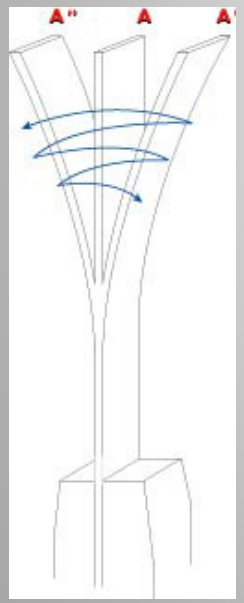
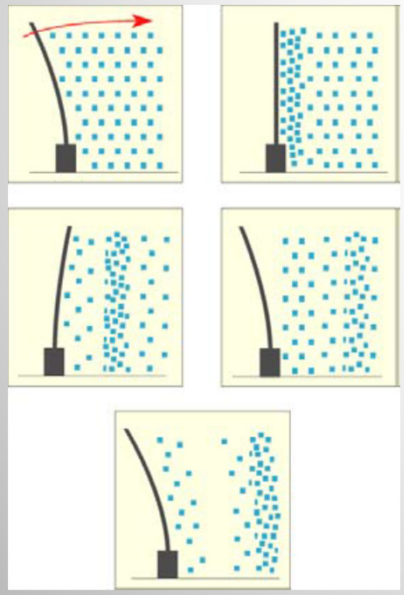
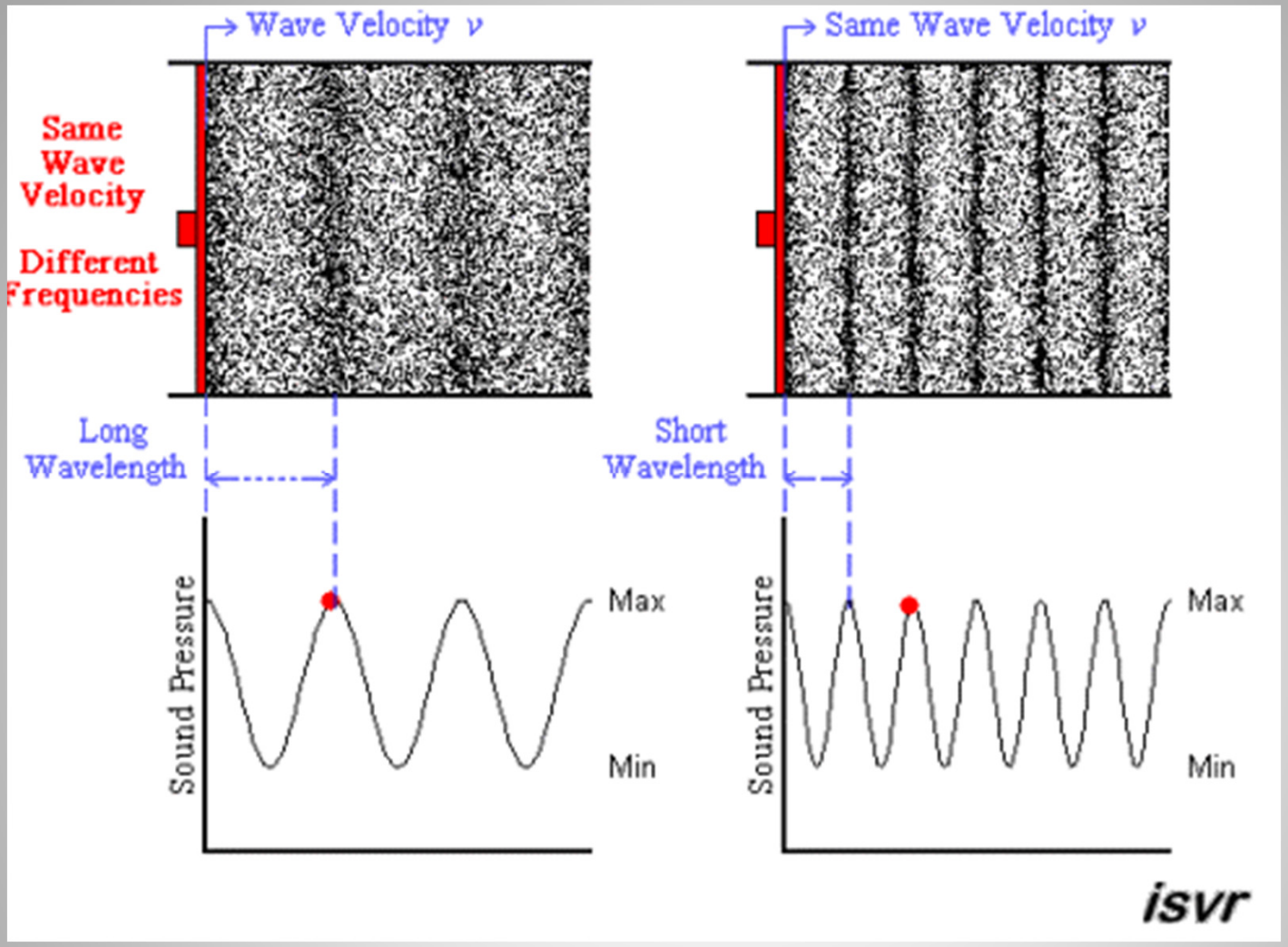
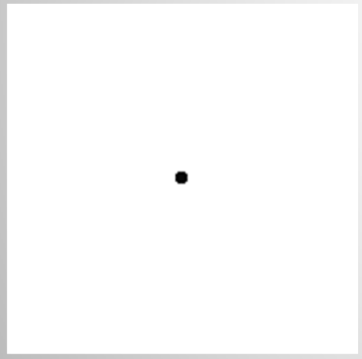
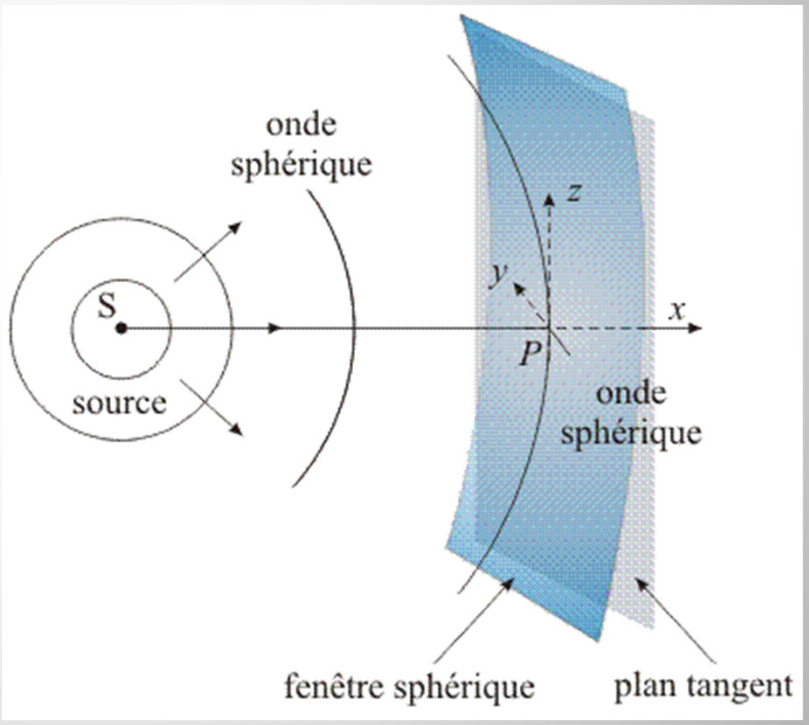
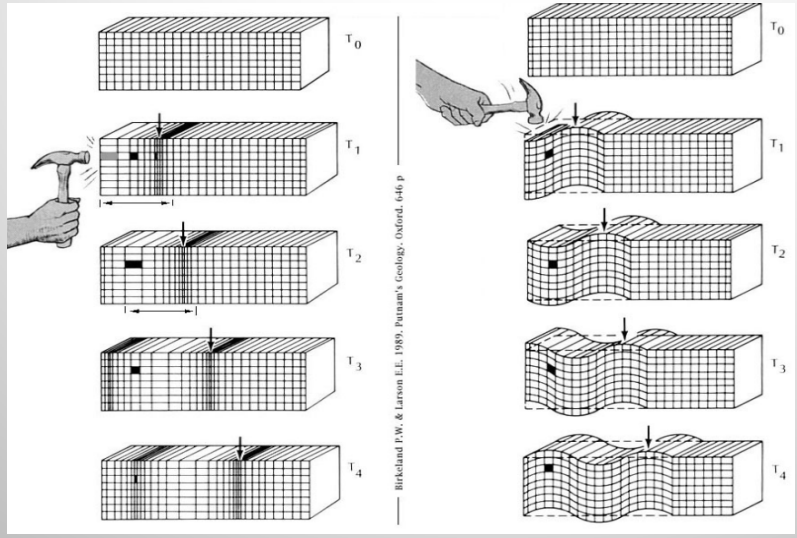

A''
A
A'



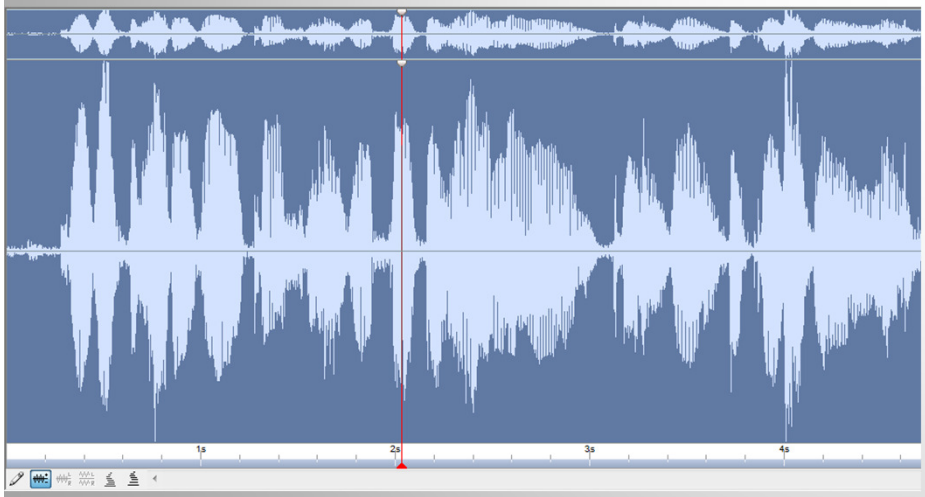

Wave Velocity ν
Same Wave Velocity ν
Same Wave Velocity
Different Frequencies
Long Wavelength
Short Wavelength
Sound Pressure
Max
Min
Sound Pressure
Max
Min
isvr

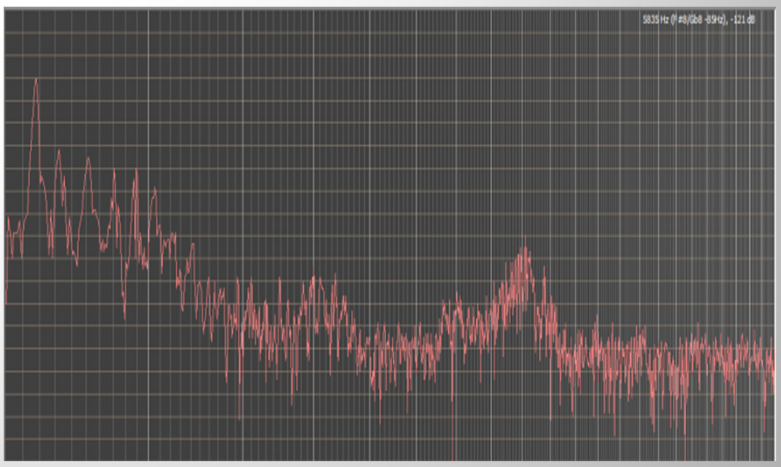


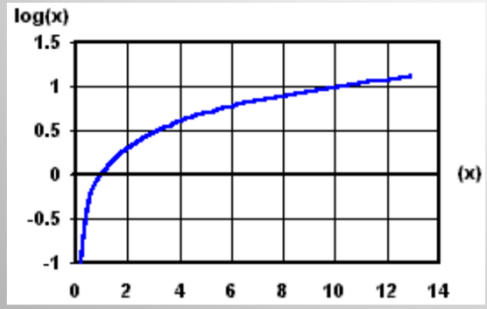

onde
sphérique
z
y
x
S
P
source
onde
sphérique
fenêtre sphérique
plan tangent

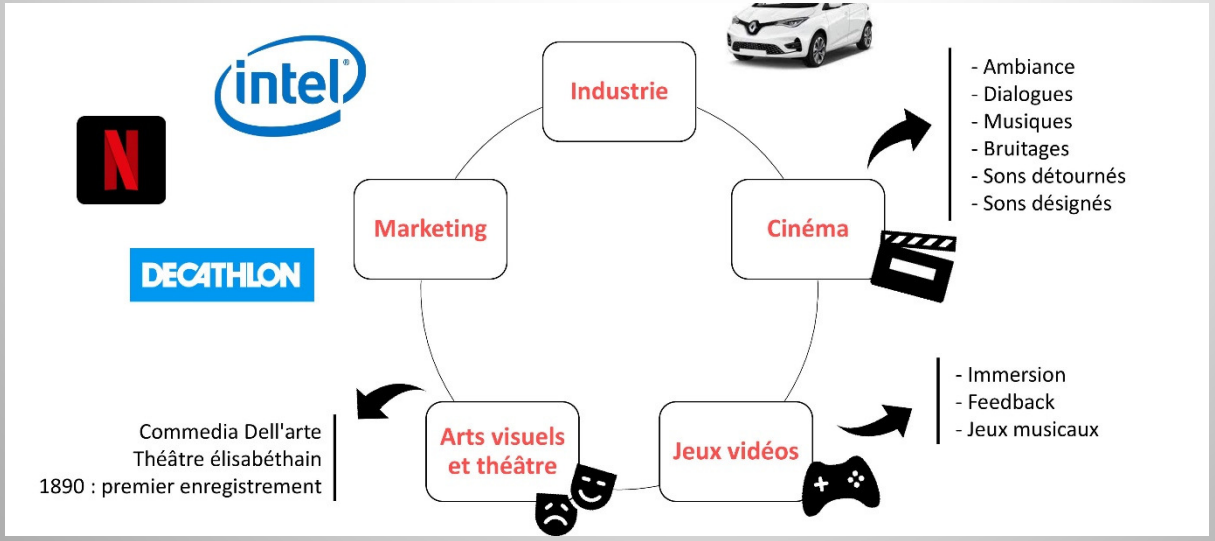

T0
T1
T2
T3
T4
Birkeland P.W. & Larson E.E. 1989. Putnam's Geology. Oxford. 646 p
T0
T1
T2
T3
T4

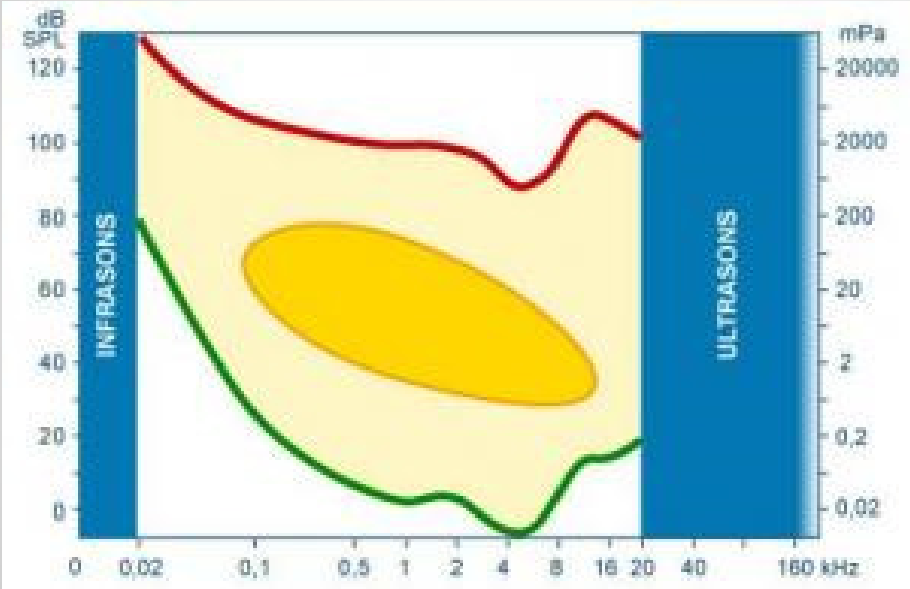

20 Hz
20 000 Hz
Infrasons
Sons audibles
Ultrasons
200 Hz
2 000 Hz
Fréquence
Sons inaudibles
Sons graves
Sons médium
Sons aigus
Sons inaudibles

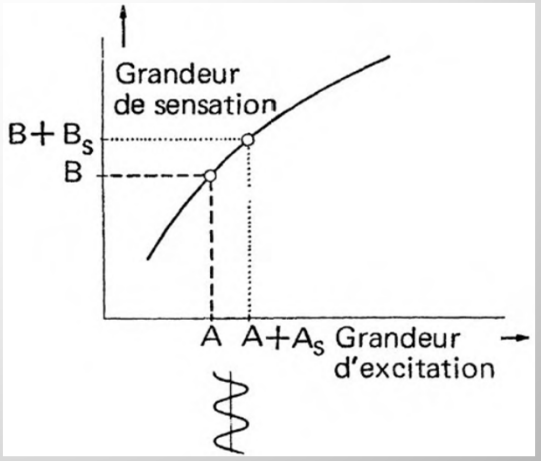

1s
2s
3s
4s

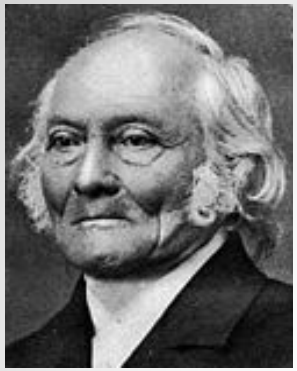



log(x)
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
0
2
4
6
8
10
12
14
(x)

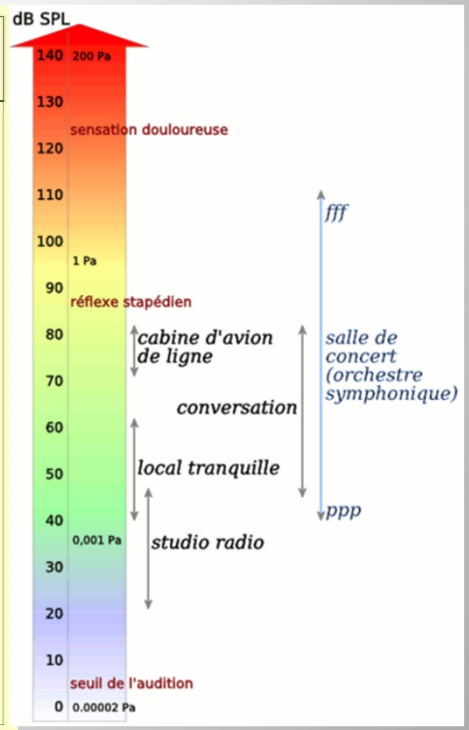

intel
DECATHLON
Industrie
Cinéma
Jeux vidéos
Arts visuels et théâtre
Marketing
- Ambiance
- Dialogues
- Musiques
- Bruitages
- Sons détournés
- Sons désignés
- Immersion
- Feedback
- Jeux musicaux
Commedia Dell'arte
Théâtre élisabéthain
1890 : premier enregistrement


dB SPL
120
100
80
60
40
20
0
INFRASONS
ULTRASONS
mPa
20000
2000
200
20
2
0,2
0,02
0
0,02
0,1
0,5
1
2
4
8
16
20
40
160 kHz


Grandeur
de sensation
B+ Bs
B
A
A+As
Grandeur
d'excitation

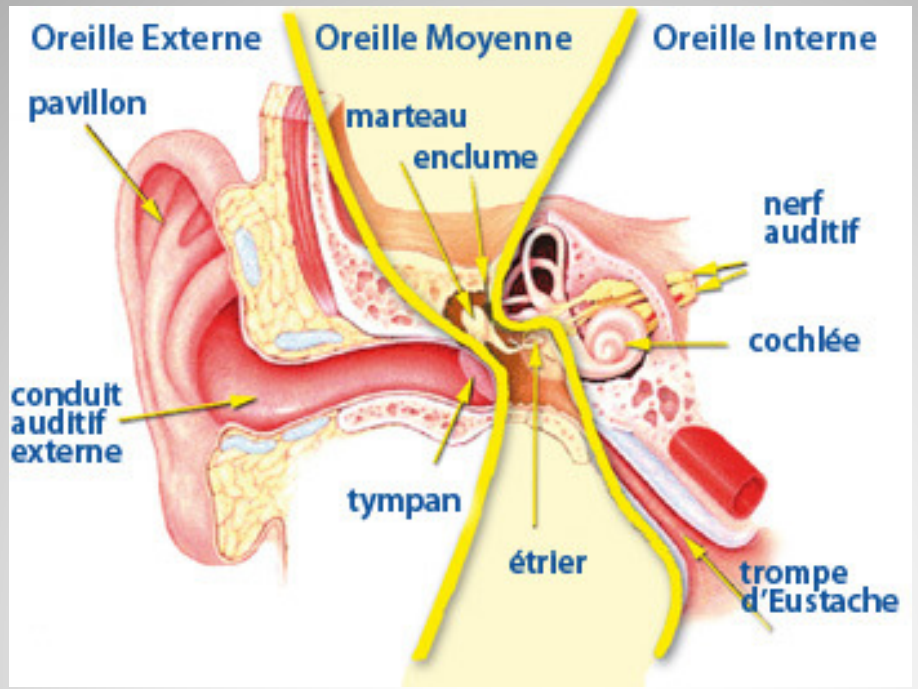


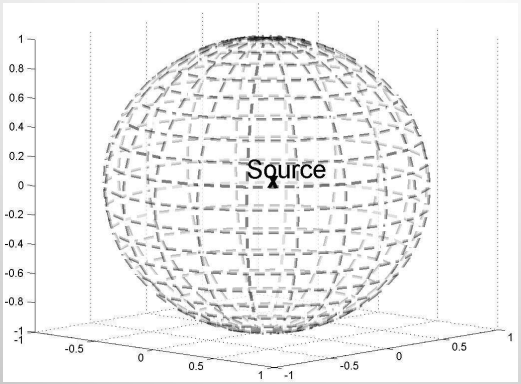
Pression (Pa)	Niveau de pression acoustique (dB)		Exemples	Sensation auditive
	180		Fusée Ariane au décollage	Insupportable
200	140		Moteur d'avion à réaction	Douloureux
20	120	*2,5 min maxi*	Voiture de "Formule 1"	Difficilement supportable
	110	*25 min maxi*	Passage d'un train	
2	100	*4h maxi*	Marteau piqueur	Très bruyant
	90	*40h maxi*	Alarme de voiture	
0,2	80		Rue à grande circulation	Fatigant
	70		Restaurant bruyant, rue	Bruits courants
0,02	60		Conversation normale	Gênant
	50		Bureau, piscine	
0,002	40		Séjour, salle de cours	Reposant
	30		Chambre à coucher	Calme
0,0002	20		Studio, campagne tranquille	
	10		Déplacement d'une personne	
0,00002	0		Seuil d'audition	

