https://www.lesonbinaural.fr/

Révision
Février 2023

L'OREILLE ET L'IMMERSION 3D …

Bernard Lagnel
Avril 2015

QUELQUES RAPPELS:

- La sensation sonore (d'intensité en dB ou fréquentiel en Hz) varie comme le **logarithme** de l'excitation.
- Le **dB** est un **rapport** sans dimension (rapport de puissance mais aussi rapport de tension ou d'intensité sonore…).
- Le dB adopte l'échelle logarithmique.
- La plus petite variation de niveau perçue **≈ 0,5 dB**.
- Temporellement, il faut **≈ 200 ms** pour estimer l'allure des variations de la modulation et « pour tenir son niveau !! ».
- Le tympan est un capteur de pression (micro omni) de ≈ 1 cm de diamètre (donc sensible aux variations de pression).
- Le seuil d'audibilité est de 20 μPa*(micro-pascals) à 2000 Hz.
- La référence 0 dB **SPL** (**S**ound **P**ressure **L**evel) est à 20 μPa.

*($1\,Pa = 10^{-5}\,bar$)

AUDIOMÉTRIE

ÉCHELLE DU BRUIT

En dB SPL

Sound Pressure Level…

130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

PERÇUS :

Avion au décollage
Marteau-piqueur — **DOULOUREUX**

Concert et discothèque — **RISQUE DE SURDITÉ**

Baladeur à puissance maximum — **PÉNIBLE**
Moto/Quad/Tracteur

Réflexe stapédien

Automobile/Circulation
Aspirateur/Tondeuse — **FATIGUANT**

Conversation courante
Machine à laver — **SUPPORTABLE**

Bureau tranquille
Chambre à coucher — **AGRÉABLE**

Conversation à voix basse
Vent dans les arbres — **CALME**

Seuil d'audibilité

TESSITURES ET FRÉQUENCES DES INSTRUMENTS

violon 200Hz - 1250Hz
alto 125Hz - 1000Hz
violoncelle 60Hz - 500Hz
contrebasse 30Hz - 300Hz

FAMILLE DES CORDES FROTTÉES

piccolo 600Hz - 4000Hz
flûte traversière 250Hz - 2500Hz
hautbois 225Hz - 1500Hz
clarinette 150Hz - 2000Hz
accordéon 180Hz - 1000Hz
saxophone alto 150Hz - 800Hz
saxophone ténor 120Hz - 650Hz
basson 60Hz - 620Hz

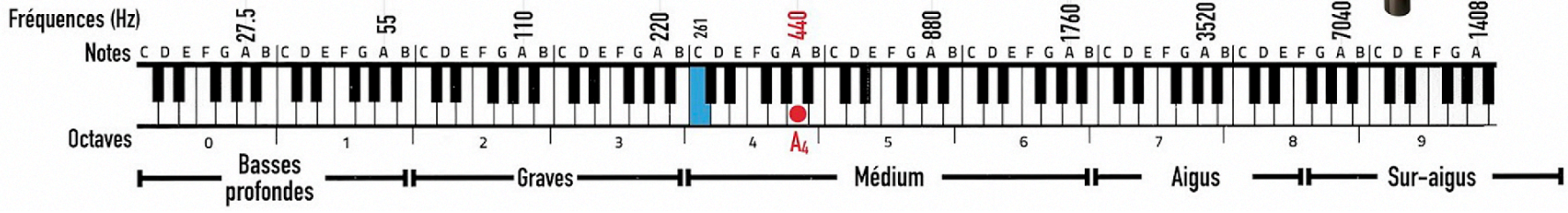
FAMILLE DES BOIS

trompette 180Hz - 1200Hz
trombone 60Hz - 500Hz
cor d'harmonie 60Hz - 800Hz
tuba 30Hz - 380Hz

