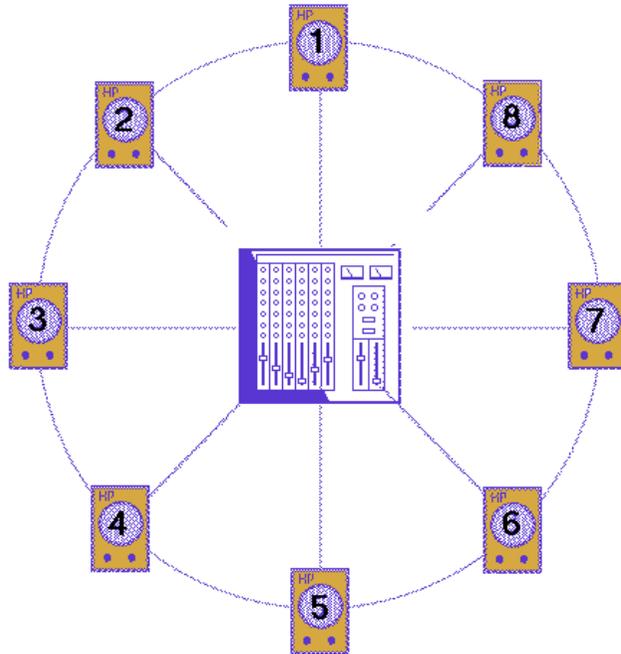
- a) lors de la prise de son
- b) lors du mixage (et fixé sur un support)  
fixation du son sur support / fixation de l'espace
- c) lors d'une interprétation en direct (sur un orchestre de haut-parleurs)



**Enregistrement de l'espace**



**CD en DTS 5.1**



**Interprétation d'espace sur un orchestre de haut-parleurs**

### 3) La recherche sur l'espace

#### c) Théorisation de l'espace

##### Musicologie de l'espace

<http://tc2.free.fr/espace/>

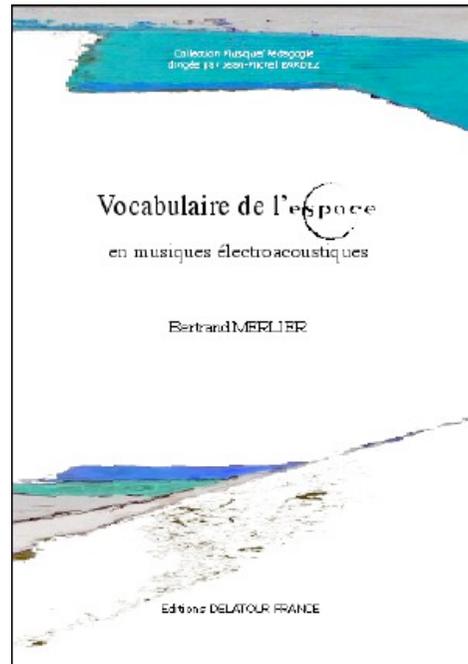
<file:///Users/bertrand/Sites/TCNEW/espace/index.html>