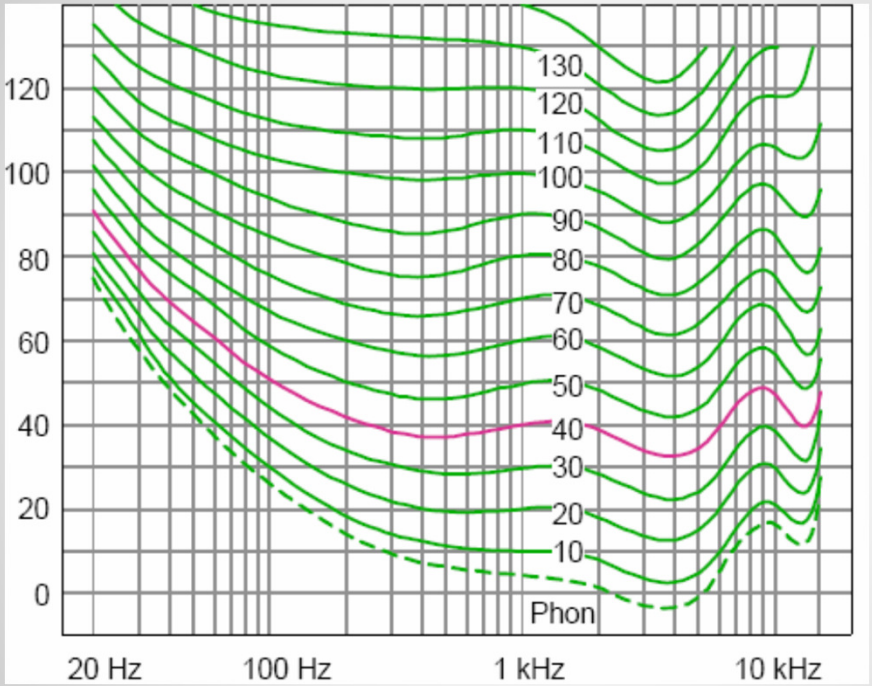


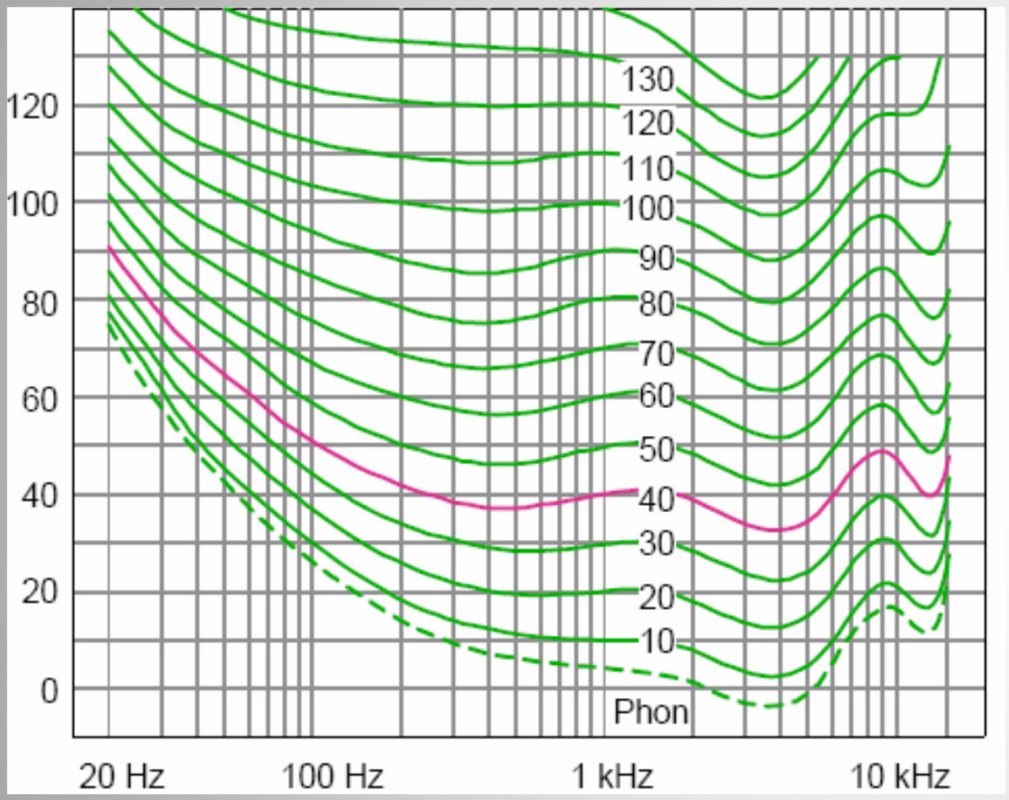
Echelle des niveaux sonores à 1 kHz

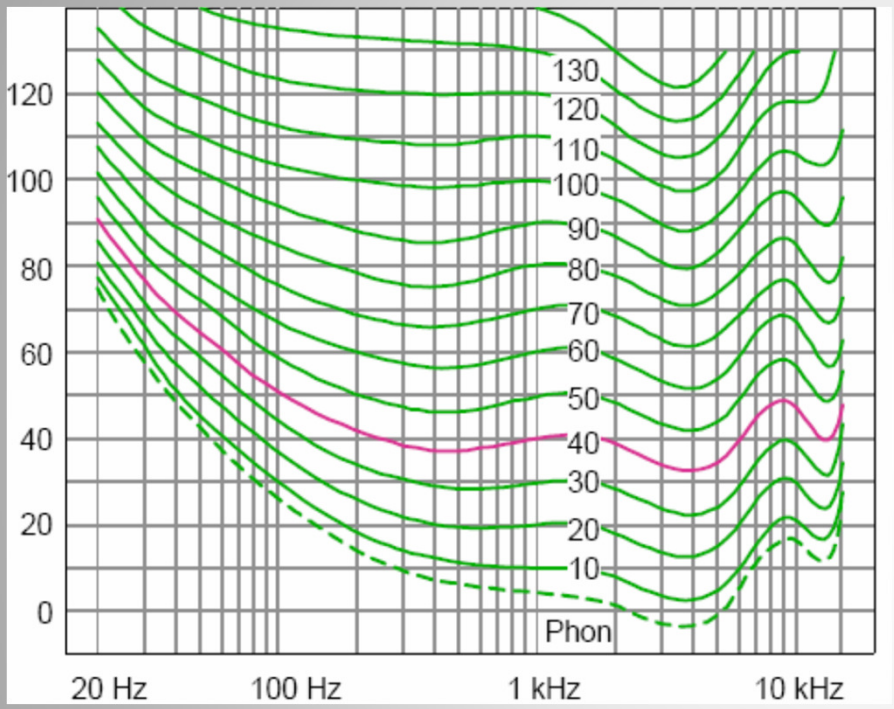
Oreille externe	Oreille moyenne	Oreille interne…
Acoustique	Mécanique	Transducteur mécanique-électrochimique

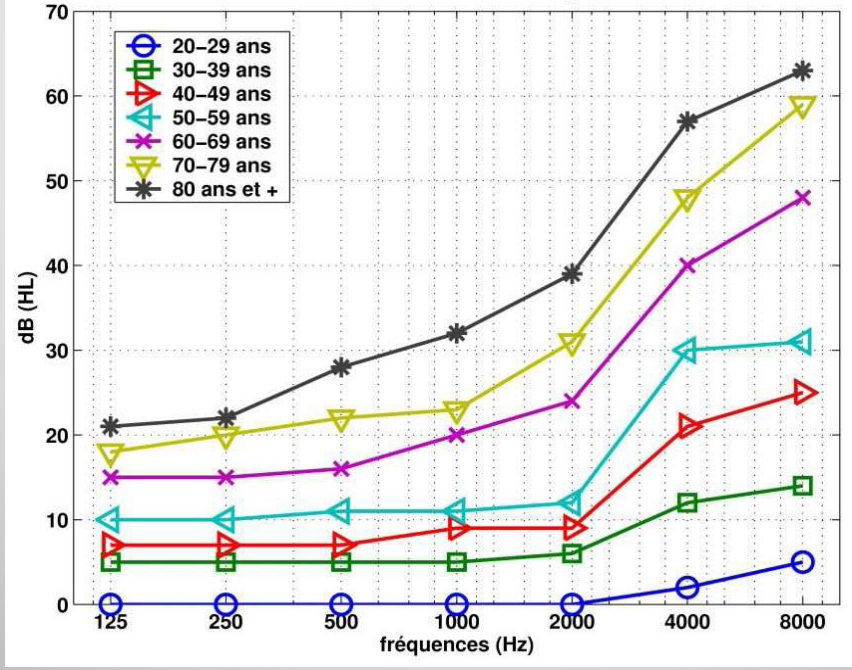

Oreille Externe
Oreille Moyenne
Oreille Interne
pavillon
marteau
enclume
nerf auditif
cochlée
conduit auditif externe
tympan
étrier
trompe d'Eustache

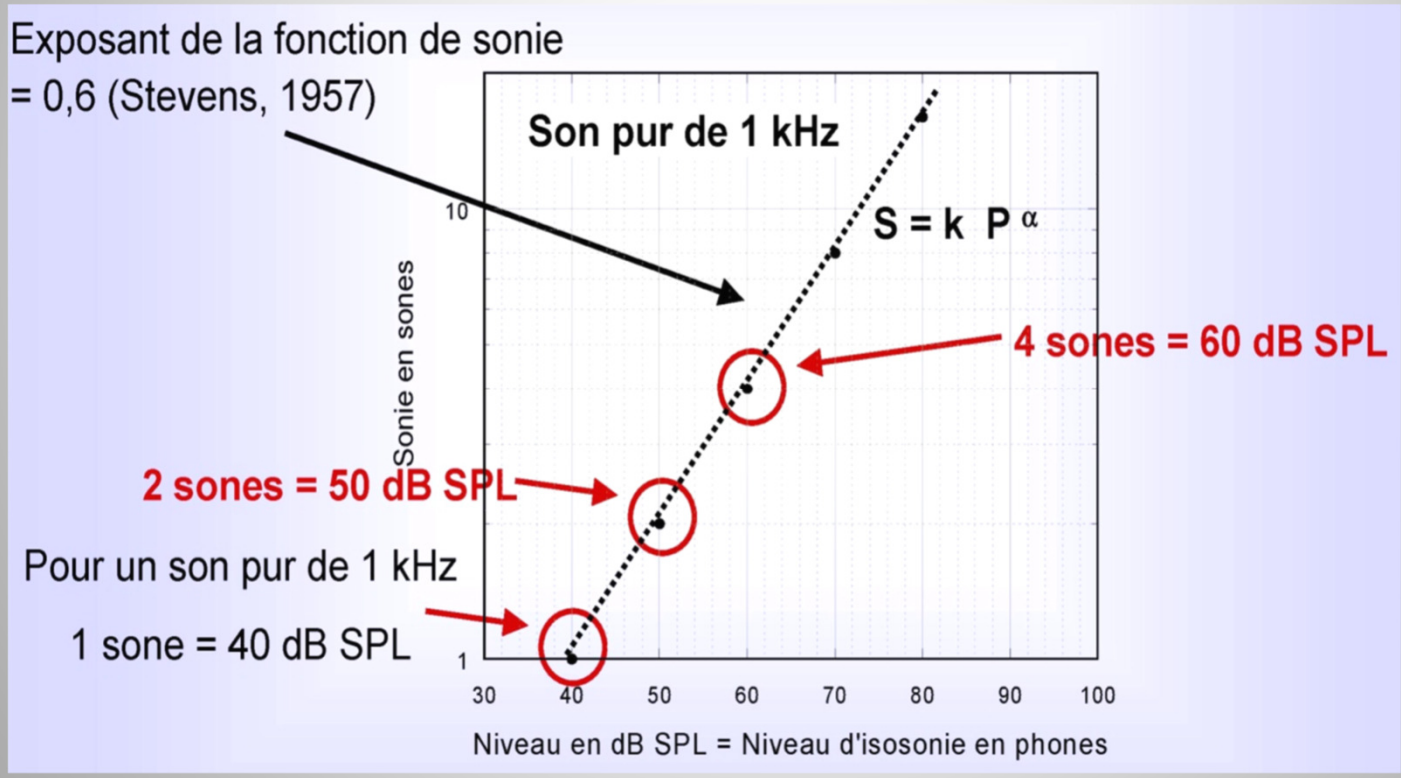

Source
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-0.5
0
0.5
1

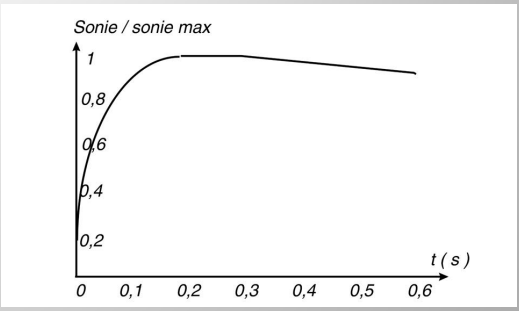

120
100
80
60
40
20
0
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
Phon
20 Hz
100 Hz
1 kHz
10 kHz

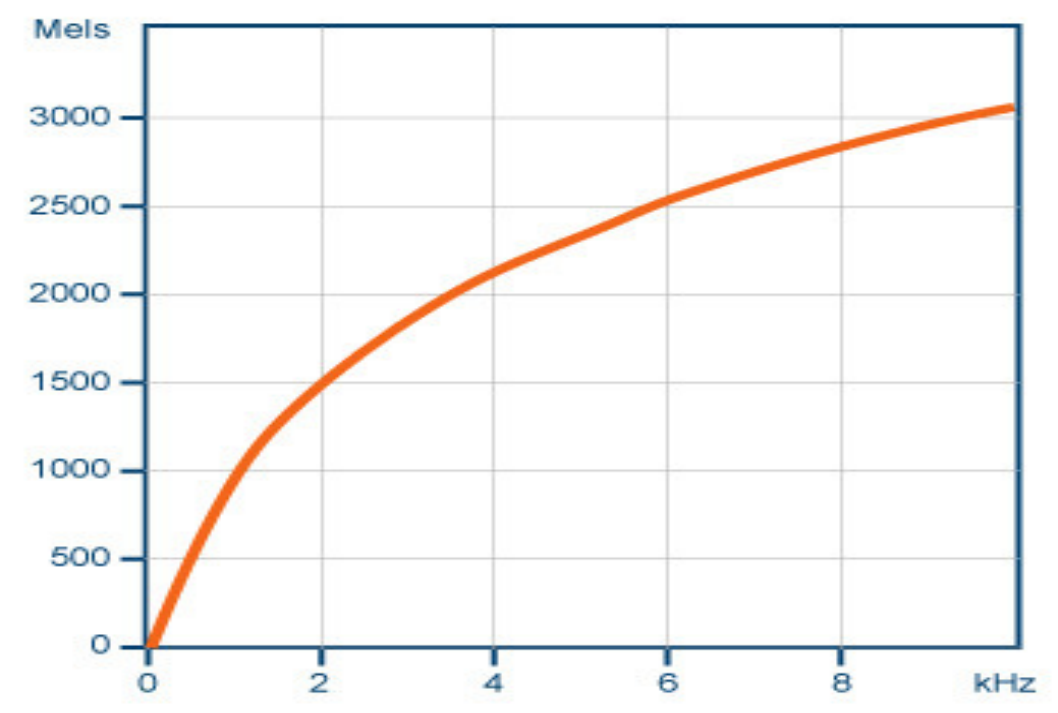

120
100
80
60
40
20
0
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
Phon
20 Hz
100 Hz
1 kHz
10 kHz

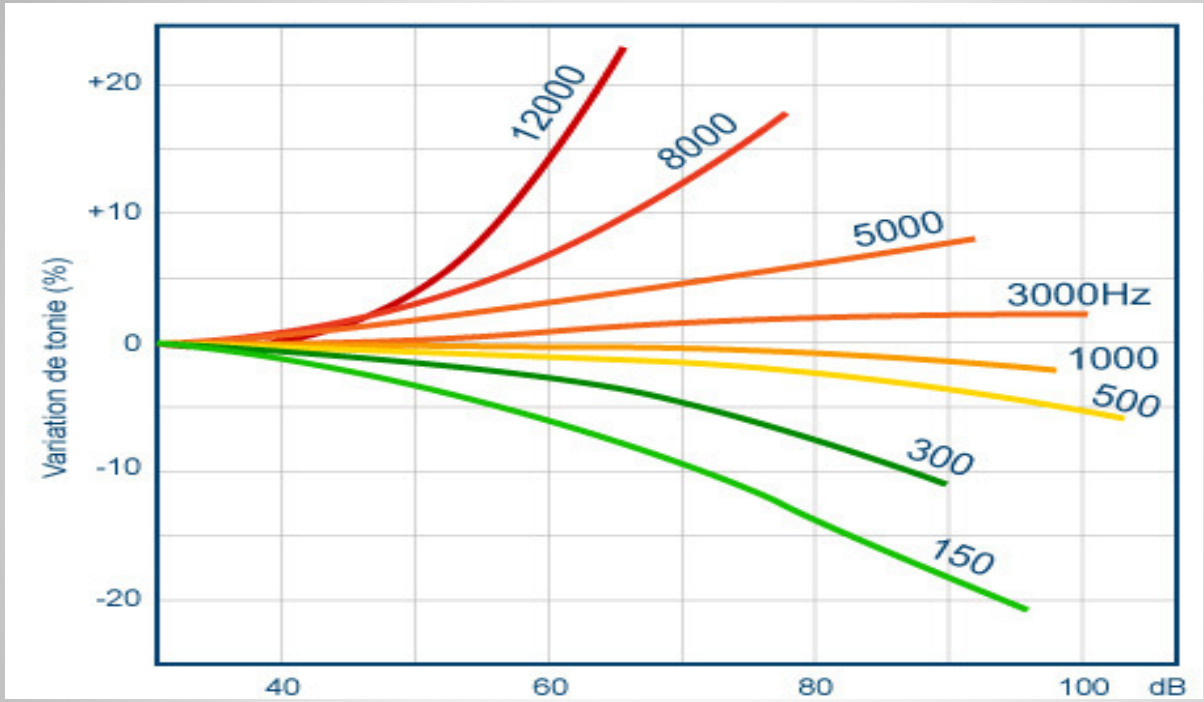

120
100
80
60
40
20
0
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
Phon
20 Hz
100 Hz
1 kHz
10 kHz

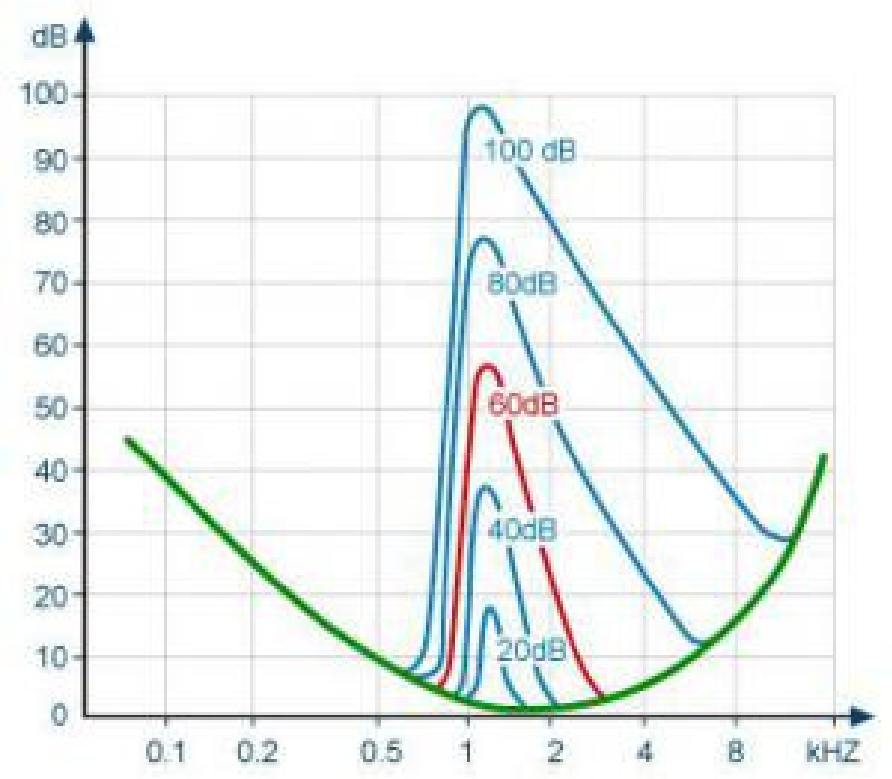

20–29 ans
30–39 ans
40–49 ans
50–59 ans
60–69 ans
70–79 ans
80 ans et +
dB (HL)
fréquences (Hz)
0
10
20
30
40
50
60
70
125
250
500
1000
2000
4000
8000

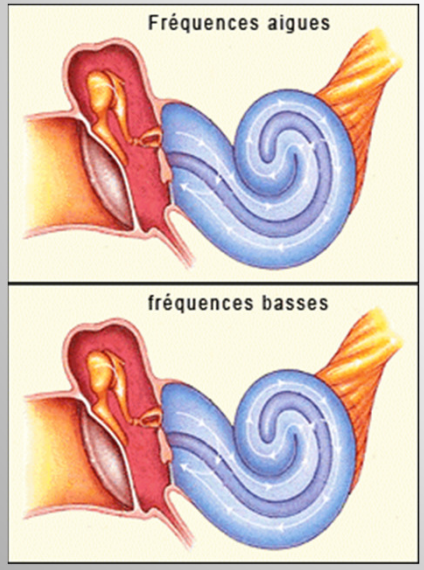

Exposant de la fonction de sonie
= 0,6 (Stevens, 1957)
Son pur de 1 kHz
S = k P α
4 sones = 60 dB SPL
2 sones = 50 dB SPL
Pour un son pur de 1 kHz
1 sone = 40 dB SPL
Sonie en sones
10
1
30
40
50
60
70
80
90
100
Niveau en dB SPL = Niveau d'isosonie en phones