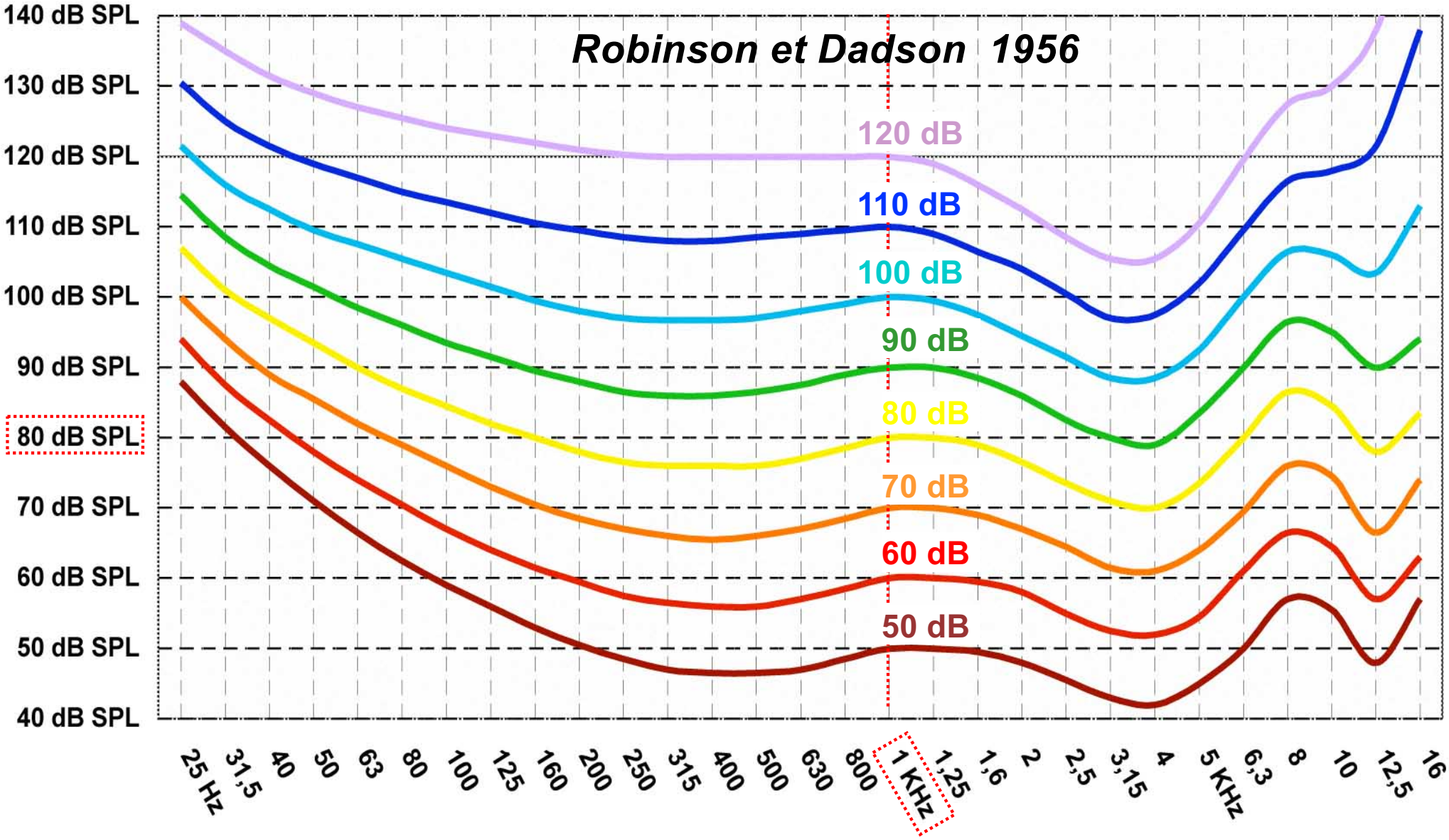
FAMILLE DES CUIVRES

harpe 30Hz - 7000Hz
clavecin 40Hz - 1500Hz
piano 27,5Hz - 4000Hz
orgue 20Hz - 7000Hz
clavier/synthétiseur 20Hz - 4000Hz

voix de femme 250Hz - 1000Hz
voix d'homme 100Hz - 800Hz
guitare classique 80Hz - 1500Hz
guitare basse 40Hz - 1000Hz



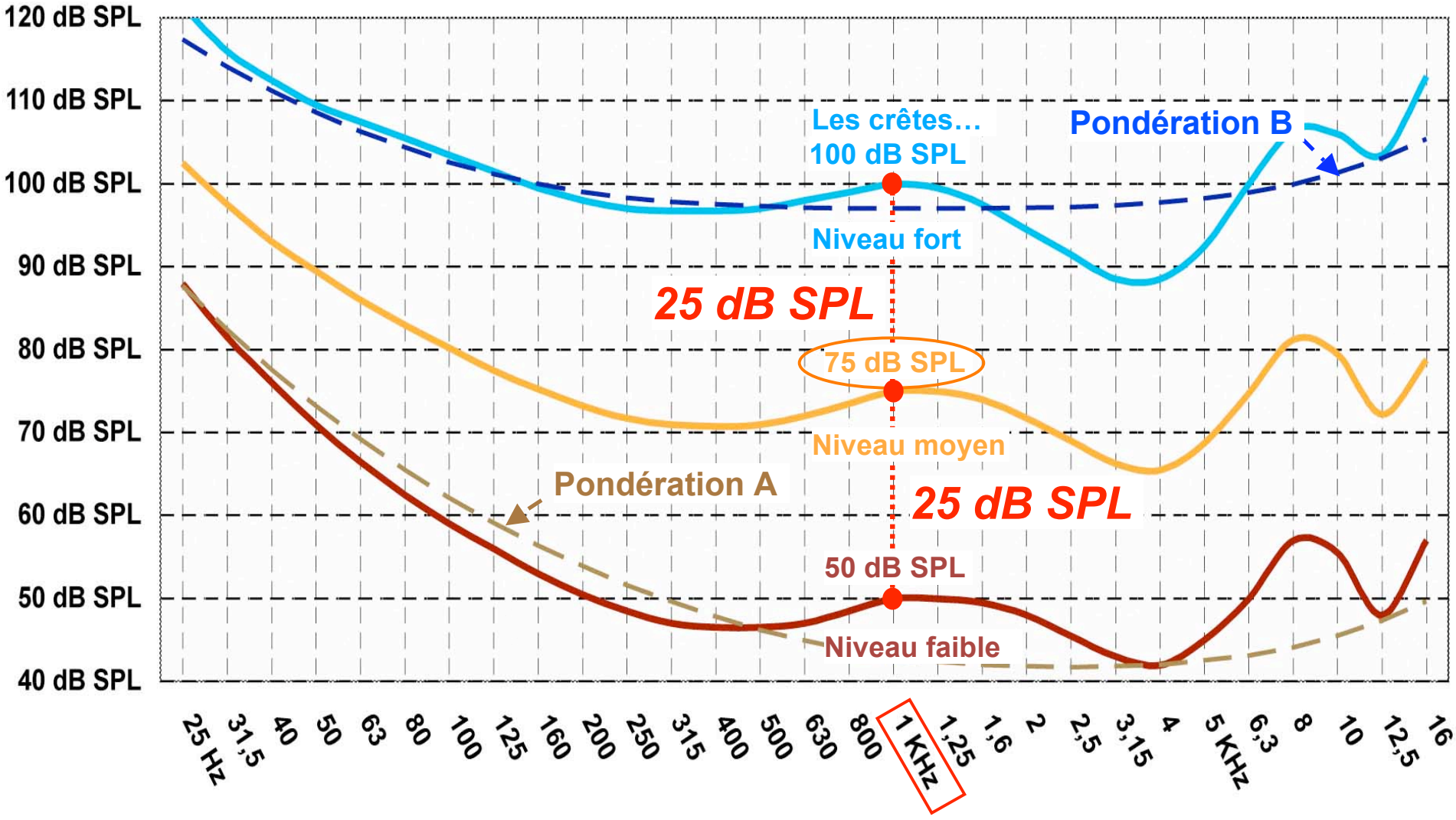
Courbes isosoniques ISO 3746 pour une écoute binaurale en champ libre (utilisation d'une source frontale 0° à *20 ans*)



Les lignes isosoniques permettent de savoir quels niveaux physiques (dB SPL) donnent une même sensation sonore quand on fait varier la fréquence.