Historique

Outils et méthodes

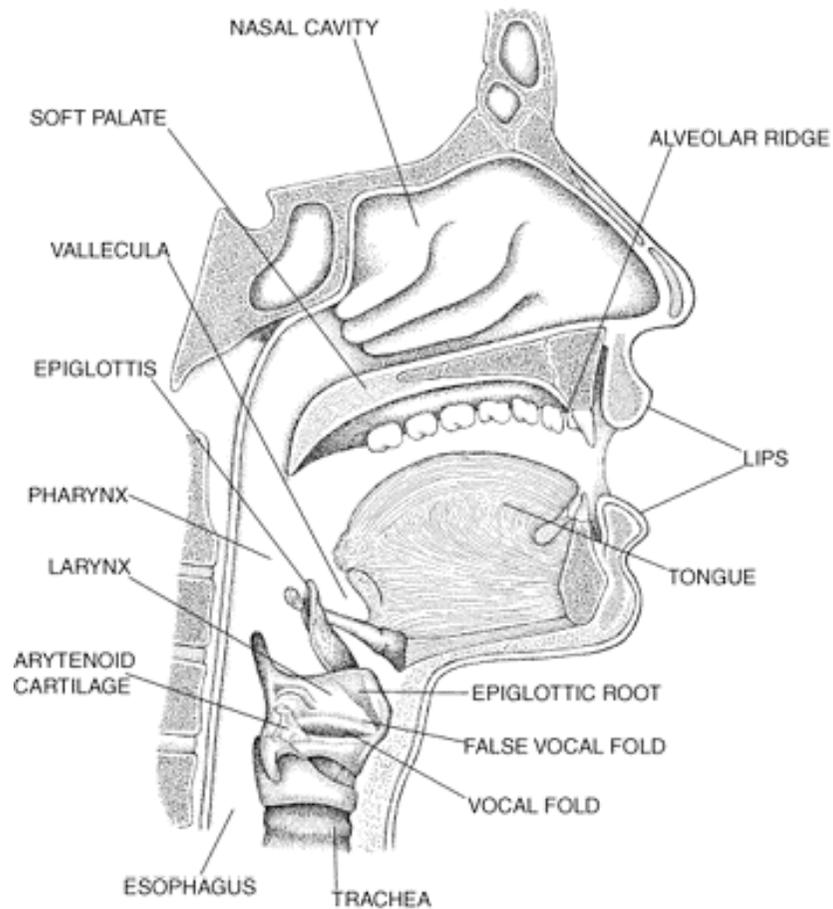
Taxinomie

Perception



# I- La voix humaine, les enjeux de la robotique

## 1) Fonctionnement du système vocal



## 2) Exemples fort modestes de synthèse d'une voix de robot

Dans le domaine musical

Synthèse du son : synthèse additive, synthèse soustractive, synthèse FM

Échantillonnage : enregistrement et reproduction de morceaux de sons

Pour la parole :

Icologue                    synthèse granulaire

Chant (IRCAM)        synthèse par formants

Farinelli

Extrêmement complexe et couteux en temps machine

On se heurte à 2 problèmes :

la synthèse en elle-même, le réalisme du son

l'expressivité, la traduction des émotions

Awabot

## **J- Notions de design sonore / Relations son-image**

Retour à la phénoménologie

Sophia Lissa

Omerta

## K- Petite bibliographie

BAUDIER Hervé, *Prise de son et mixage* : Tome 1 & 2, Editions Dixit, 2009.

CHION Michel, *Le son*, éd. Dunod Cinéma, 2006

IMBERTY Michel, *Entendre la musique, Sémantique psychologique de la musique*, Tomes 1, Dunod, 1979

IMBERTY Michel, *Les écritures du temps, Sémantique psychologique de la musique*, Tomes 2, Dunod, 1981

MERCIER Denis, *Le livre des techniques du son*, Tome 1, 2 & 3, 4e édition, Ed. Dunod, 2010.

NATTIEZ Jean-Jacques, *Fondements d'une sémiologie de la musique*, Paris, UGE, 10/18, 1975

RUMSEY Francis, MCCORMICK Tim, BOURRE Jean-Paul, *Son et enregistrement (Théorie et pratique)*, Coll. : Son et vidéo, Ed. Eyrolles, 360 p. 2002 (2e édition).

SCHAEFFER Pierre, *Traité des objets musicaux, essai interdisciplinaire*, INA/GRM/EDISUD., Éditions du Seuil, 1966 et 1976 (2<sup>nd</sup>e édition).

SCHAEFFER Pierre et REIBEL Guy, *Solfège de l'objet sonore*, Paris : INA-GRM, C2010/11/12, 1998. (comporte trois CD).

SCHAFFER Ray Murray, *Le paysage sonore*, Éditions J.C. Latte, 1979.

<http://perceptionsonoretpe.free.fr/index.html>

[http://www.cap-sciences.net/upload/BM\\_sons.pdf](http://www.cap-sciences.net/upload/BM_sons.pdf)

<http://www.ecole-art-aix.fr/article1861.html>

[http://www.institut-national-audiovisuel.fr/sites/ina/medias/upload/grm/mini-sites/tutoriaux\\_audacity/co/Tutoriaux.html](http://www.institut-national-audiovisuel.fr/sites/ina/medias/upload/grm/mini-sites/tutoriaux_audacity/co/Tutoriaux.html)

<http://www.sonorisation-spectacle.org/technologie/chaine-electroacoustique.html>

<http://www.techniquesduson.com/> et <http://www.techniquesduson.com/decibels.html>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9cibel\\_%28bruit%29](http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9cibel_%28bruit%29)

[http://www.audiosonica.com/fr/cours/post/2/Table\\_des\\_matières](http://www.audiosonica.com/fr/cours/post/2/Table_des_matières)

<http://tc2.free.fr/espace/>

<http://multiphonie.free.fr/> et <http://acousmobile.free.fr/>

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Son\\_multicanal#Probl.C3.A9matique\\_de\\_la\\_diffusion\\_multicanal](http://fr.wikipedia.org/wiki/Son_multicanal#Probl.C3.A9matique_de_la_diffusion_multicanal)