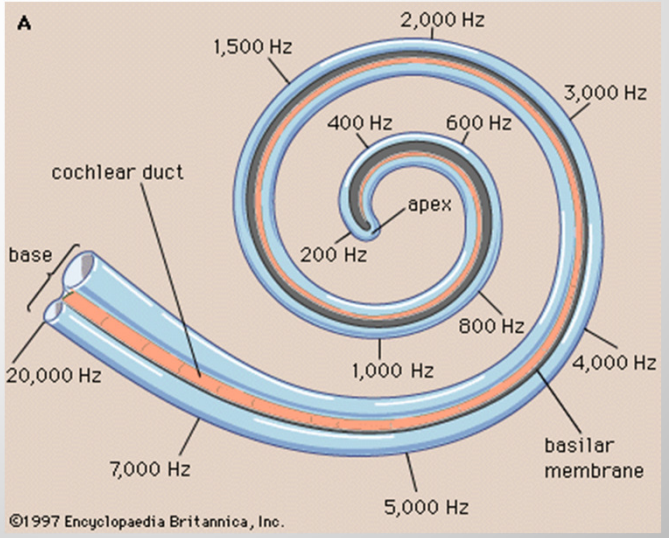

Sonie / sonie max
1
0,8
0,6
0,4
0,2
t (s)
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6

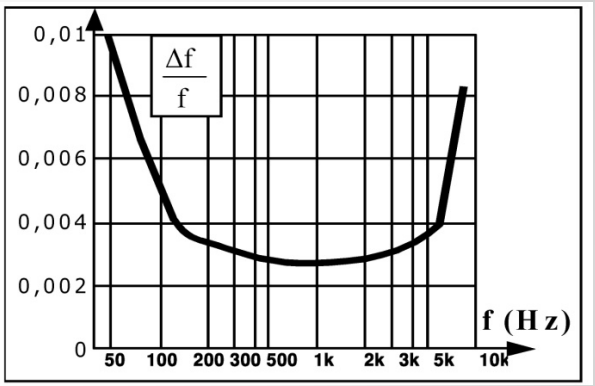

Mels
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
2
4
6
8
kHz

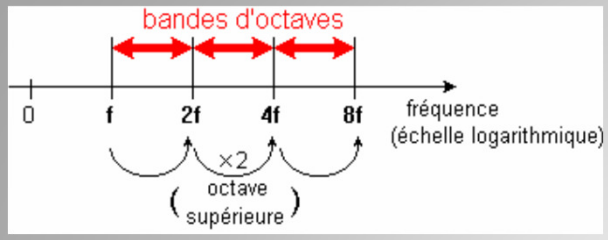

+20
+10
0
-10
-20
Variation de tonie (%)
12000
8000
5000
3000Hz
1000
500
300
150
40
60
80
100
dB

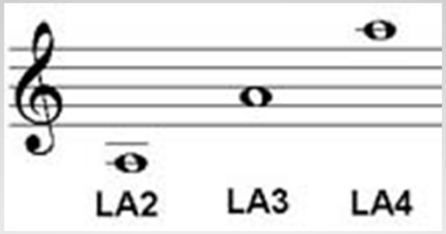

dB
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
100 dB
80dB
60dB
40dB
20dB
0.1
0.2
0.5
1
2
4
8
kHZ

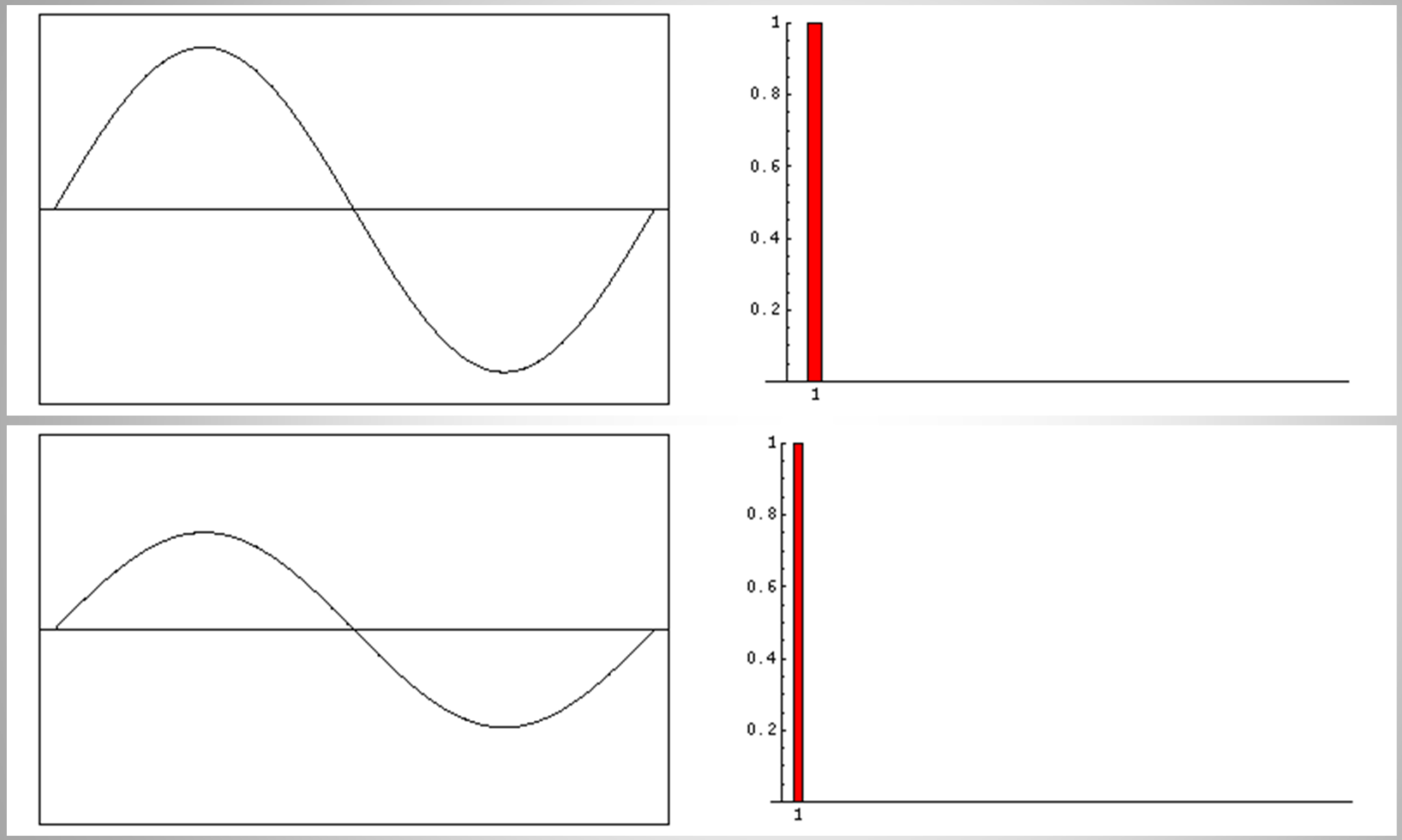

Fréquences aigues
fréquences basses

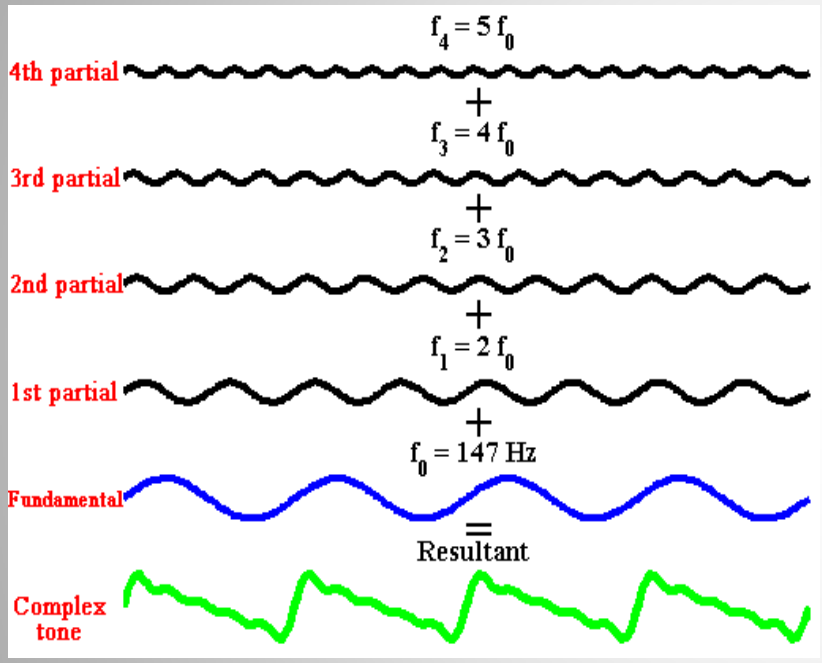

A
2,000 Hz
1,500 Hz
3,000 Hz
400 Hz
600 Hz
cochlear duct
apex
200 Hz
base
800 Hz
1,000 Hz
4,000 Hz
20,000 Hz
basilar membrane
7,000 Hz
5,000 Hz
©1997 Encyclopaedia Britannica, Inc.

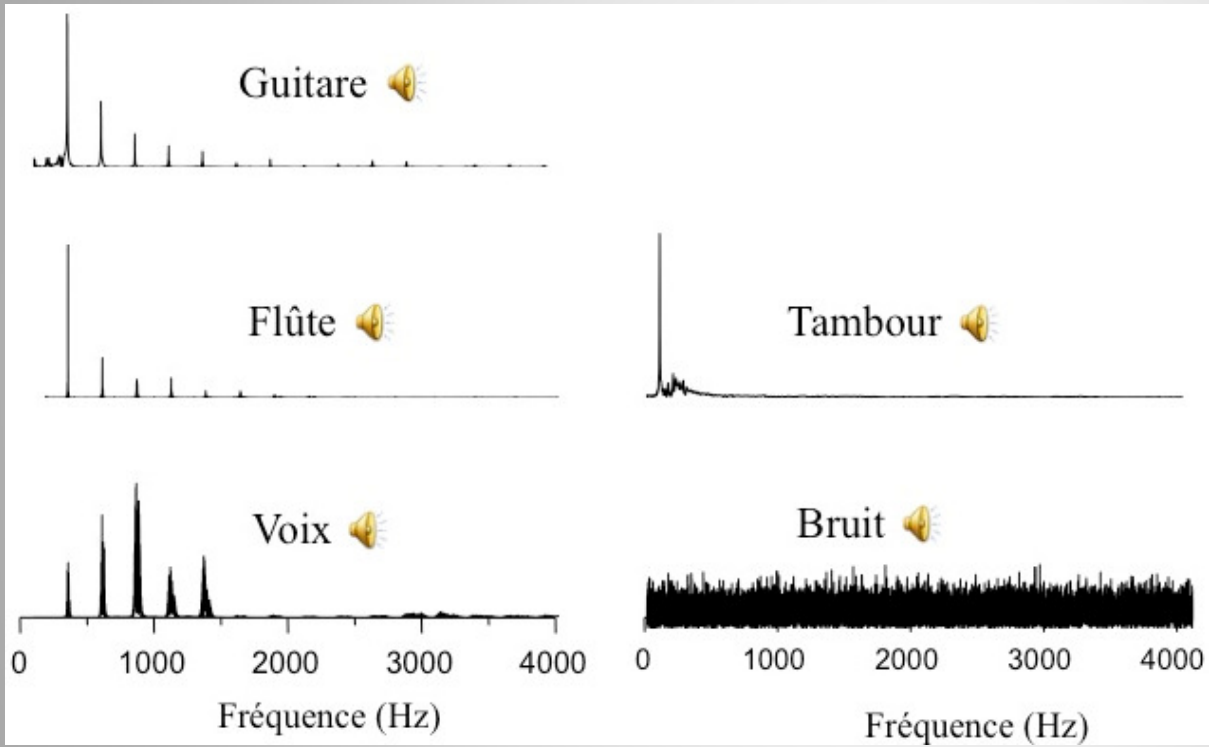

0,01
0,008
0,006
0,004
0,002
0
Δf
f
f (Hz)
50
100
200
300
500
1k
2k
3k
5k
10k

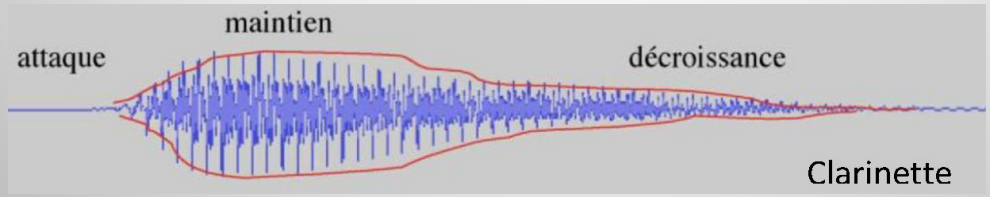

bandes d'octaves
0
f
2f
4f
8f
fréquence
(échelle logarithmique)
×2
octave
supérieure

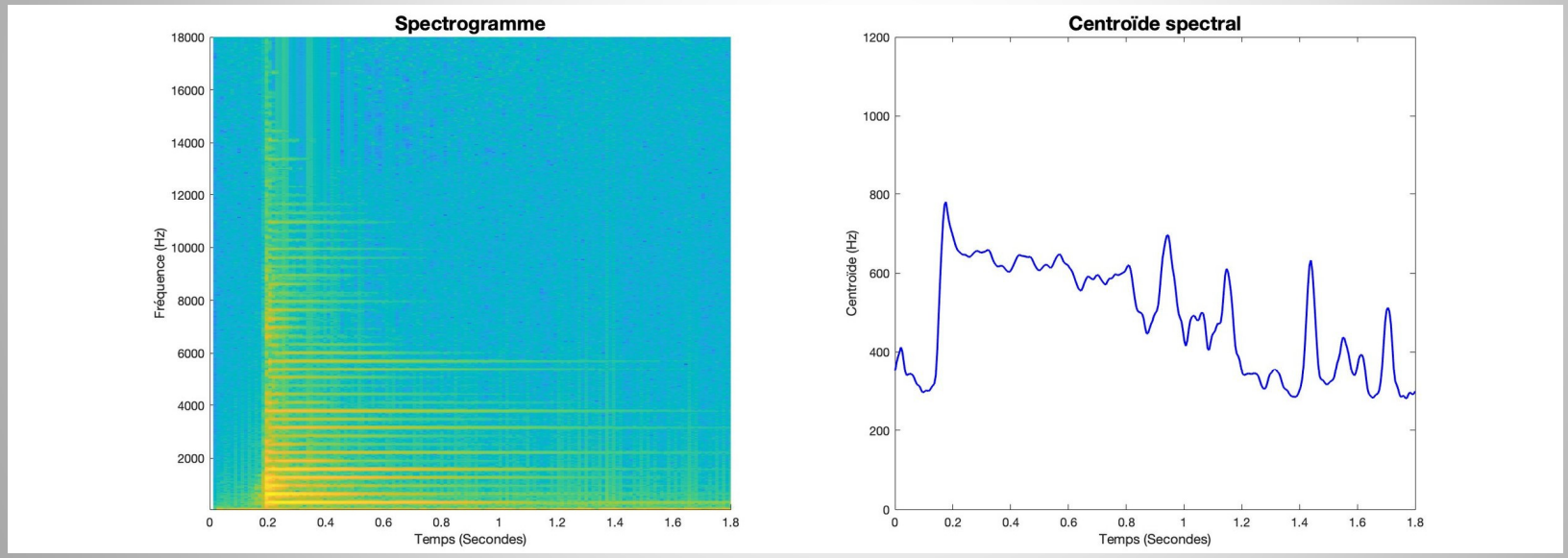

LA2
LA3
LA4

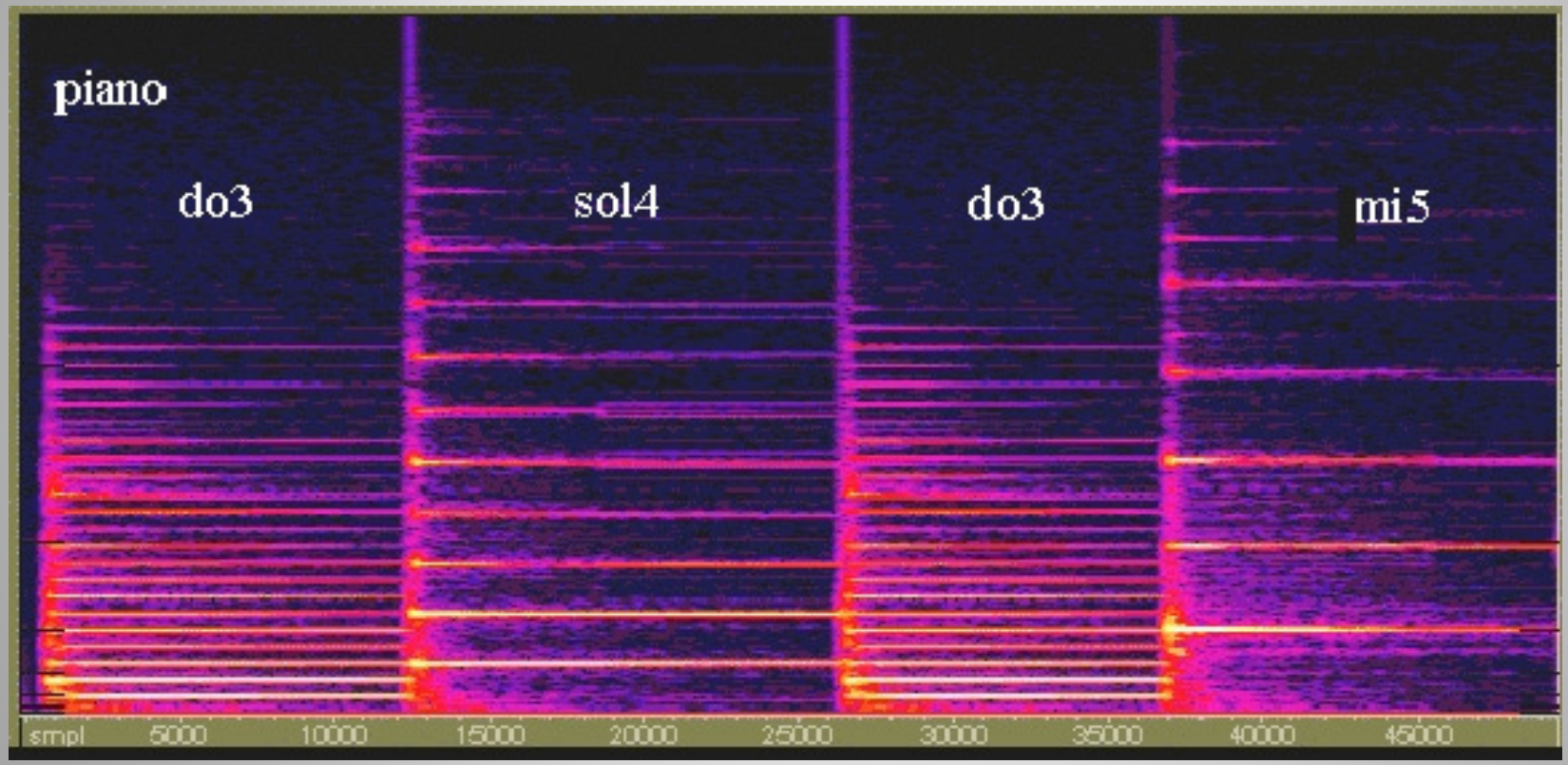

1
0.8
0.6
0.4
0.2
1
1
0.8
0.6
0.4
0.2
1


$f_4 = 5 f_0$
4th partial
+
$f_3 = 4 f_0$
3rd partial
+
$f_2 = 3 f_0$
2nd partial
+
$f_1 = 2 f_0$
1st partial
+
$f_0 = 147$ Hz
Fundamental
=
Resultant
Complex tone

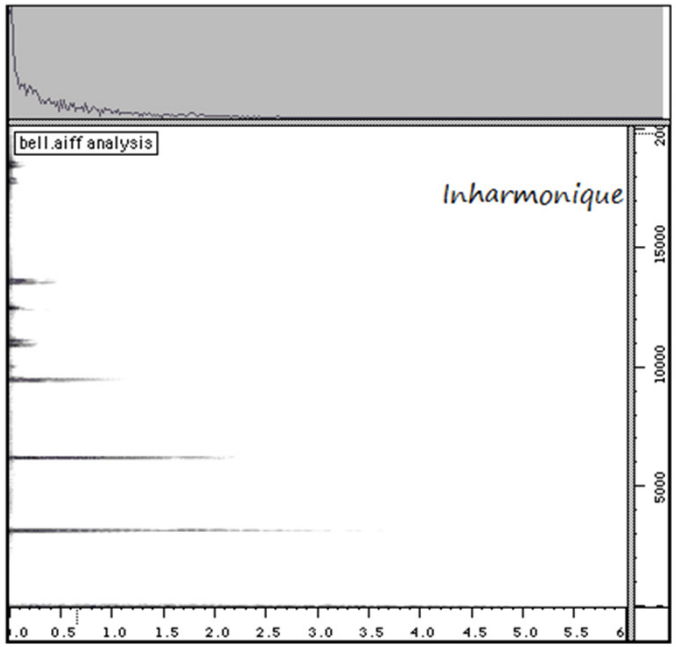

Guitare
Flûte
Tambour
Voix
Bruit
0
1000
2000
3000
4000
Fréquence (Hz)
0
1000
2000
3000
4000
Fréquence (Hz)


maintien
attaque
décroissance
Clarinette

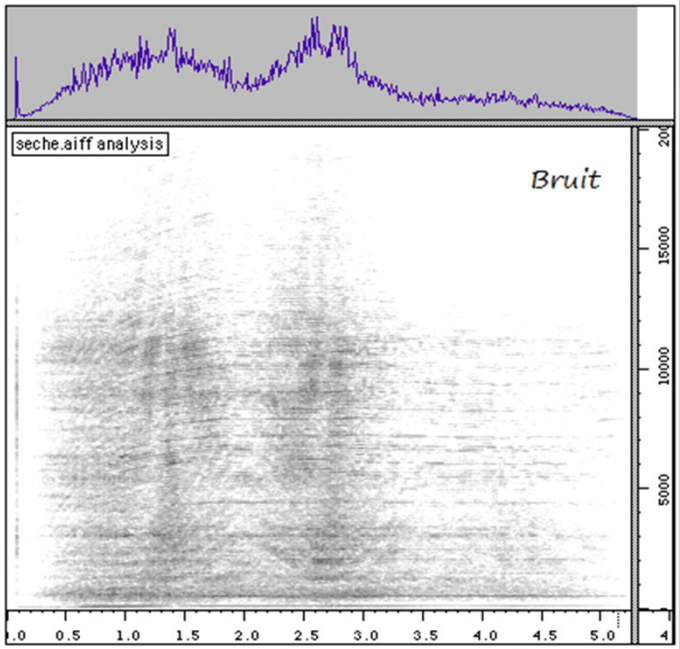

Spectrogramme
Fréquence (Hz)
Temps (Secondes)
Centroïde spectral
Centroïde (Hz)
Temps (Secondes)