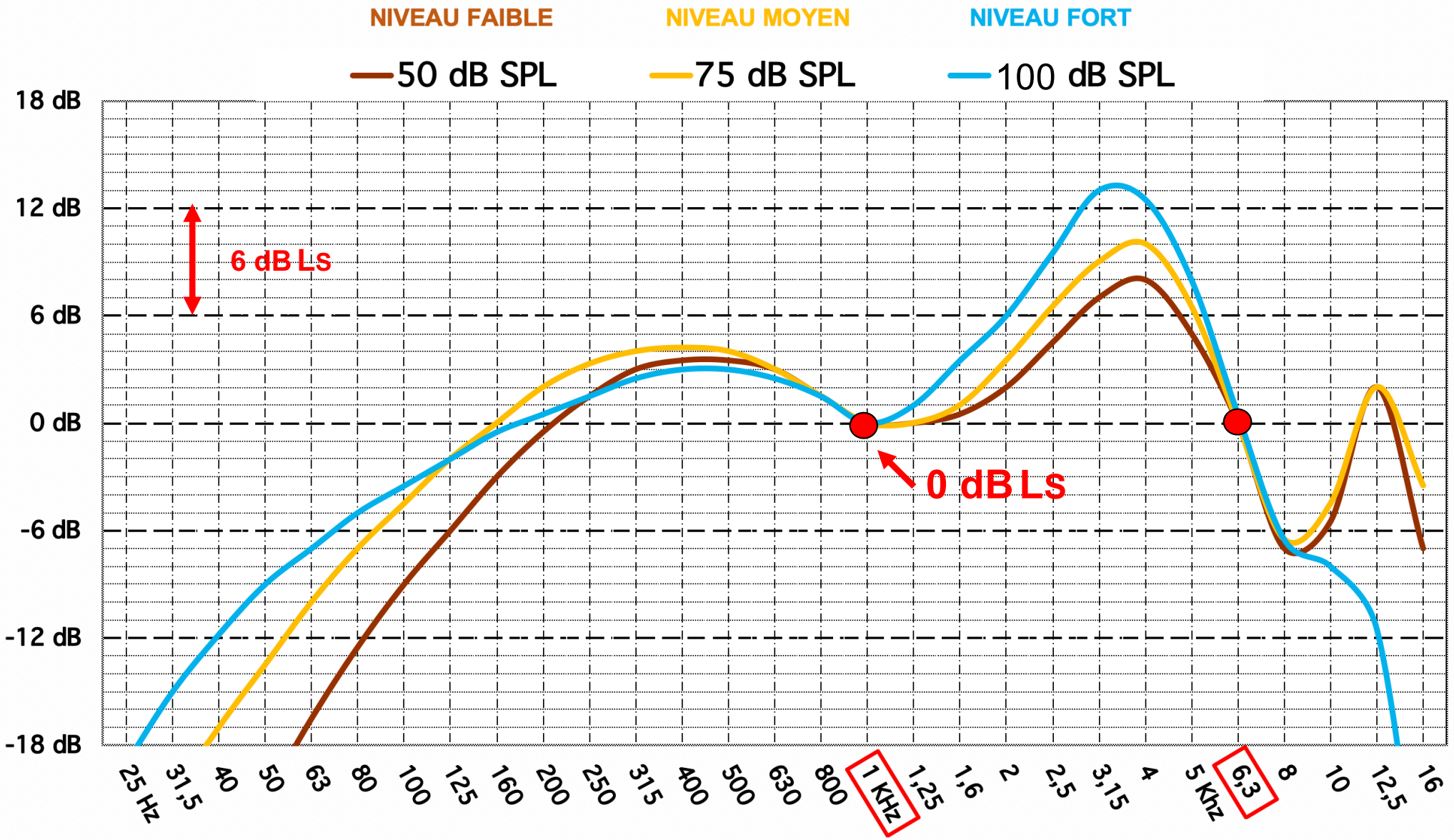
Dynamique d'écoute (50 dB SPL) dans une cabine de prise de son et à la place du preneur de son.

Courbes isosoniques ISO 3746 (source frontale).



Niveau de pression acoustique ou dB SPL “Sound Pressure Level”…

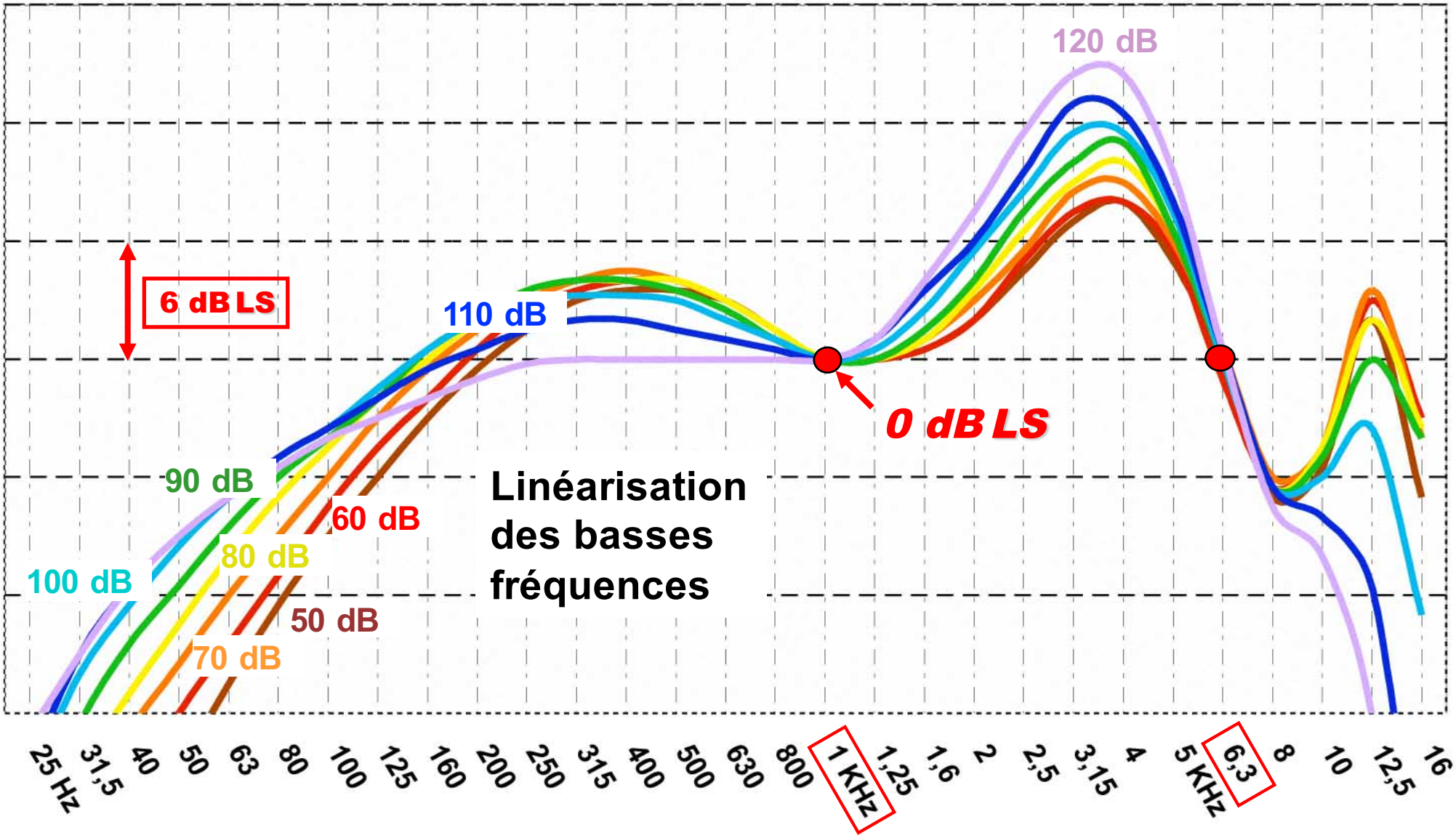
Sur du Bruit Rose la Sensation Sonore en "dB Ls" pour 3 seuils :



Ces seuils sont ramenés sur une échelle relative de **0 dB Ls** à 1 KHz.
(**source frontale 0°** avec du **BRUIT ROSE** à niveau constant SPL).

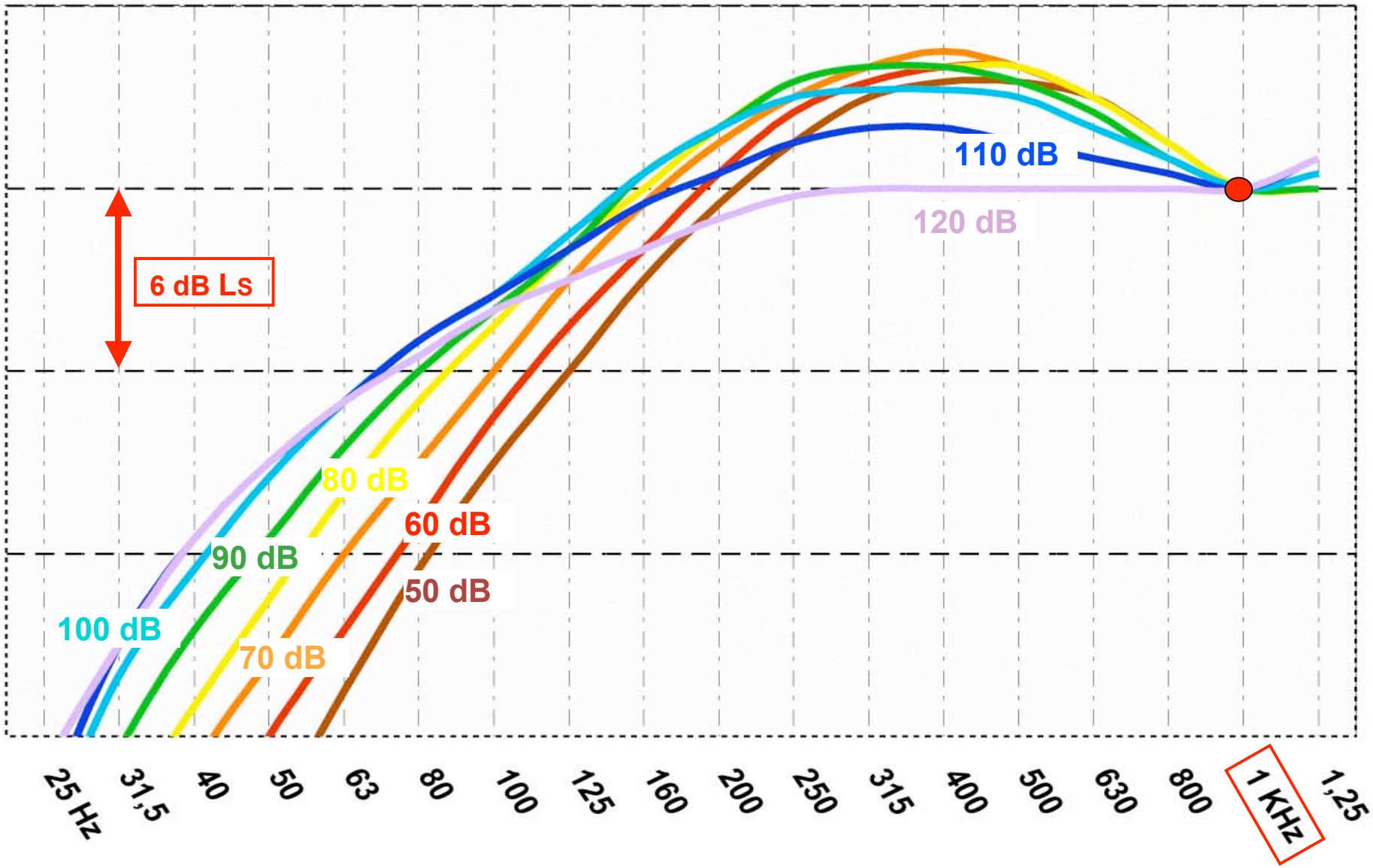
Sensation sonore en dB LS pour les différents seuils