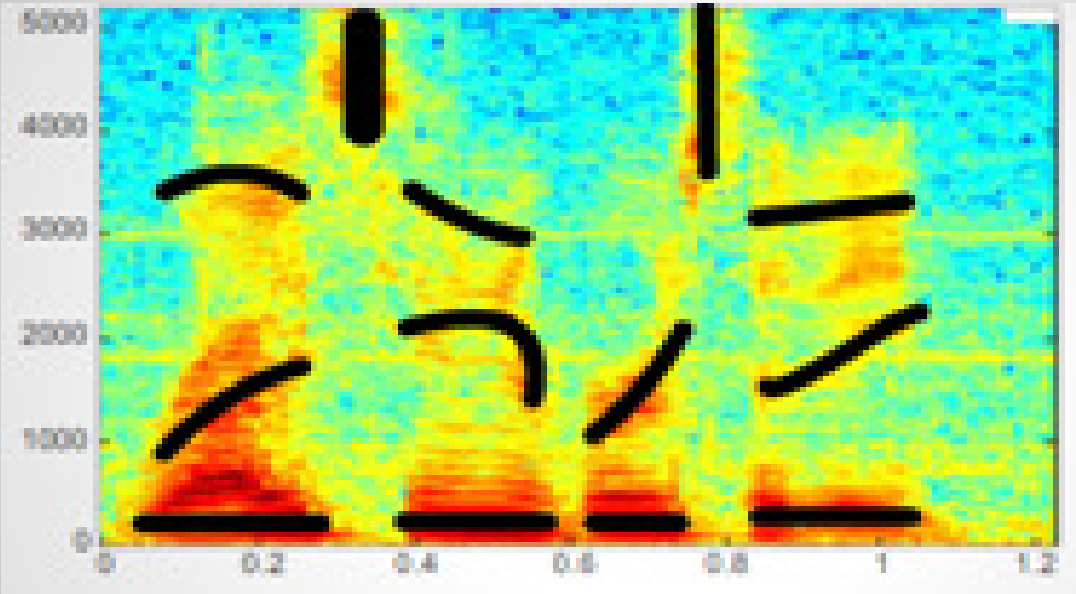

piano
do3
sol4
do3
mi5
smpl
5000
10000
15000
20000
25000
30000
35000
40000
45000

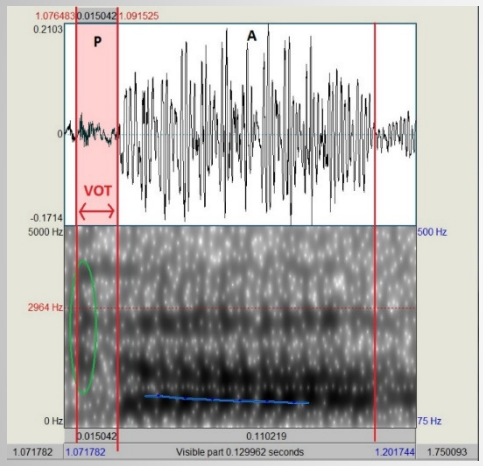
Sonogramme d'un son de cloche de temple

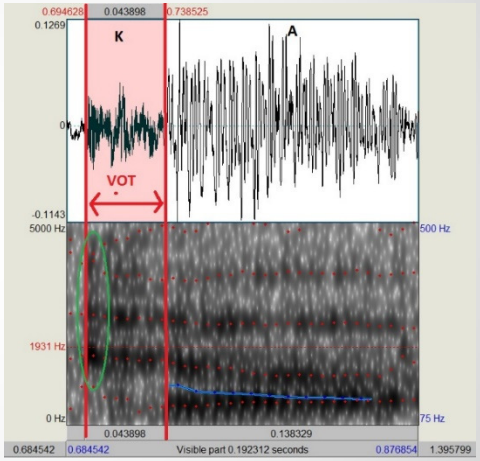


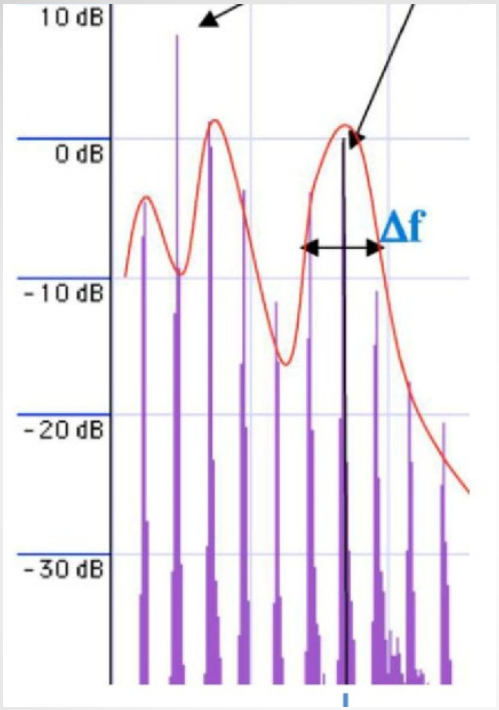
Sonogramme d'un son de sèche-cheveux



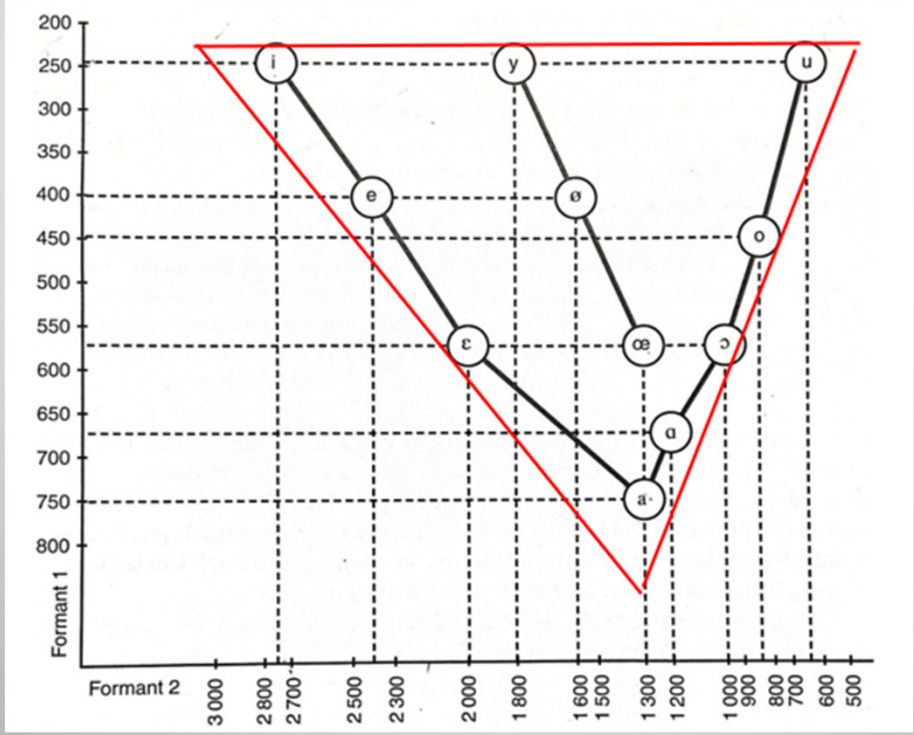

5000
4000
3000
2000
1000
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2


1.076483 0.015042 1.091525
0.2103
P
A
VOT
-0.1714
5000 Hz
500 Hz
2964 Hz
0 Hz
75 Hz
0.015042
0.110219
1.071782
1.071782
Visible part 0.129962 seconds
1.201744
1.750093


0.694628 0.043898 0.738525
0.1269
K
A
VOT
-0.1143
5000 Hz
500 Hz
1931 Hz
0 Hz
75 Hz
0.043898
0.138329
0.684542
0.684542
Visible part 0.192312 seconds
0.876854
1.395799

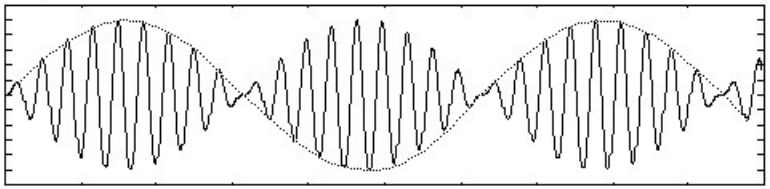

10 dB
0 dB
-10 dB
-20 dB
-30 dB
Δf

Voyelles	F_1	F_2
I	250Hz	2400Hz
Y	250Hz	1800Hz
U	250Hz	750Hz
E	375Hz	2200Hz



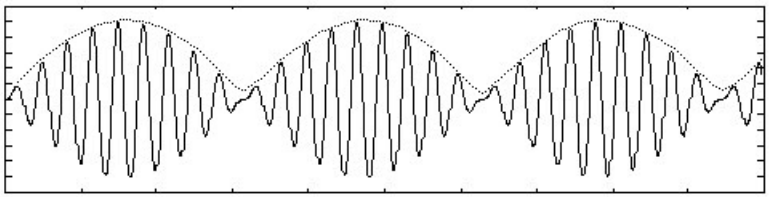
mathématiquement

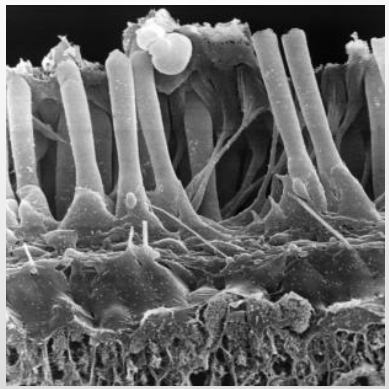
$\frac{|f_1 - f_2|}{2}$

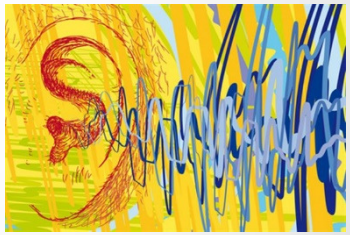


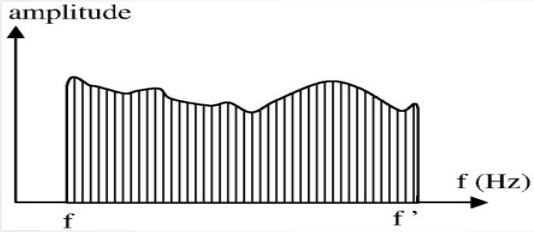
perceptivement

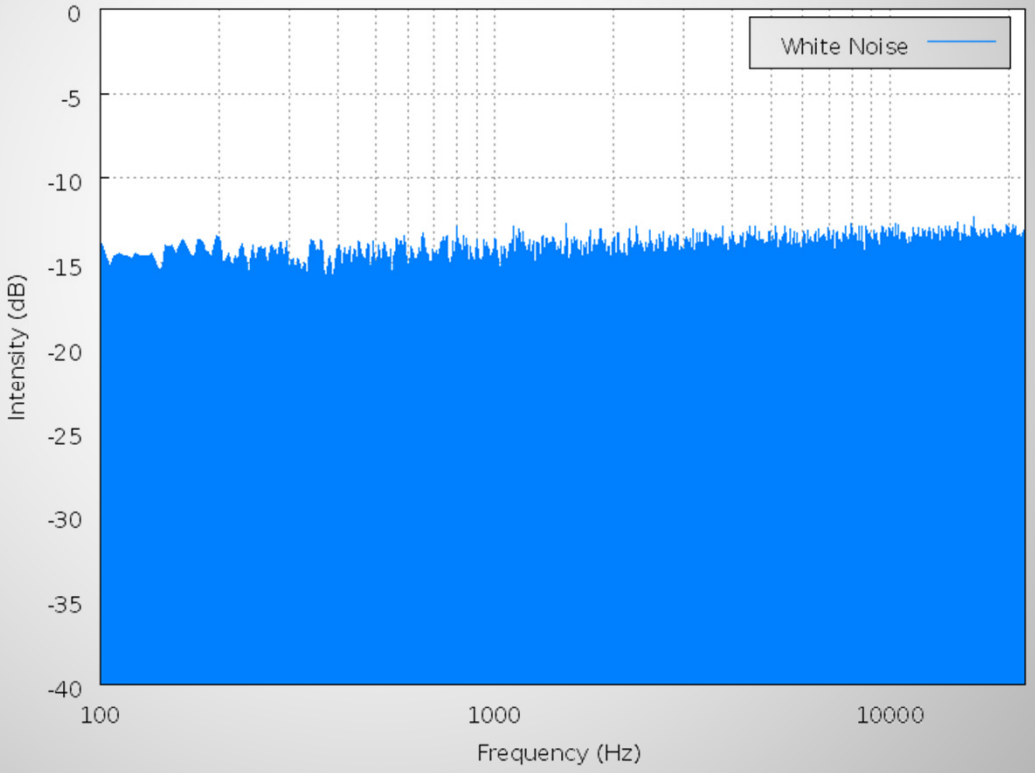
$|f_1 - f_2|$

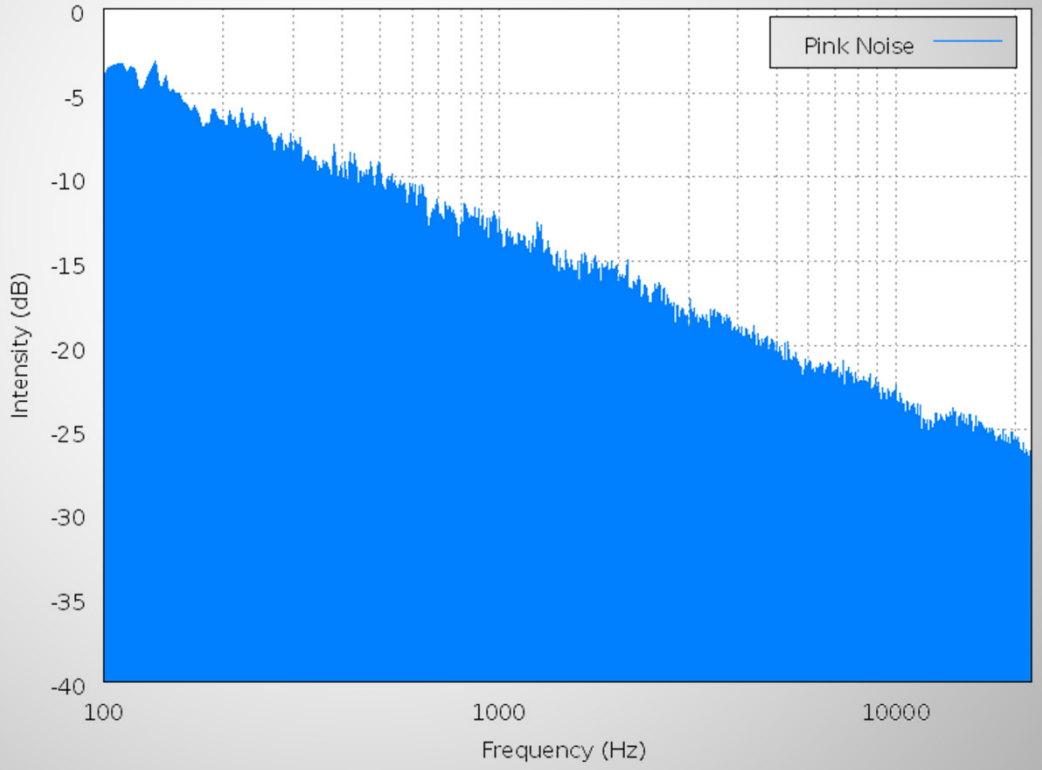


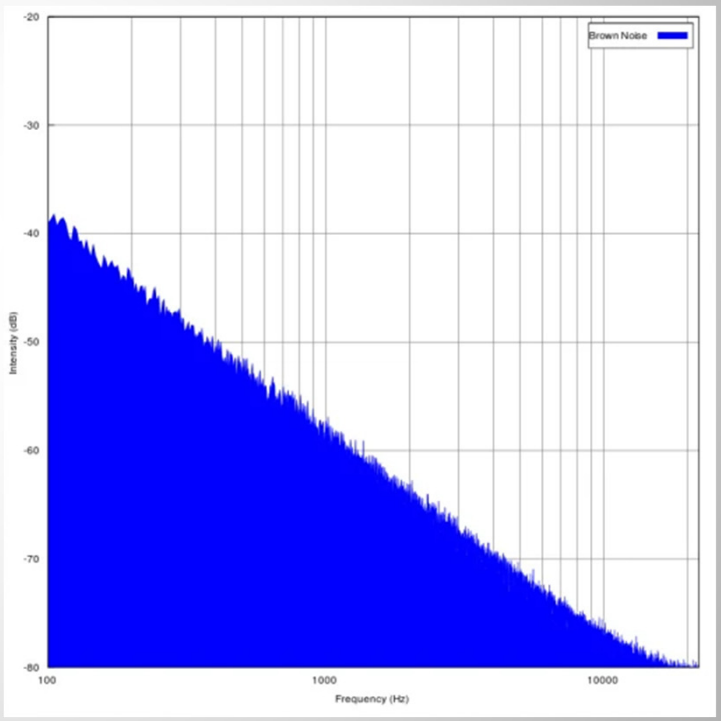


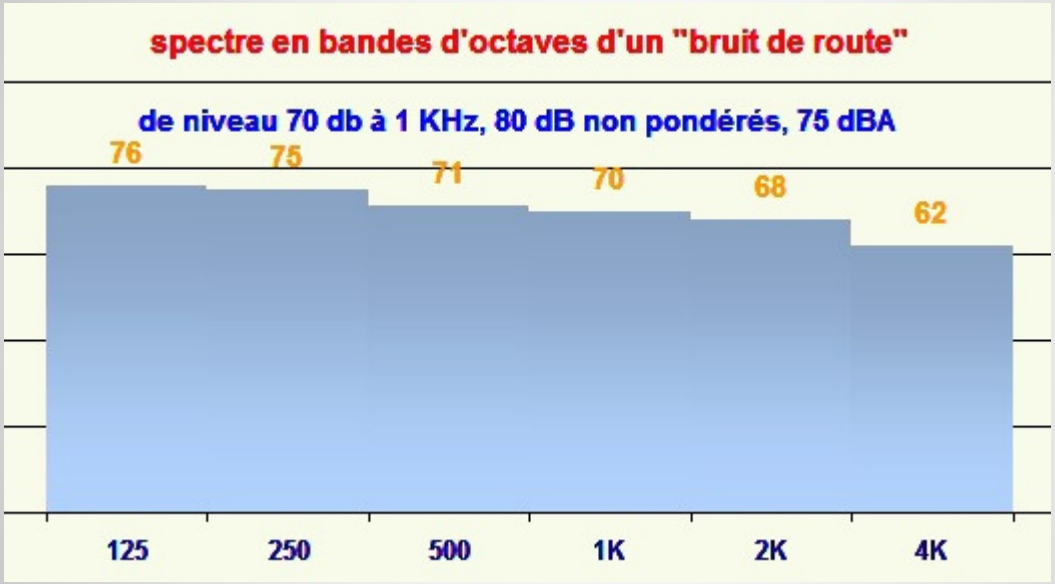


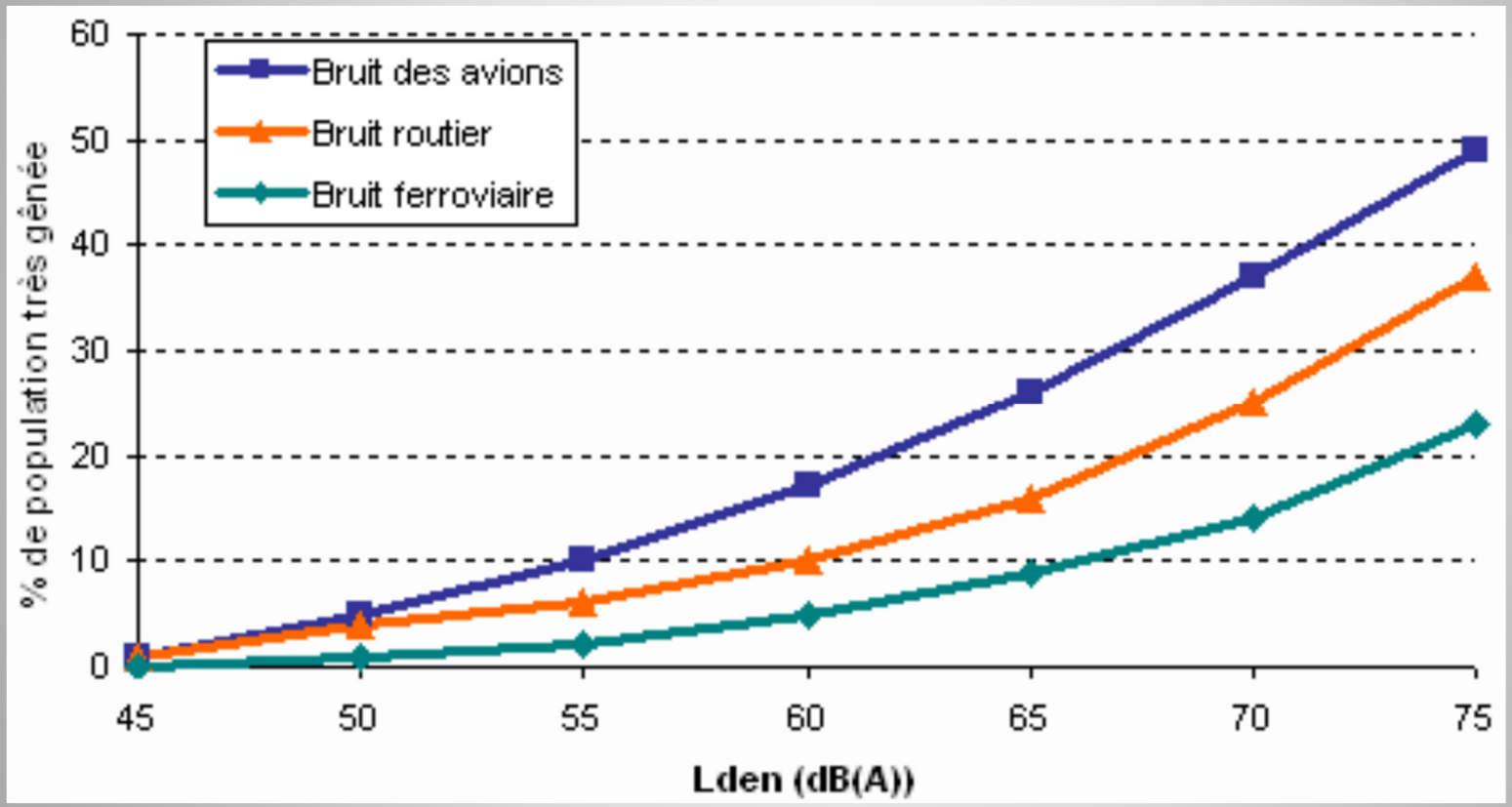

amplitude
f (Hz)
f
f '

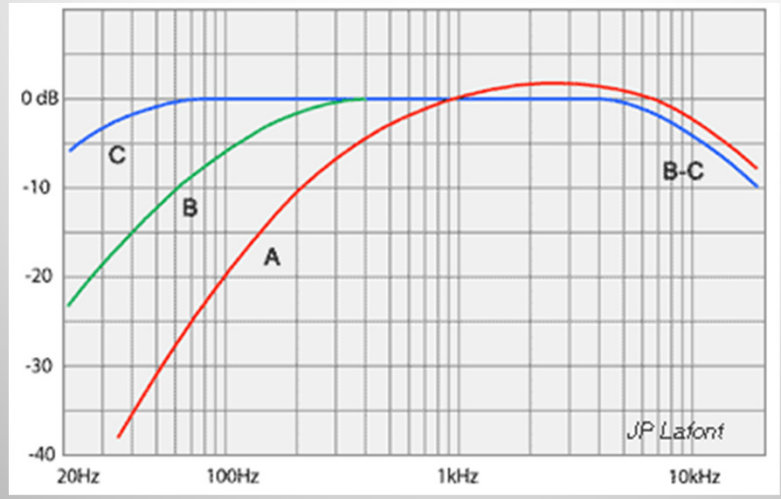

White Noise
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
Intensity (dB)
100
1000
10000
Frequency (Hz)


Pink Noise
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
Intensity (dB)
100
1000
10000
Frequency (Hz)

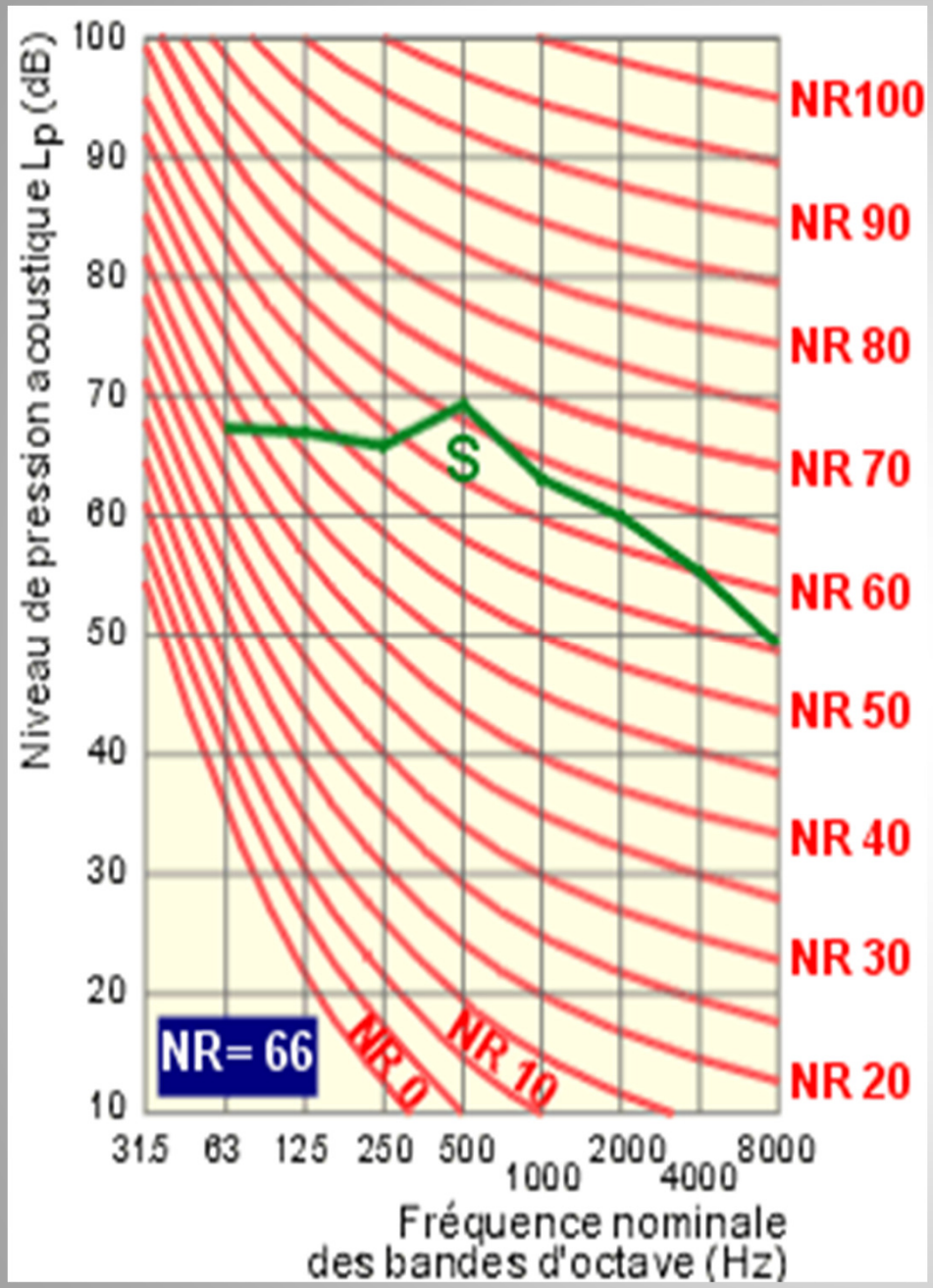

Brown Noise
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
Intensity (dB)
100
1000
10000
Frequency (Hz)


spectre en bandes d'octaves d'un "bruit de route"
de niveau 70 db à 1 KHz, 80 dB non pondérés, 75 dBA
76
75
71
70
68
62
125
250
500
1K
2K
4K


Bruit des avions
Bruit routier
Bruit ferroviaire
% de population très gênée
0
10
20
30
40
50
60
45
50
55
60
65
70
75
Lden (dB(A))

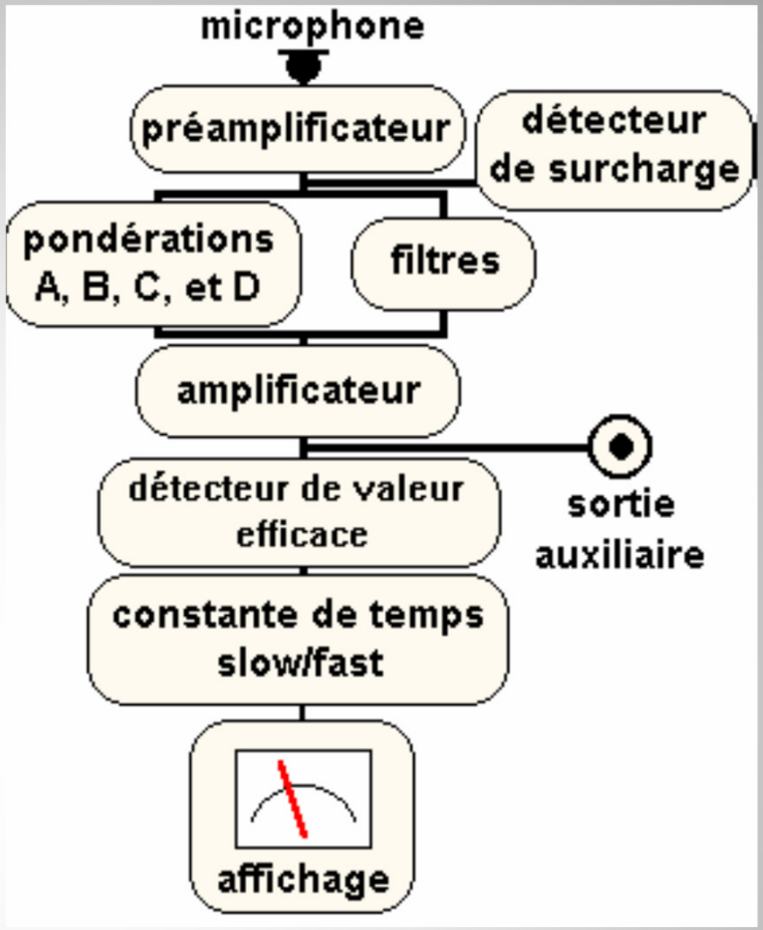

0 dB
-10
-20
-30
-40
20Hz
100Hz
1kHz
10kHz
C
B
A
B-C
JP Lafont

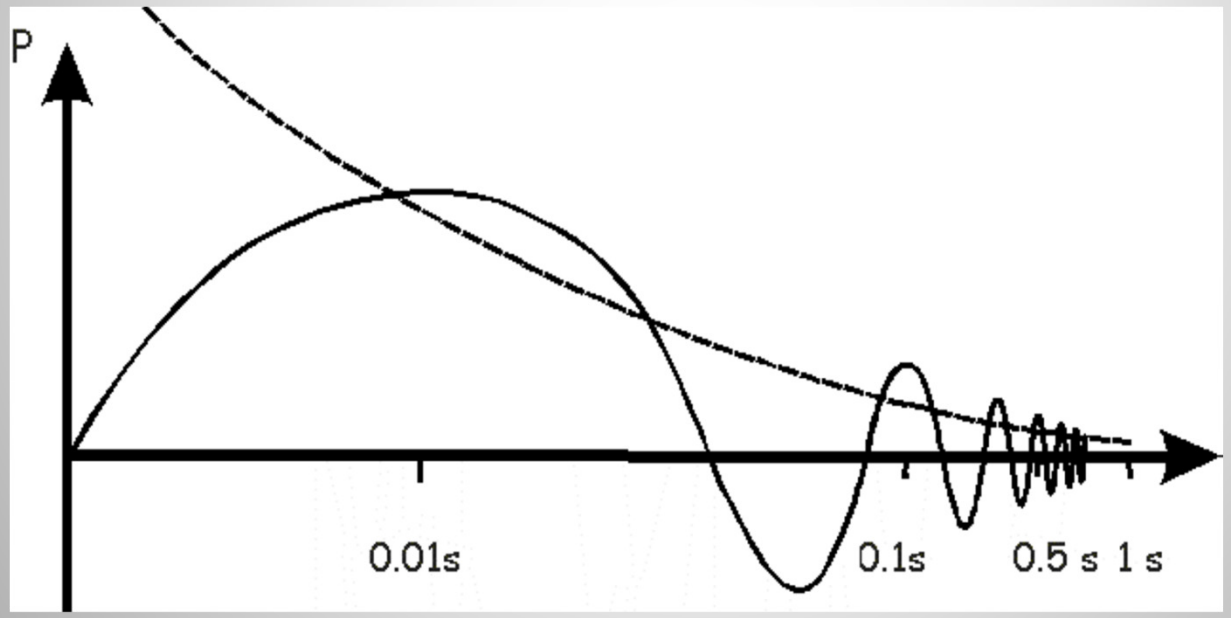
Fréquences (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Pondération (d*B*)	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1


Niveau de pression acoustique Lp (dB)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
NR100
NR 90
NR 80
NR 70
NR 60
NR 50
NR 40
NR 30
NR 20
S
NR= 66
NR 0
NR 10
315
63
125
250
500
1000
2000
4000
8000
Fréquence nominale
des bandes d'octave (Hz)

NR 20	Conditions excellentes d'écoute, salles de concert, studios d'enregistrement
NR 25	Très bonnes conditions d'écoute, auditoriums, théâtres, églises, salles de conférence
NR 20 - 30	Condition de séjour, de repos, de sommeil, maisons d'habitation, hôtels, appartements
NR 30 - 35	Bonnes conditions d'écoute, bureaux de direction, salles de classe, bibliothèques
NR 35 - 40	Conditions d'écoute normales, grands bureaux, restaurants calmes, commerces
NR 40 - 45	Conditions d'écoute modérées laboratoires, restaurants, bureaux de dessin
NR 45 - 55	Conditions de travail acceptables avec un minimum de compréhension de la parole
NR 50 - 70	Usines, atelier

Durée maximale d'exposition quotidienne	Niveau de bruit équivalent à (dB(A))
8 h	85
2 h	91
30 min	97
7 min 30 s	103
1 min 52 s	109
28 s	115
7 s	121


microphone
préamplificateur
détecteur de surcharge
pondérations A, B, C, et D
filtres
amplificateur
détecteur de valeur efficace
sortie auxiliaire
constante de temps slow/fast
affichage


P
0.01s
0.1s
0.5 s
1 s

• Protection des travailleurs

Pyramide du droit

Directive 2003/210/CE du 6 février 2003 : nouvelles valeurs d'exposition au bruit.

Directive 89/392/CEE du 14 juin 1989 : 'machines'.

Directive européenne 86/188/CEE du 12 mai 1986 : protection des travailleurs contre les risques dus à l'exposition au bruit.

Code du travail, articles R 232-8 et suivants, R 235-2-11 et R 233-84.

Arrêté du 17 décembre 2003 portant agrément de personnes et d'organismes chargés de mesurer l'exposition au bruit en milieu de travail.

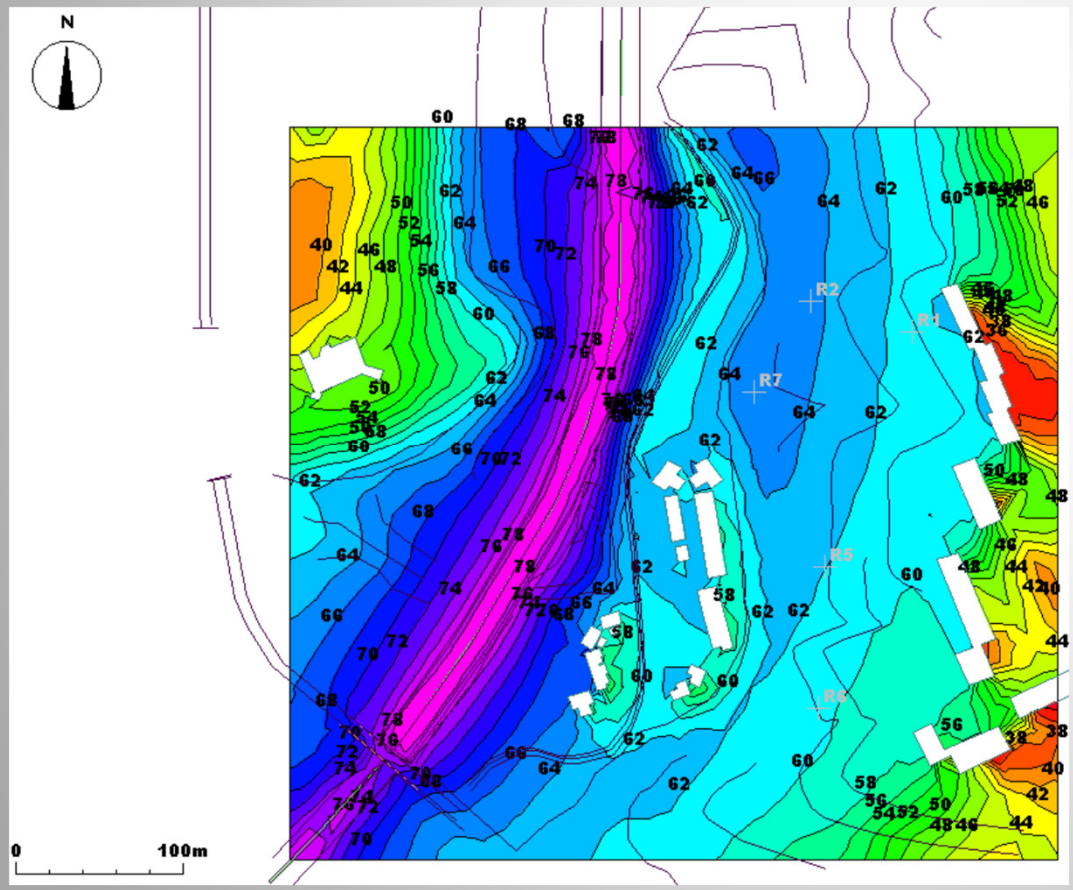
Arrêté modifié du 4 novembre 1993 relatif à la signalisation de sécurité et de santé au travail.

Arrêté du 30 août 1990 relatif à la correction acoustique des locaux de travail.

Arrêté du 31 janvier 1989 portant recommandation et instructions aux médecins du travail.

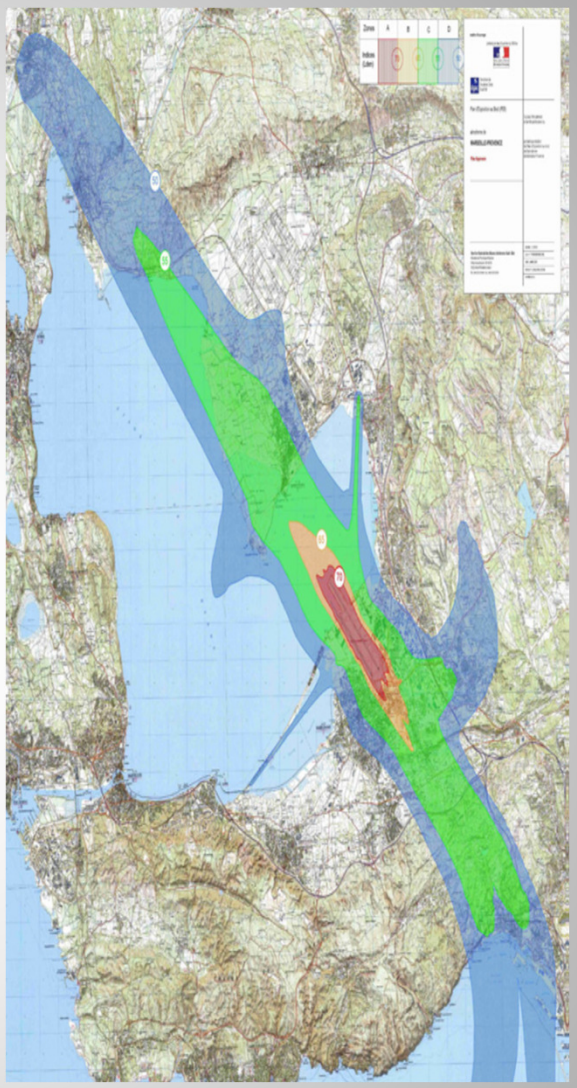
Circulaire du 6 mai 1988 relative à l'application du décret no 88-405 du 21 avril 1988 sur la protection des travailleurs contre le bruit.

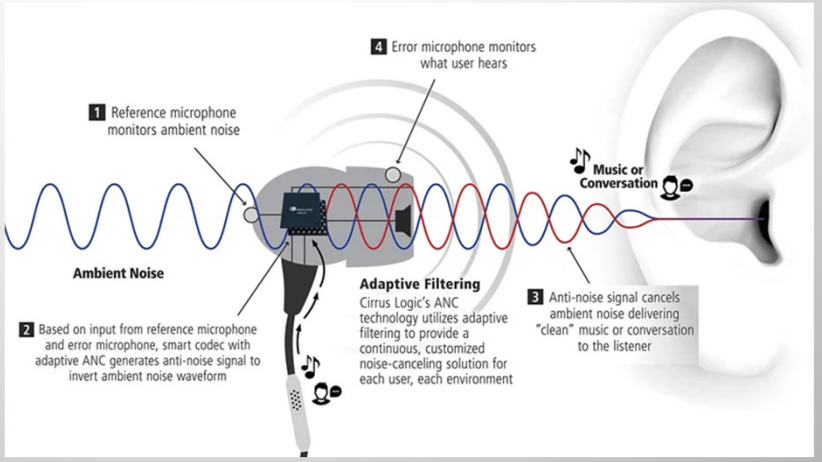
Norme NF S 31.084 du 5 octobre 2002 relatif la mesure des niveaux d'exposition au bruit en situation de travail.