à niveau constant ***Bruit Rose*** sur tout le spectre…



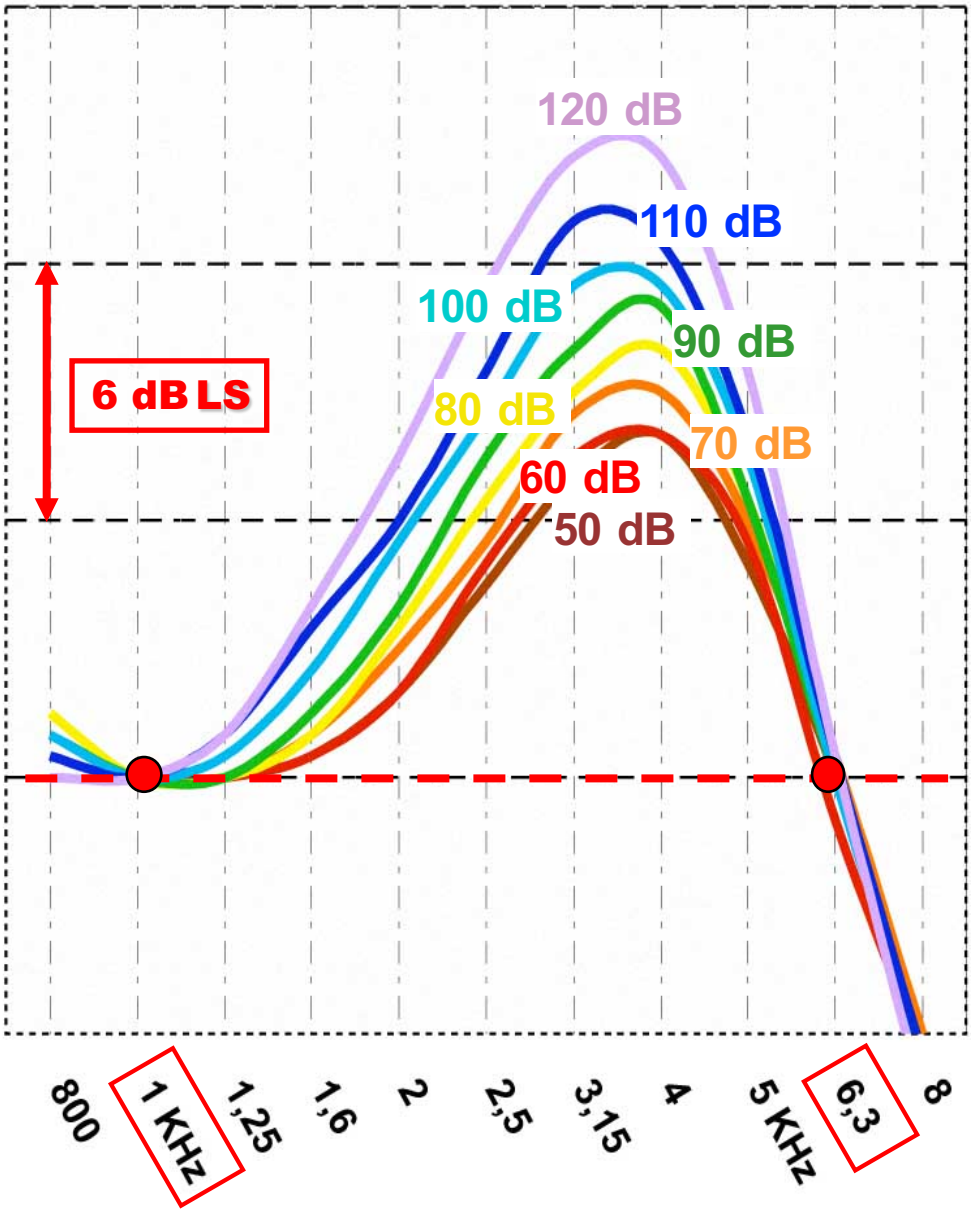
Ces seuils sont ramenés sur une **échelle relative** de ***0 dB LS*** …