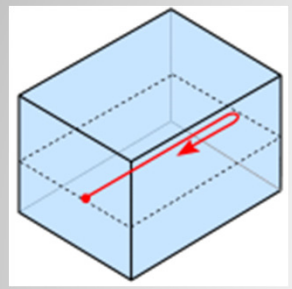

N
0
100m
R1
R2
R5
R7

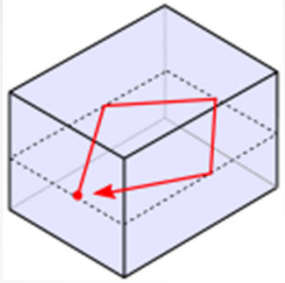
Usage et Nature des locaux	$I_{f,\ jour}$	$I_{f,\ nuit}$
Établissements de santé, de soins et d'action sociale	60dB(A)(1)	55 dB(A)
Établissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	60 dB(A)	
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	60 dB(A)	55 dB(A)
Autres logements.....	65 dB(A)	60 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée...	65 dB(A)	

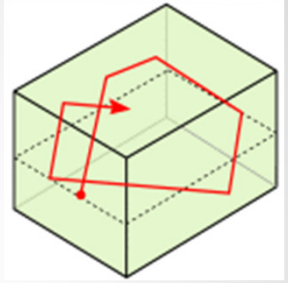
(1) Pour les salles de soins et les salles réservées au séjour de malades, cette valeur est abaissée à 57 db(A)

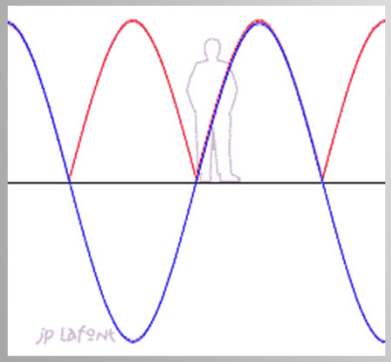


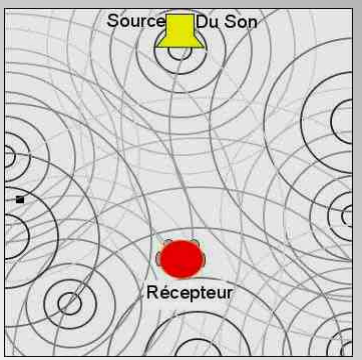

4 Error microphone monitors what user hears
1 Reference microphone monitors ambient noise
Music or Conversation
Ambient Noise
Adaptive Filtering
Cirrus Logic's ANC technology utilizes adaptive filtering to provide a continuous, customized noise-canceling solution for each user, each environment
3 Anti-noise signal cancels ambient noise delivering "clean" music or conversation to the listener
2 Based on input from reference microphone and error microphone, smart codec with adaptive ANC generates anti-noise signal to invert ambient noise waveform

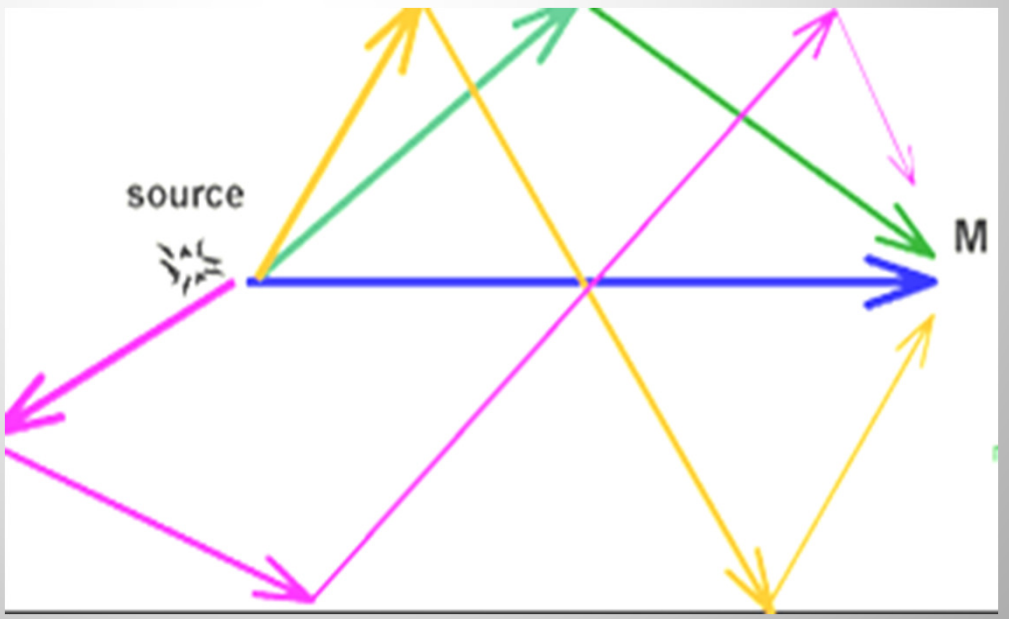




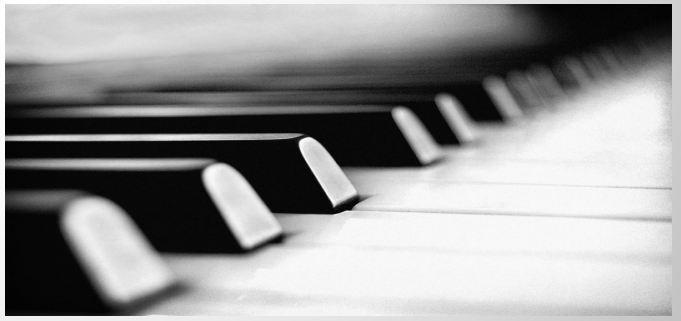


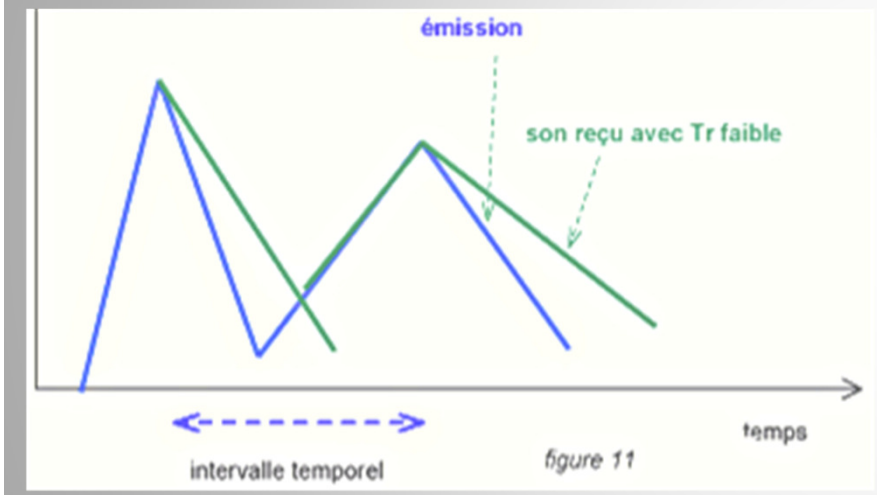

jp LAFONT

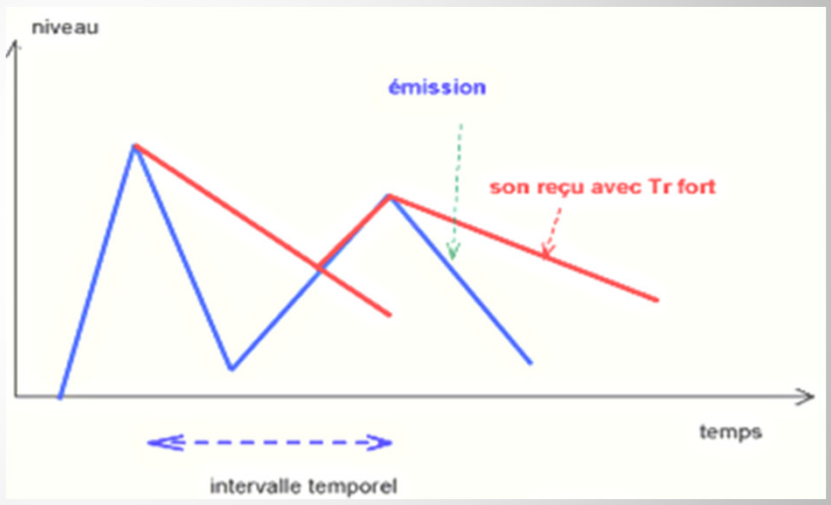

Source Du Son
Récepteur

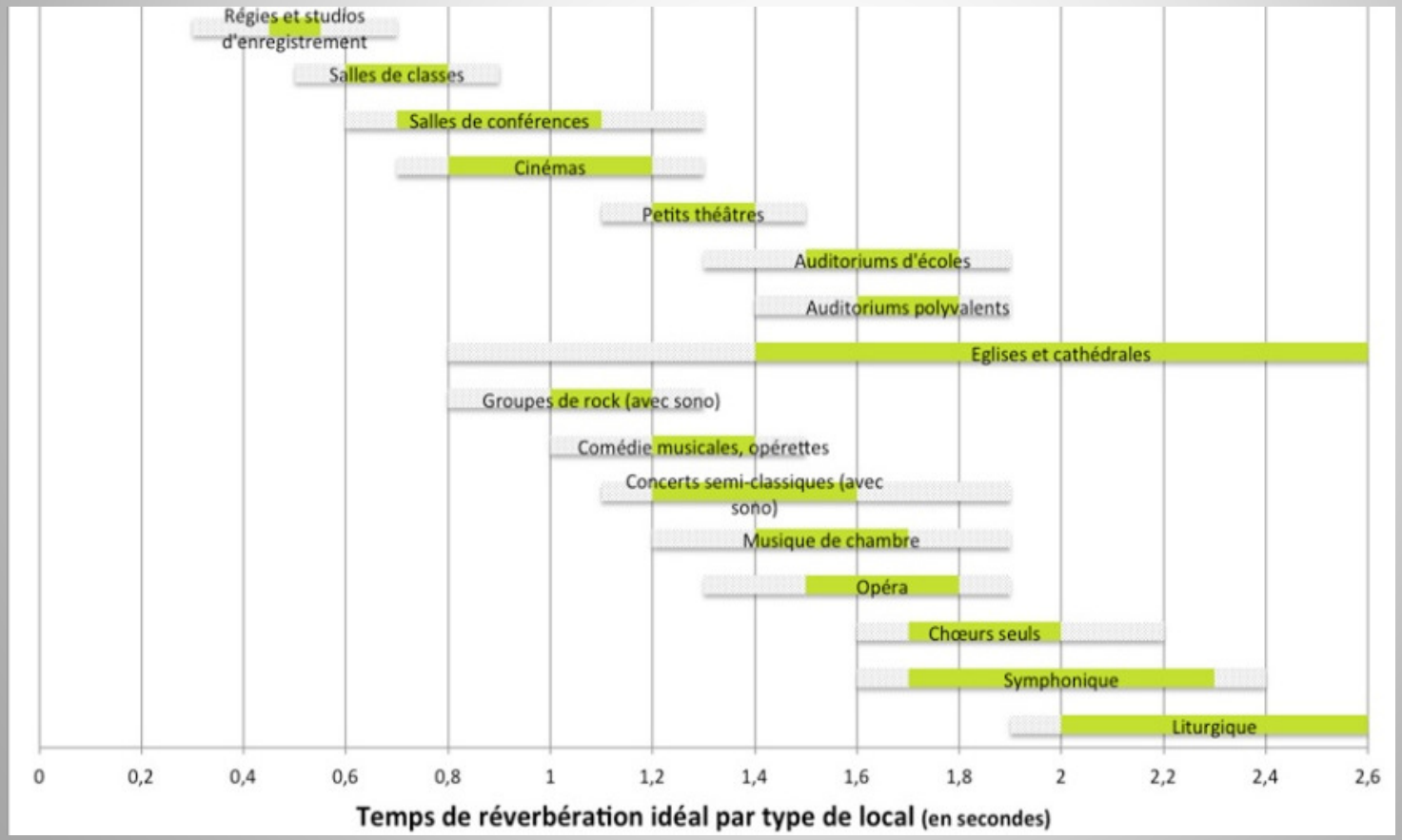

source
M

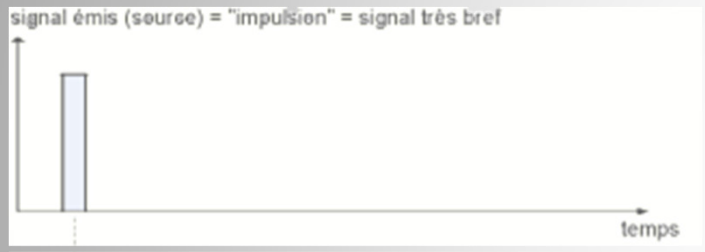

Je ferai part des leçons orales l'enseignement à mon maître, et aux engagement et un serment mais à nul autre.
des préceptes, et du reste de mes fils, à ceux de disciples liés par un suivant la loi médicale,
Je dirigerai le régime des malades forces et mon jugement, et je toute injustice.
à leur avantage, suivant mes m'abstiendrai de tout mal et de
Je ne remettrai à personne du prendrai l'initiative d'une pareille remettrai à aucune femme un pessaire
poison, si on m'en demande, ni ne suggestion ; semblablement, je ne abortif.
Je passerai ma vie et j'exercerai mon
art dans l'innocence et la pureté.
Je ne pratiquerai pas l'opération de la occupent.
taille, je la laisserai aux gens qui s'en
Dans quelque maison que j'entre, j'y préservant de tout méfait volontaire et
entrerai pour l'utilité des malades, me



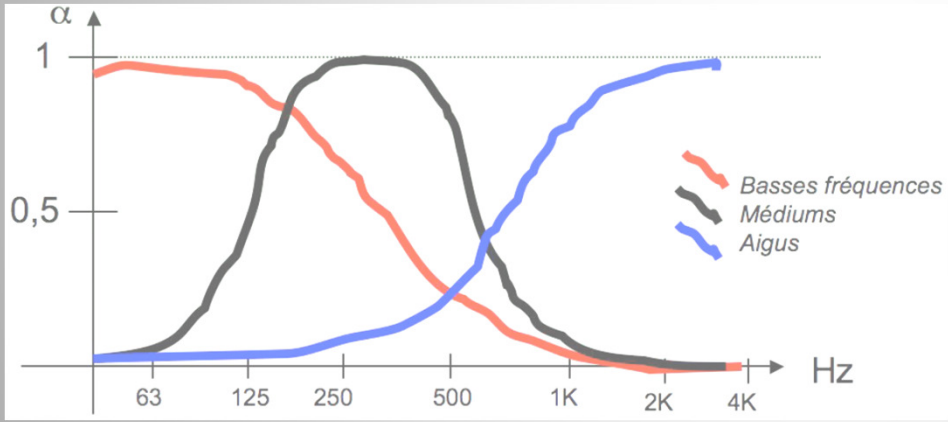

émission
son reçu avec Tr faible
temps
intervalle temporel
figure 11


niveau
émission
son reçu avec Tr fort
temps
intervalle temporel

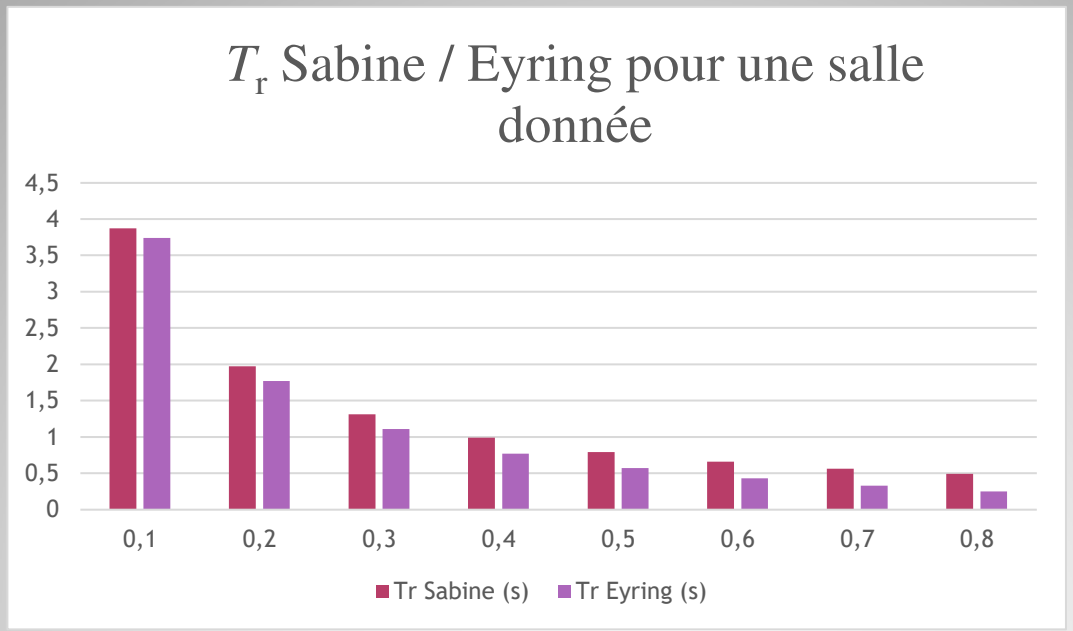

Régies et studios d'enregistrement
Salles de classes
Salles de conférences
Cinémas
Petits théâtres
Auditoriums d'écoles
Auditoriums polyvalents
Eglises et cathédrales
Groupes de rock (avec sono)
Comédie musicales, opérettes
Concerts semi-classiques (avec sono)
Musique de chambre
Opéra
Chœurs seuls
Symphonique
Liturgique
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
1,4
1,6
1,8
2
2,2
2,4
2,6
Temps de réverbération idéal par type de local (en secondes)


signal émis (source) = "impulsion" = signal très bref
temps

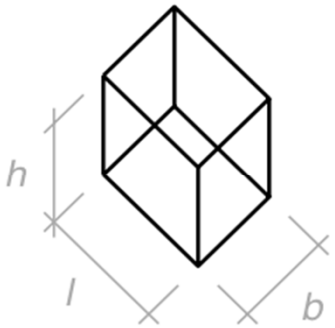

L = niveau en un point du local
60 dB
Tr



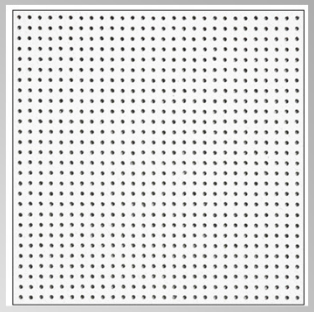
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Béton brut	0,02	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05
Mousse 50mm	0,32	0,89	0,82	1,00	1,00	1,00


T_r Sabine / Eyring pour une salle donnée
4,5
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
Tr Sabine (s)
Tr Eyring (s)

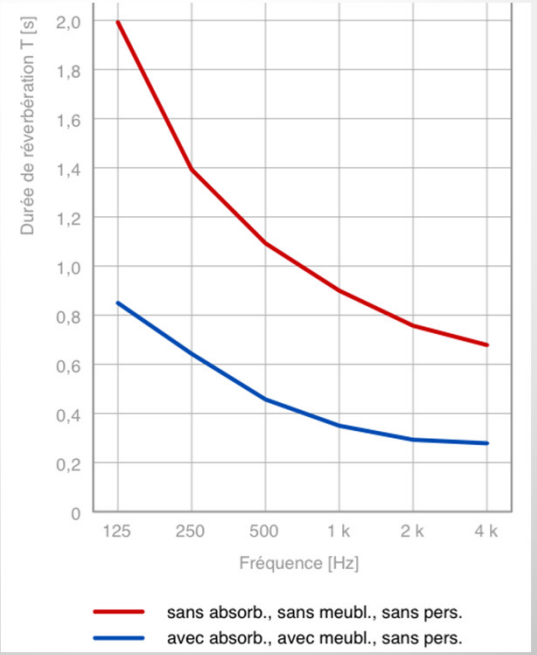
Utilisation:	Salle d'examen, de consultation, d'opération		
Planification:	pour une pièce meublé		
Forme pièce:	rectangulaire		
Longueur l:	4,0	m	
Largeur b:	3,0	m	
Hauteur h:	3,0	m	
Volume:	36,0	m³	
Plafond brut:	12,0	m²	construction dur
Sol brut:	12,0	m²	chape flottante
Revêtement d. sol:	12,0	m²	tapis
Parois:	42,0	m²	construction dur
Fenêtres:	0,0	m²	sans rideau, sans store
Meubles pour:	1		enseignant
	1		places assises salon

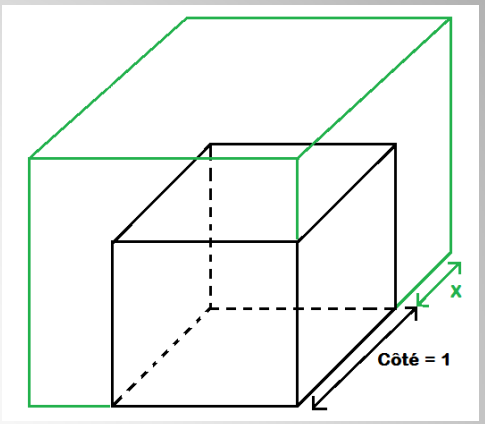


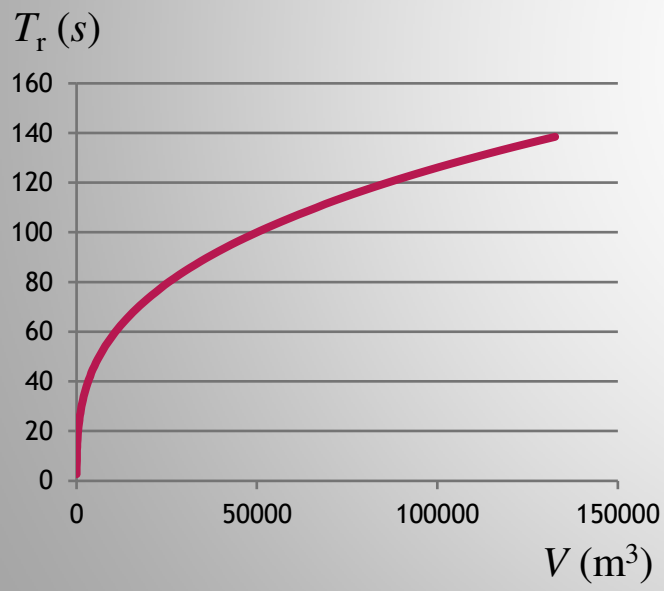
Produit:	Perforation régulière, h = 400 mm
Matériau:	laine minérale
Dimensions:	600 (625) x 600 (625) mm, 1200 (1250) x 600 (625) mm
Montage:	Coef. d'absorption p. haut. d. suspension 400 mm
Prot. incendie:	A2 - s1, d0 (EN 13501-1)

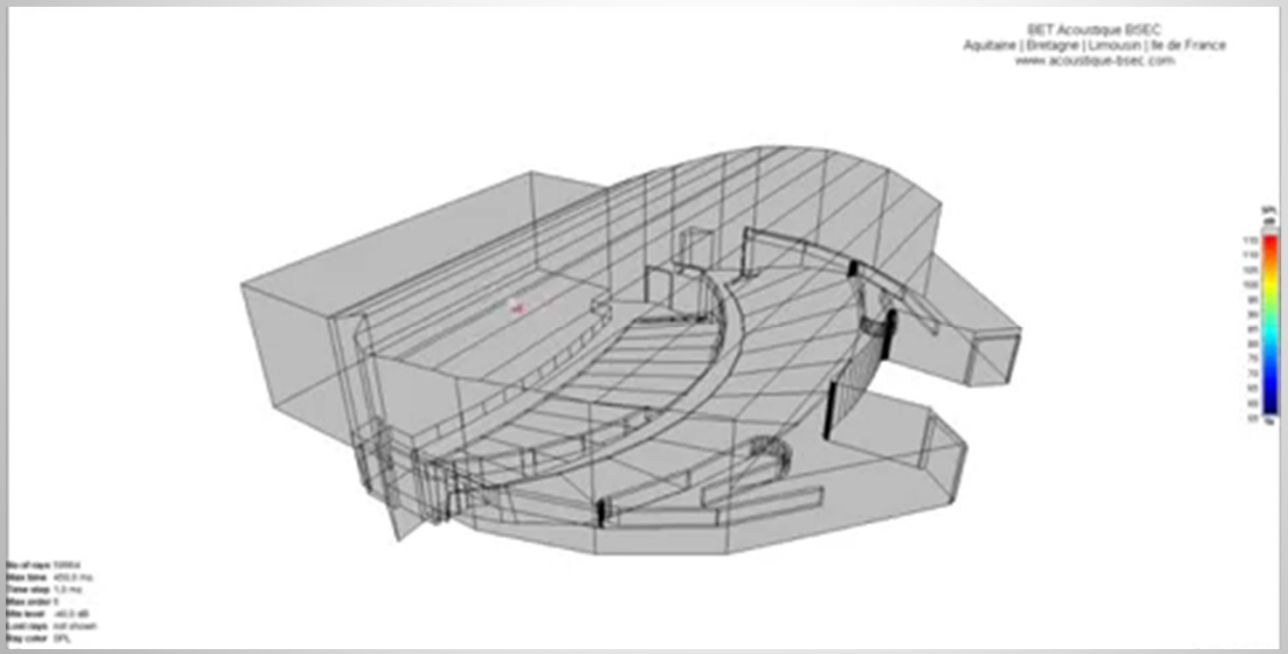


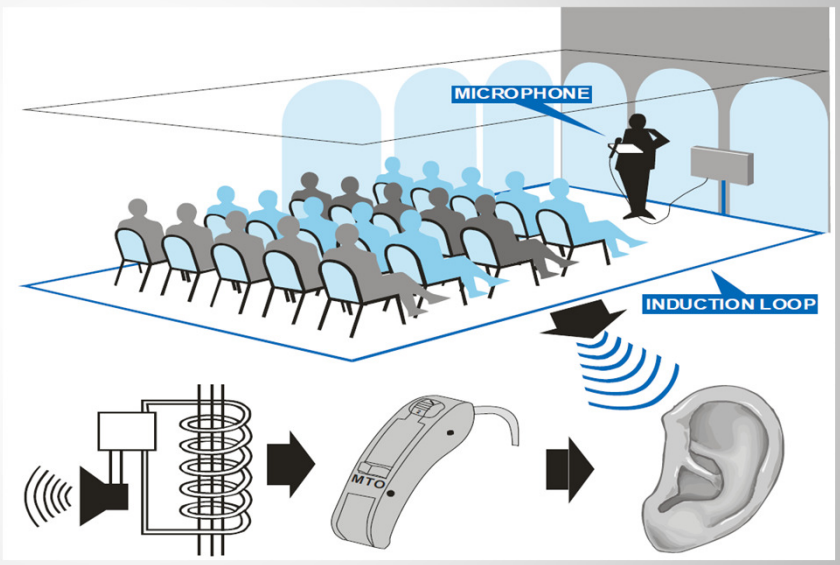
Produit:	OWAcoustic slim absorbeur mural
Matériau:	cadre d'aluminium, mousse poreuse en résine de melamine, tissu
Dimensions:	653 (1278) mm x 653 (1278, 2534) mm x 23 mm
Montage:	Coef. d'absorption valable pour montage direct sur le mur

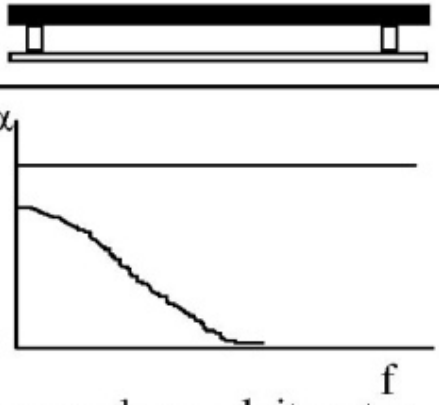
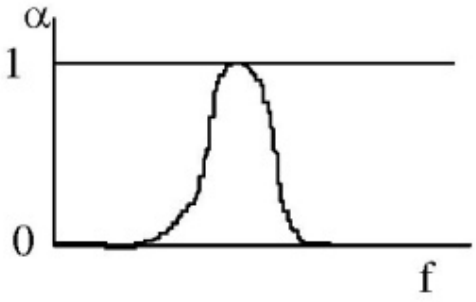
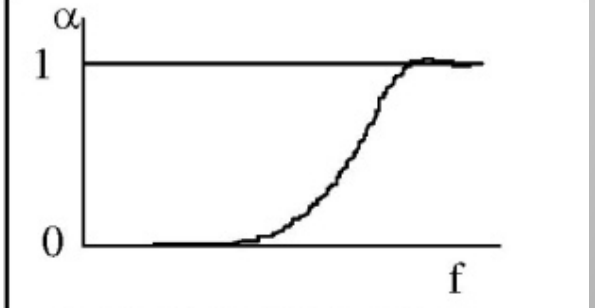



x
Côté = 1

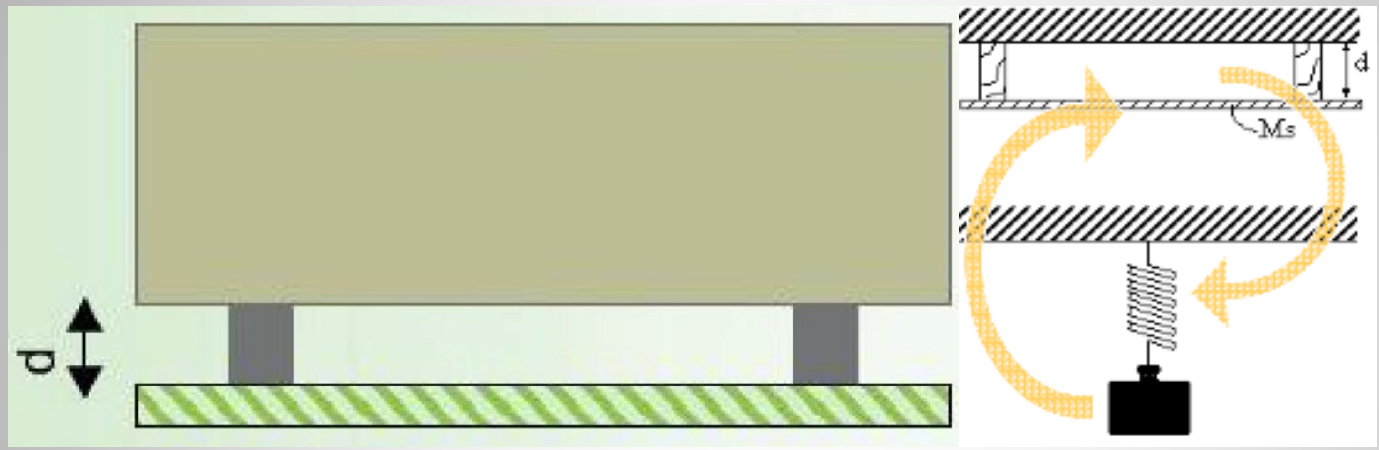

$T_r\ (s)$
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
50000
100000
150000
$V\ (m^3)$

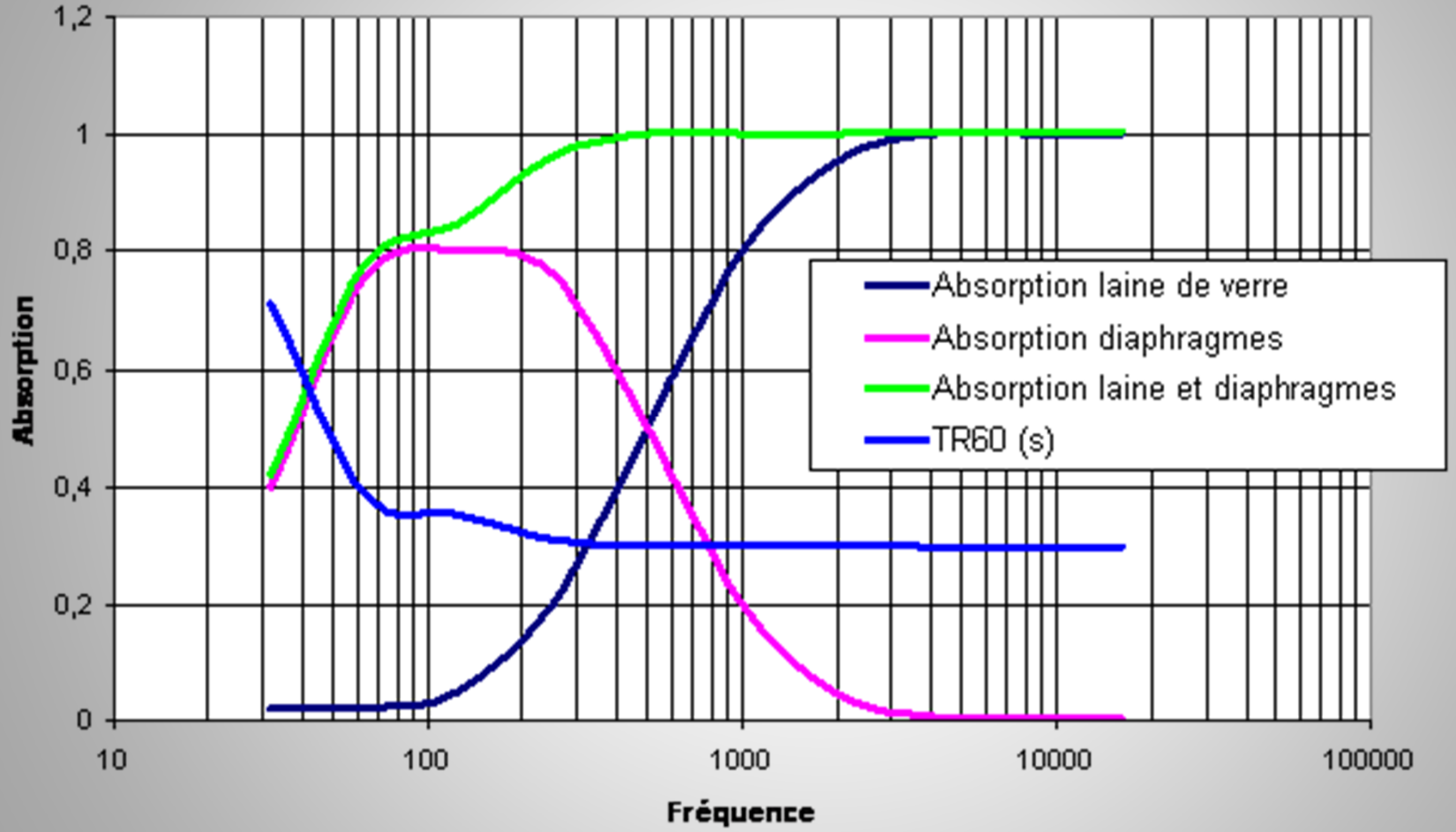

BET Acoustique BISEC
Aquitaine | Bretagne | Limousin | Ile de France
www.acoustique-bsec.com

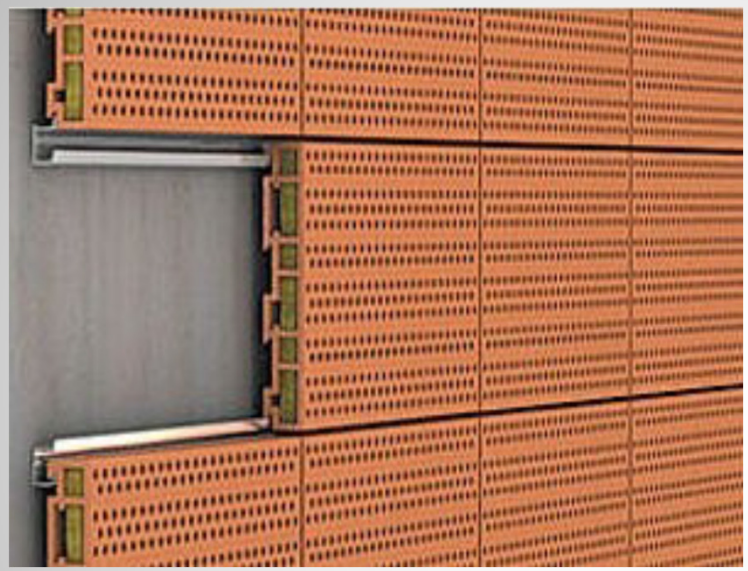

MICROPHONE
INDUCTION LOOP
MTO

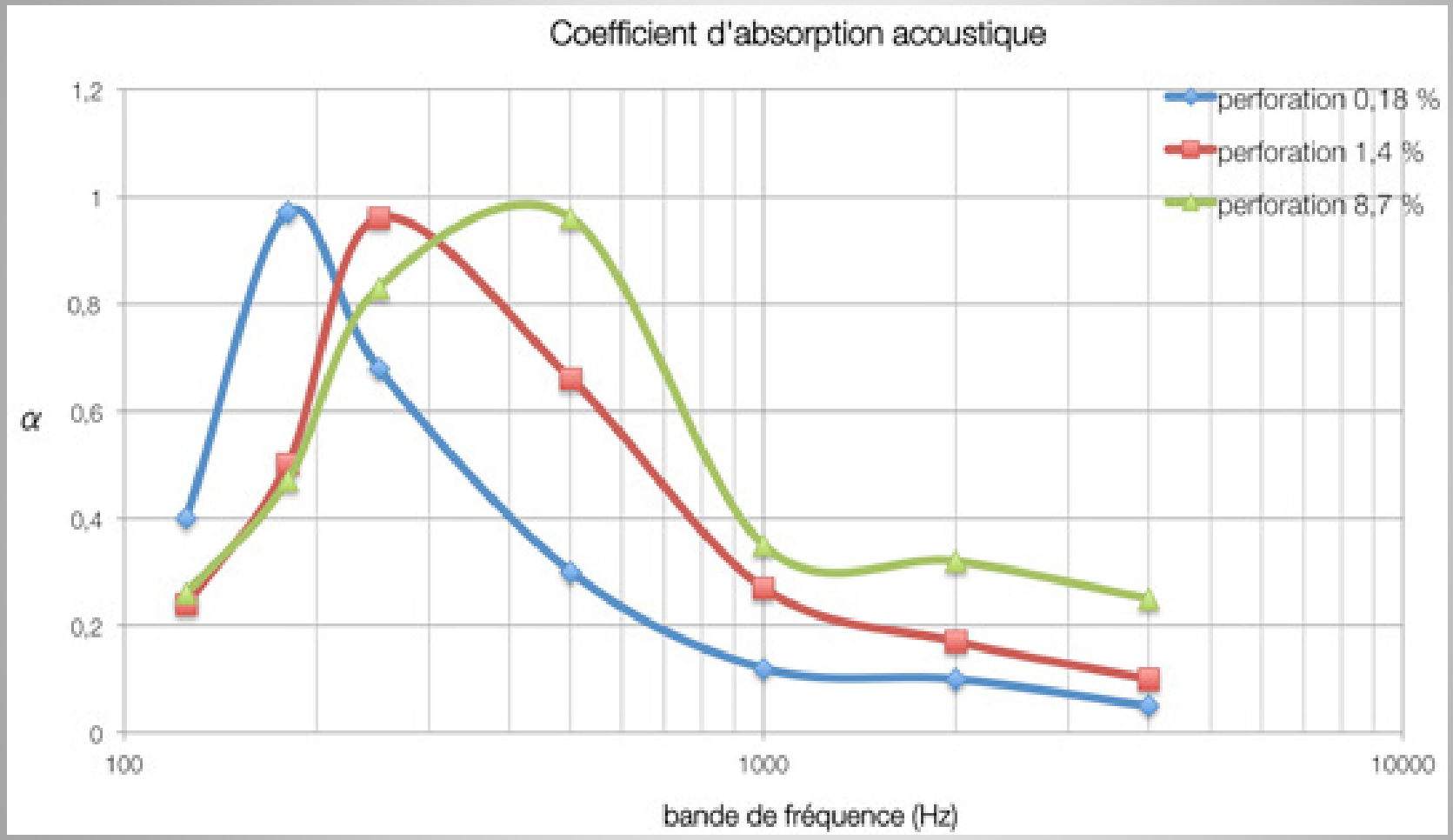
Solution : MEMBRANE	Solution : RÉSONATEUR	Solution : FIBREUX
		
La membrane doit rester souple après la pose	Associer les résonateurs pour éviter la sélectivité	La surface du matériau doit rester poreuse à l'air

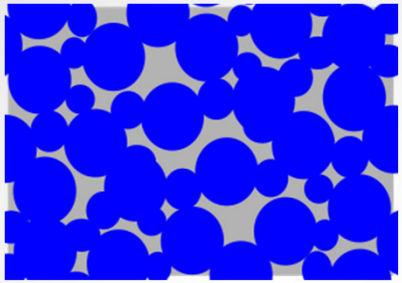
UN FIBREUX DANS LA CAVITÉ AMÉLIORE LA SOLUTION

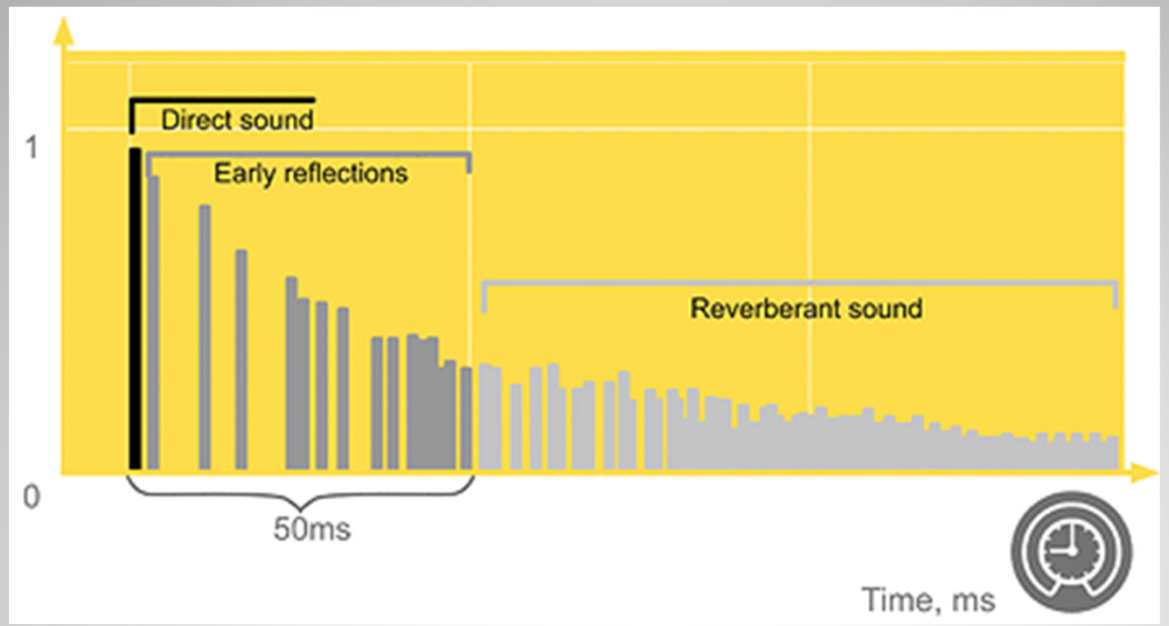

d
d
Ms

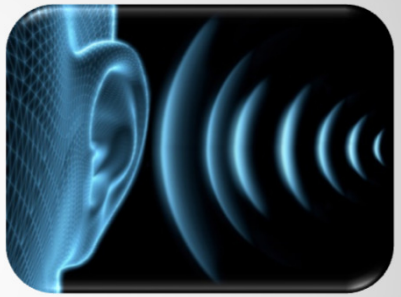

1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
Absorption
10
100
1000
10000
100000
Fréquence
Absorption laine de verre
Absorption diaphragmes
Absorption laine et diaphragmes
TR60 (s)

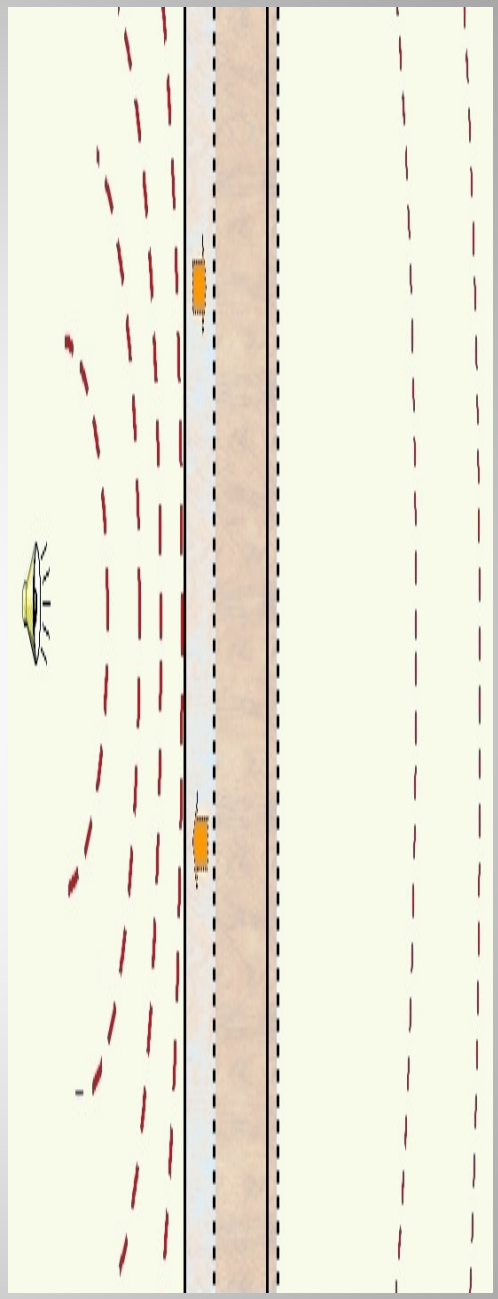


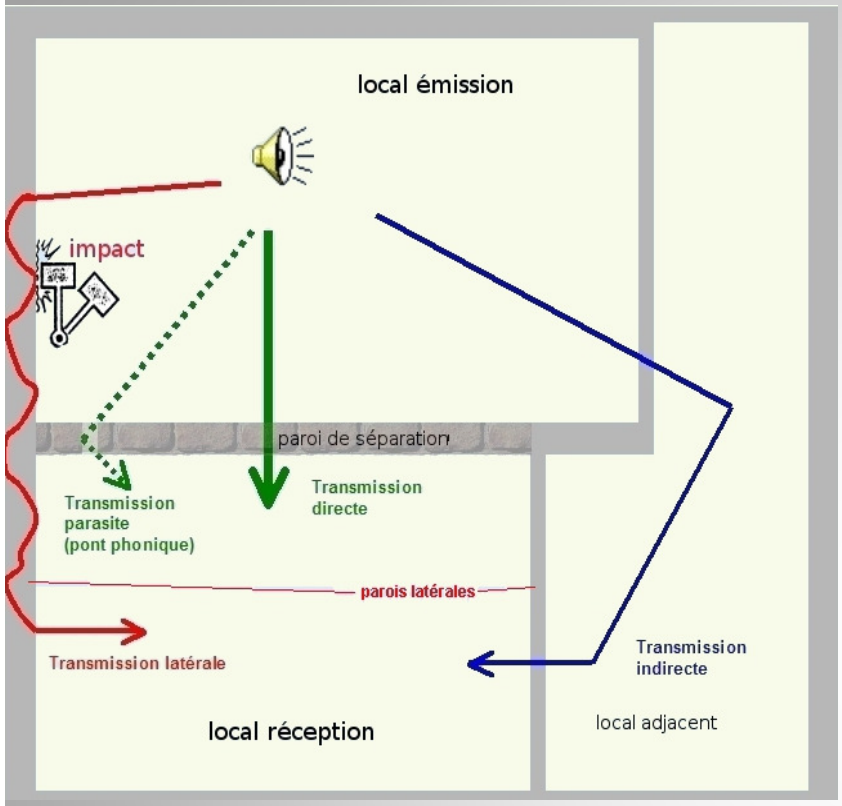

Coefficient d'absorption acoustique
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
α
100
1000
10000
bande de fréquence (Hz)
perforation 0,18 %
perforation 1,4 %
perforation 8,7 %