Pour les basses fréquences jusqu'à 1 KHz…

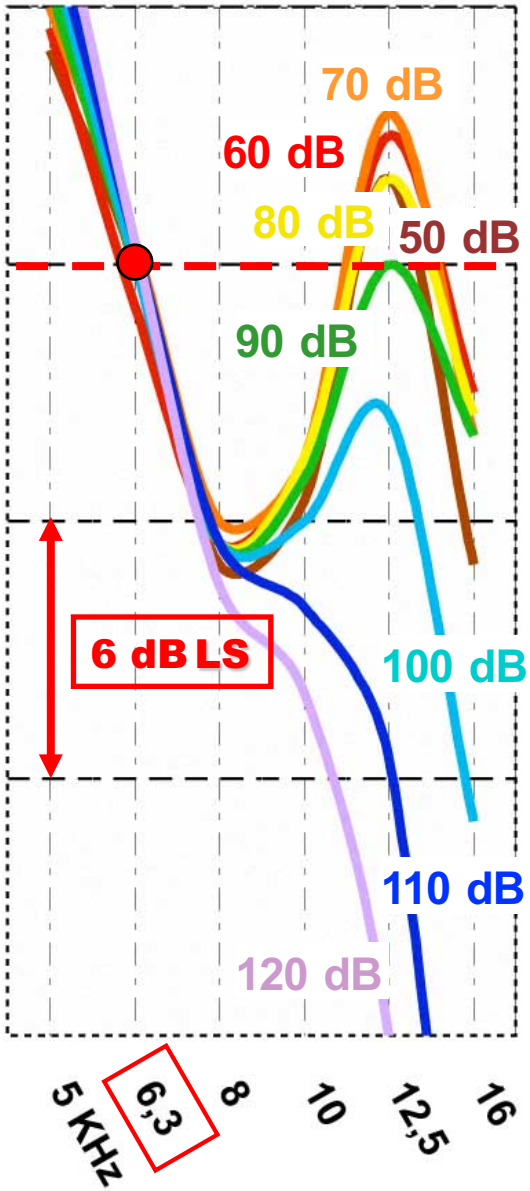


Augmentation du niveau SPL ⇒ Linéarisation dans les basses fréquences…

De 1 KHz à 6,3 KHz



> à 6,3 KHz



À 3,5 KHz, la sensibilité de l'oreille ne cesse d'augmenter avec le niveau…

Max pour 70 dB SPL

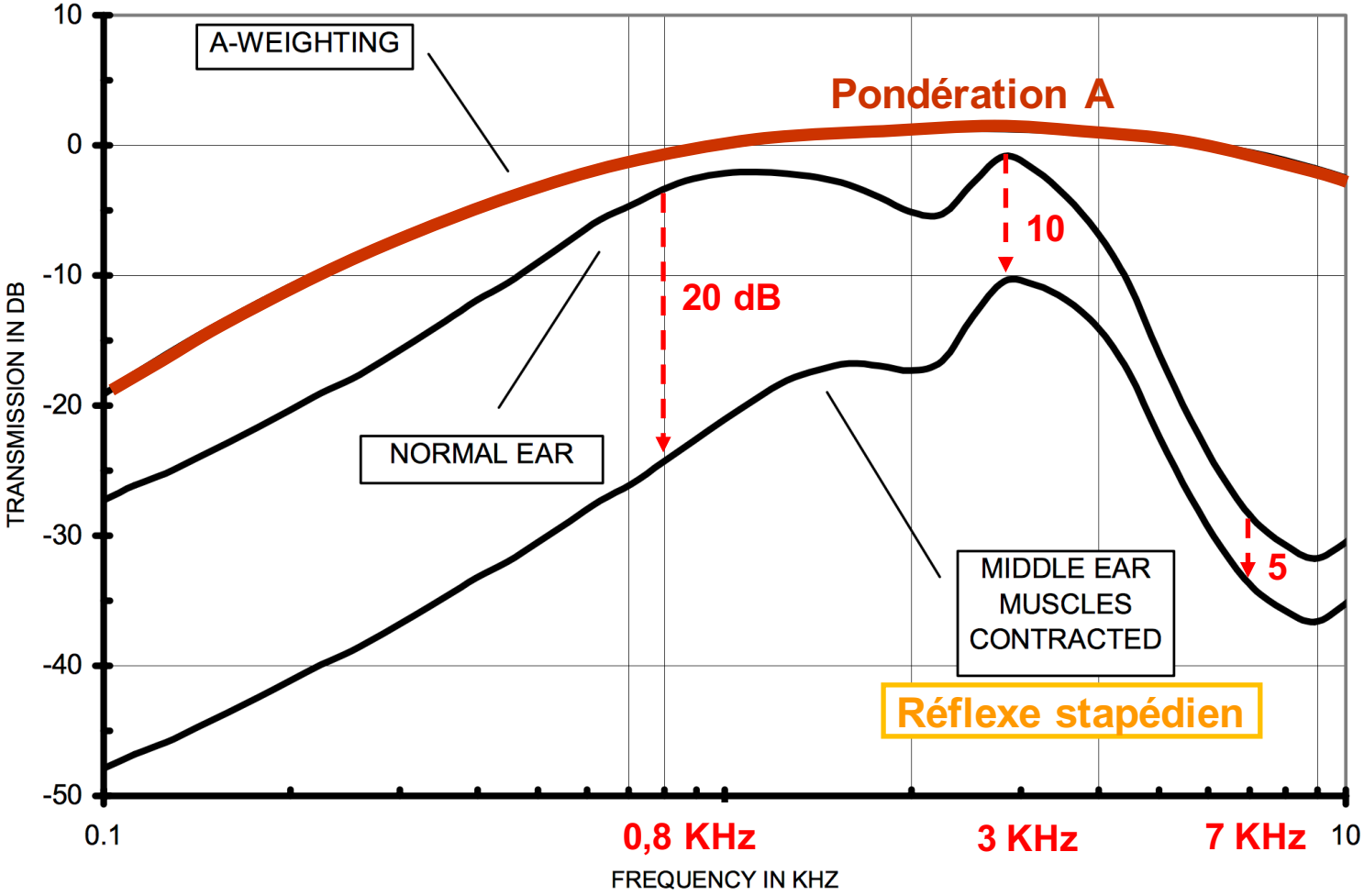
Réflexe stapédien ?

Études pour l'Armée Américaine

A New Method for Rating Hazard from Intense Sounds: Implications for Hearing Protection, Speech Intelligibility, and Situation Awareness