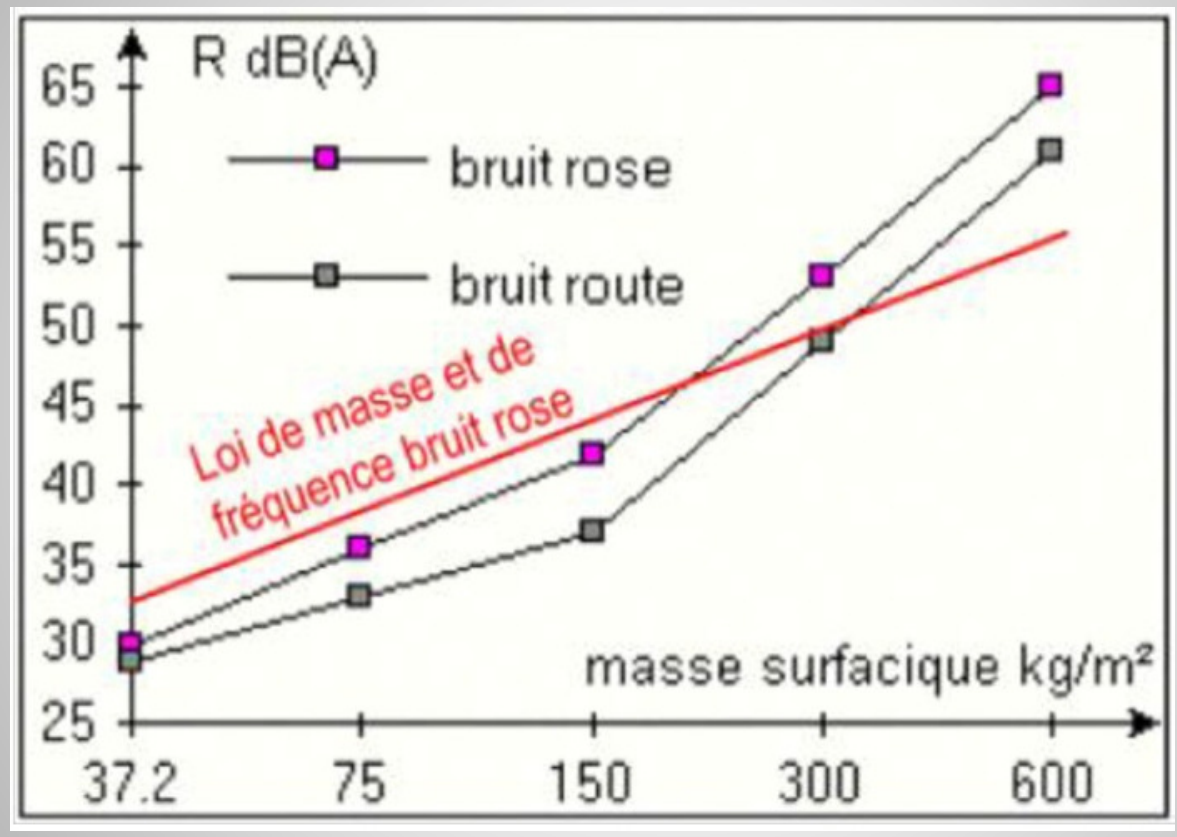


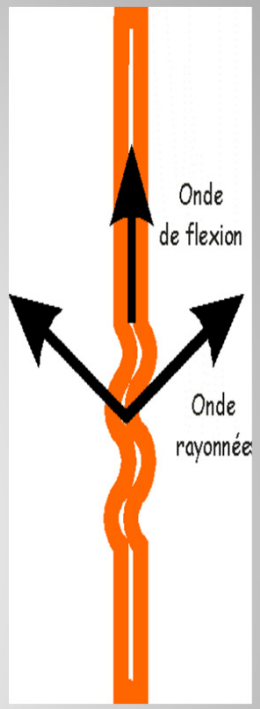

Direct sound
Early reflections
Reverberant sound
1
0
50ms
Time, ms

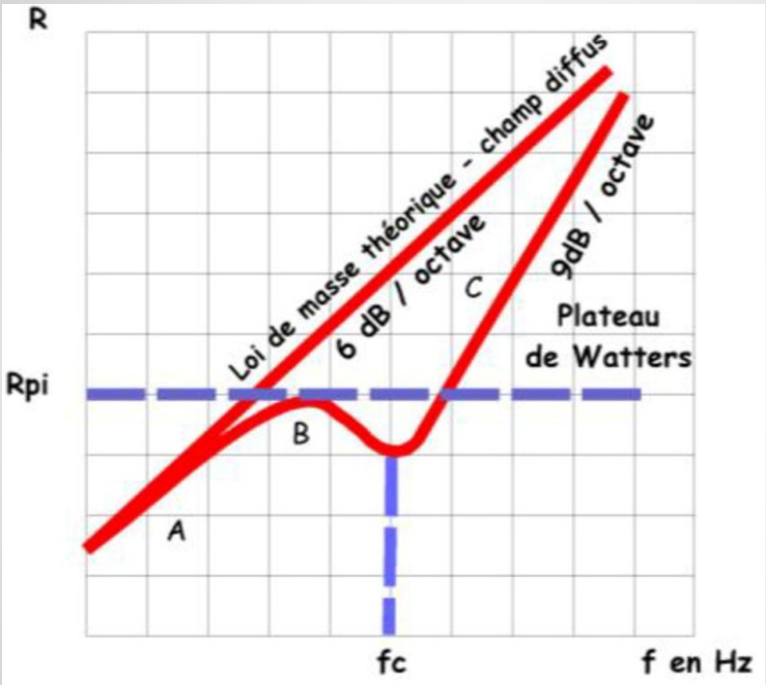


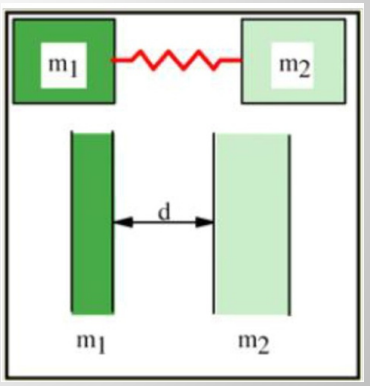


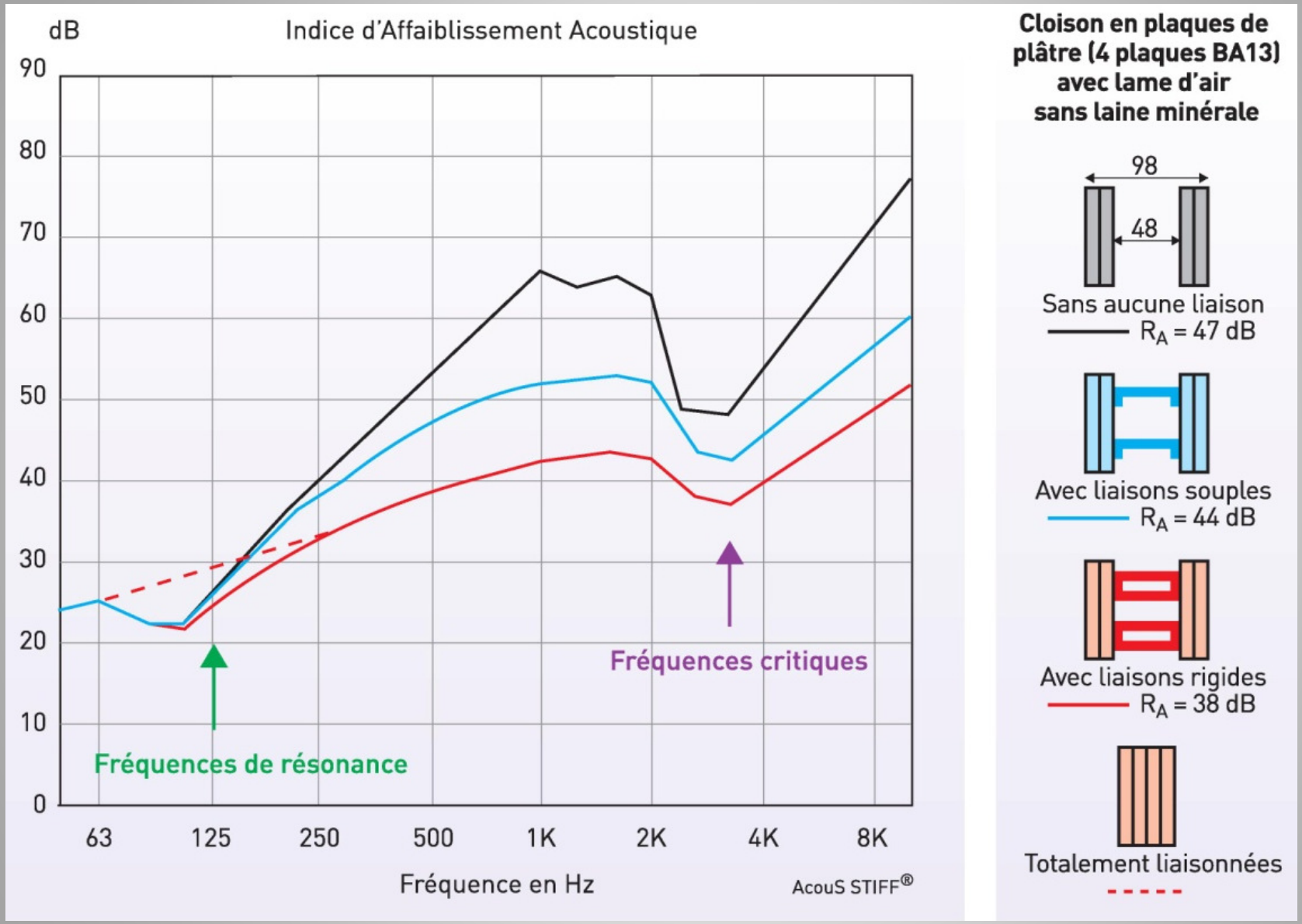

local émission
impact
paroi de séparation
Transmission
parasite
(pont phonique)
Transmission
directe
parois latérales
Transmission latérale
Transmission
indirecte
local réception
local adjacent

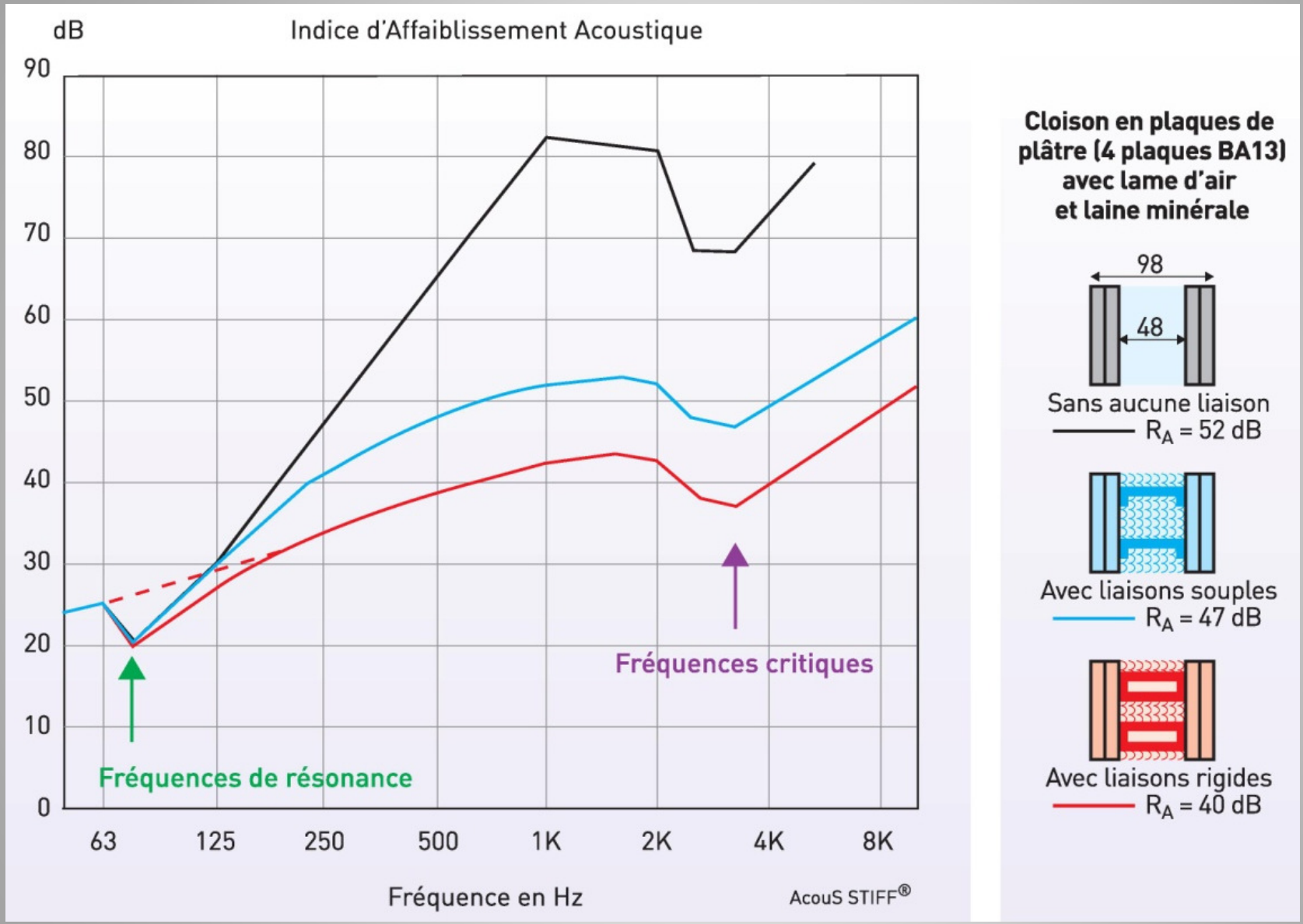

R dB(A)
65
60
55
50
45
40
35
30
25
bruit rose
bruit route
Loi de masse et de fréquence bruit rose
masse surfacique kg/m²
37.2
75
150
300
600

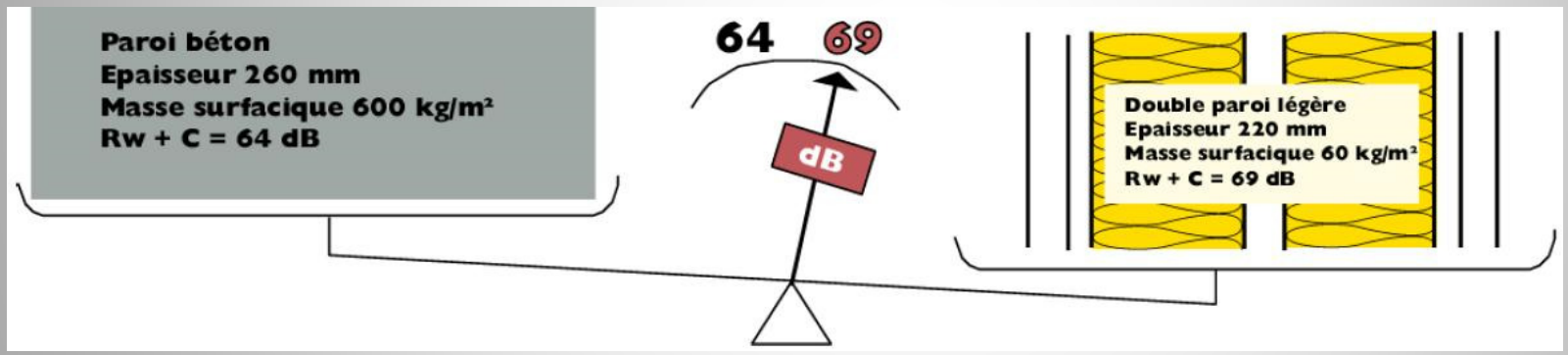

Onde
de flexion
Onde
rayonnée

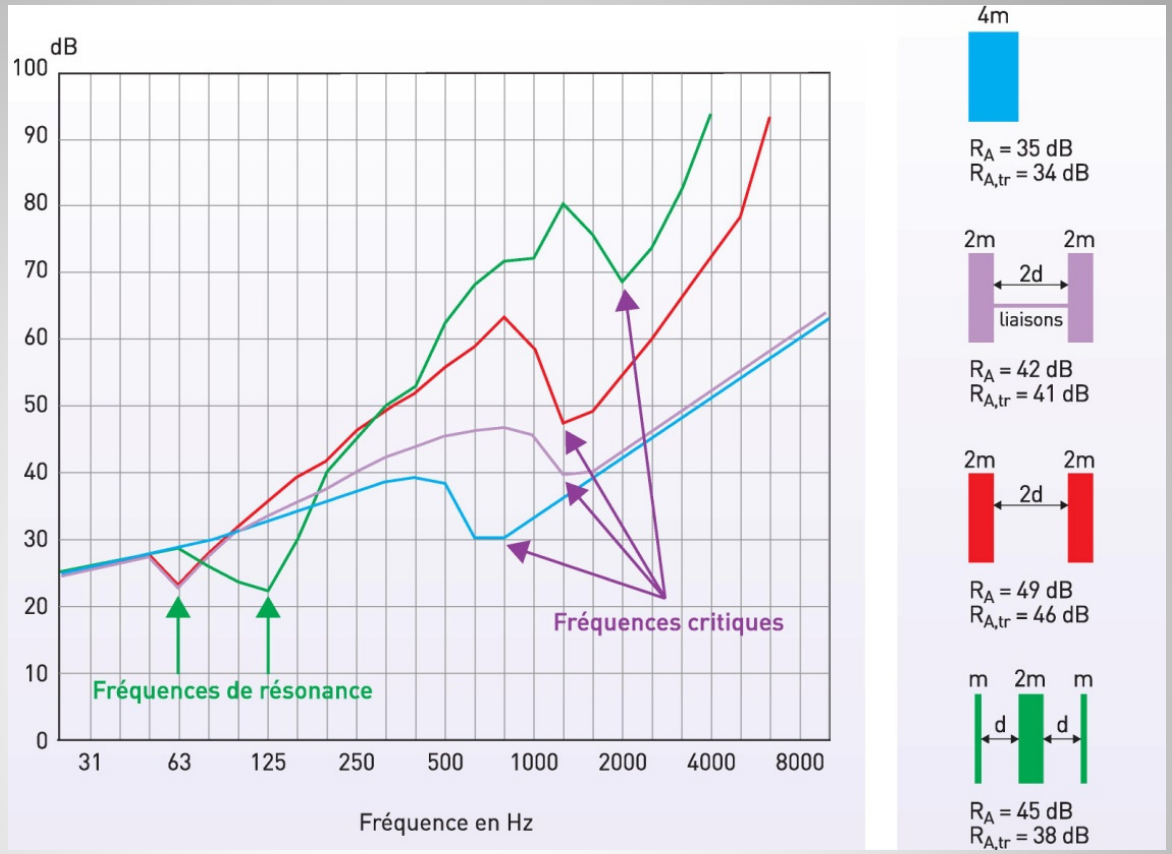

R
Loi de masse théorique - champ diffus
6 dB / octave
C
9dB / octave
Plateau
de Watters
Rpi
B
A
fc
f en Hz

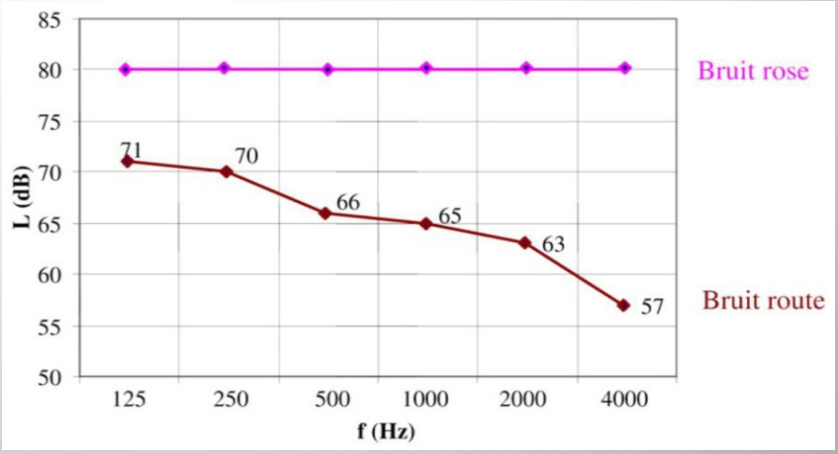

m1
m2
d
m1
m2


dB
Indice d'Affaiblissement Acoustique
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
63
125
250
500
1K
2K
4K
8K
Fréquence en Hz
Fréquences de résonance
Fréquences critiques
AcouS STIFF®
Cloison en plaques de plâtre (4 plaques BA13) avec lame d'air sans laine minérale
98
48
Sans aucune liaison
R_A = 47 dB
Avec liaisons souples
R_A = 44 dB
Avec liaisons rigides
R_A = 38 dB
Totalement liaisonnées


dB
Indice d'Affaiblissement Acoustique
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
63
125
250
500
1K
2K
4K
8K
Fréquence en Hz
Fréquences de résonance
Fréquences critiques
AcouS STIFF®
Cloison en plaques de plâtre (4 plaques BA13) avec lame d'air et laine minérale
98
48
Sans aucune liaison
R_A = 52 dB
Avec liaisons souples
R_A = 47 dB
Avec liaisons rigides
R_A = 40 dB


Paroi béton
Epaisseur 260 mm
Masse surfacique 600 kg/m²
Rw + C = 64 dB
64
69
dB
Double paroi légère
Epaisseur 220 mm
Masse surfacique 60 kg/m²
Rw + C = 69 dB


dB
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
31
63
125
250
500
1000
2000
4000
8000
Fréquence en Hz
Fréquences de résonance
Fréquences critiques
4m
R_A = 35 dB
$R_{A,tr}$ = 34 dB
2m
2m
2d
liaisons
R_A = 42 dB
$R_{A,tr}$ = 41 dB
2m
2m
2d
R_A = 49 dB
$R_{A,tr}$ = 46 dB
m
2m
m
d
d
R_A = 45 dB
$R_{A,tr}$ = 38 dB


85
80
75
70
65
60
55
50
L (dB)
125
250
500
1000
2000
4000
f (Hz)
71
70
66
65
63
57
Bruit rose
Bruit route

Pour les bâtiments d'habitation les valeurs réglementaires sont les suivantes			
Bruits aériens intérieurs (Article 2)	**Bruits de chocs** (Article 4)	**Bruits d'équipement** (Articles 5 et 6)	**Bruits aériens extérieurs** (Articles 5 et 6)
Entre 2 pièces principales $D_{nT,A} \geq 53$ dB	$L'_{nT,w} \leq 58$ dB	En pièce principale $L_{nAT} \leq 30$ dB(A)	$D_{nAT} \geq 30$ dB


ALHYANGE