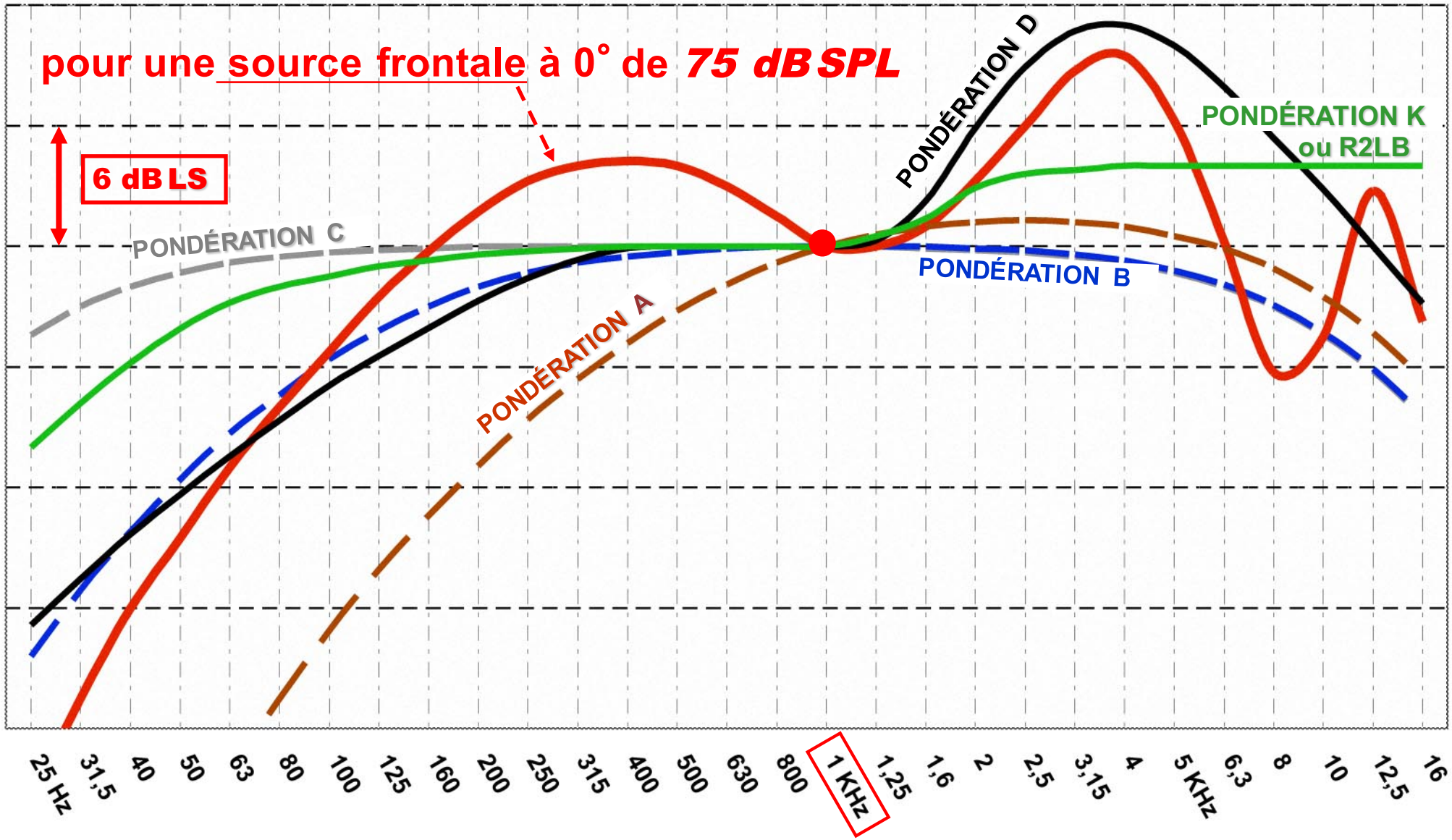
G. Richard Price
AHAnalysis
125 Conestoga Street, POB 368
Charlestown, MD 21914
USA

AHAnalysis@Comcast.net



Transmission of the human ear with no muscle contraction and with a middle ear muscle contraction compared with the A-weighting function

LES DIVERSES PONDÉRATIONS

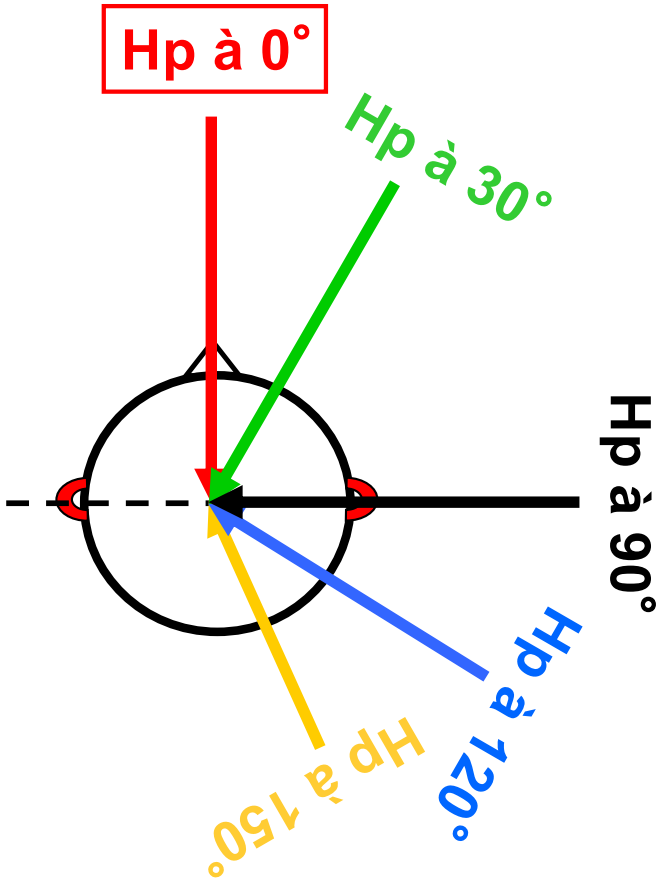


La pondération *K* ou *R2LB* est calquée sur la diffraction de la tête…

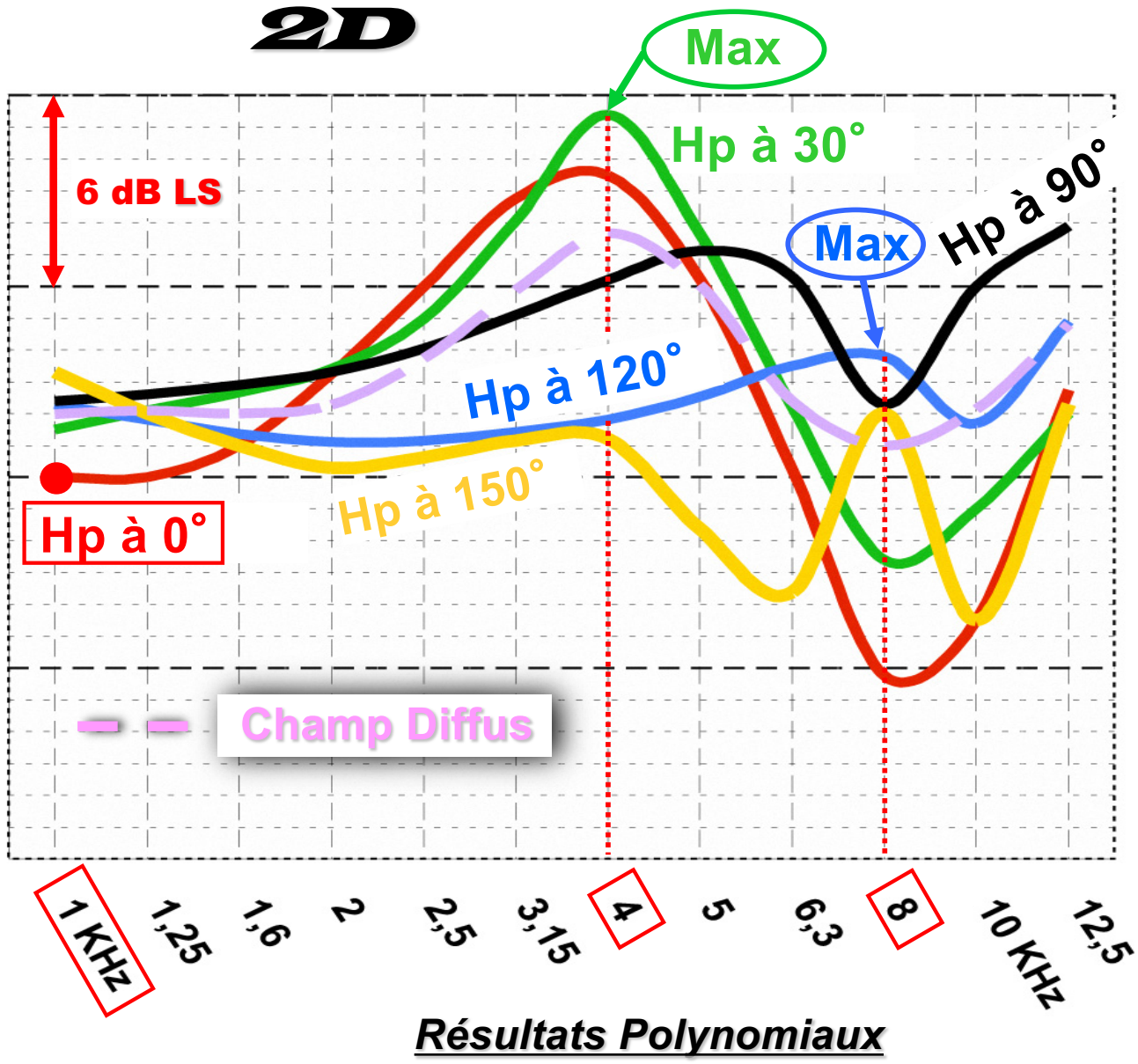
(Elle est le moteur de la norme *R128* pour évaluer le *LU*…)

Les Hauts parleurs (Hp) 7.0 dans le plan azimutal

Sensation sonore pour 75 dB SPL sur du Bruit Rose :

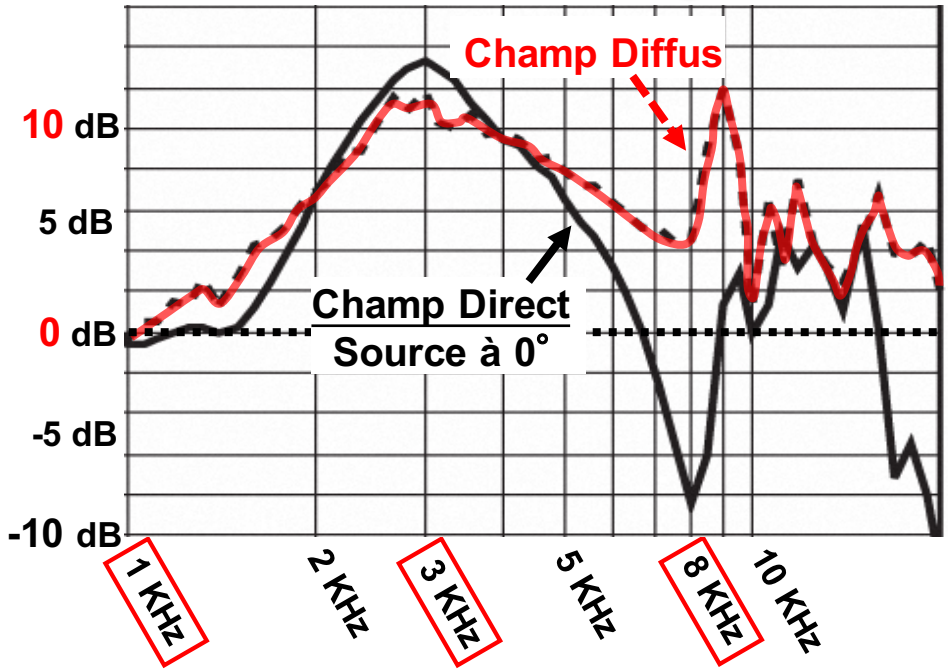


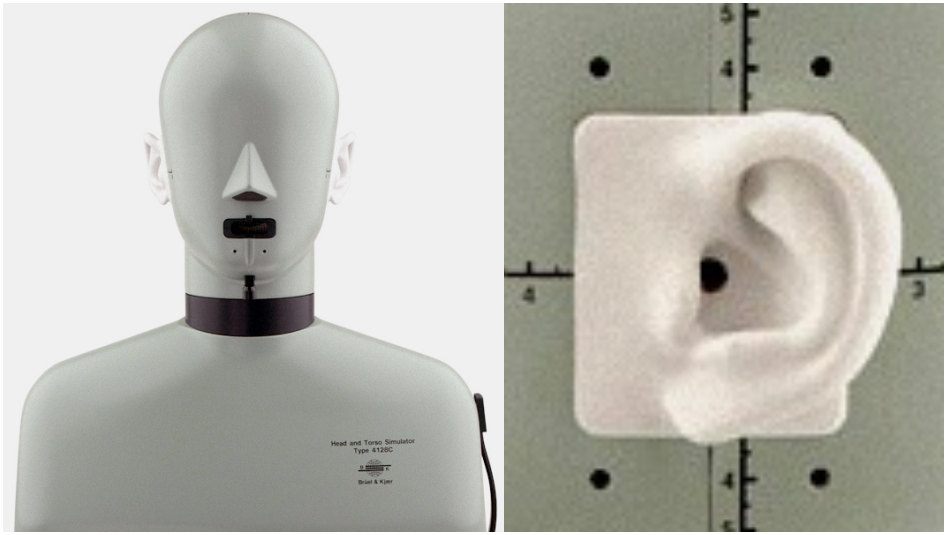
Mono
Stéréo
5.0 **7.0**



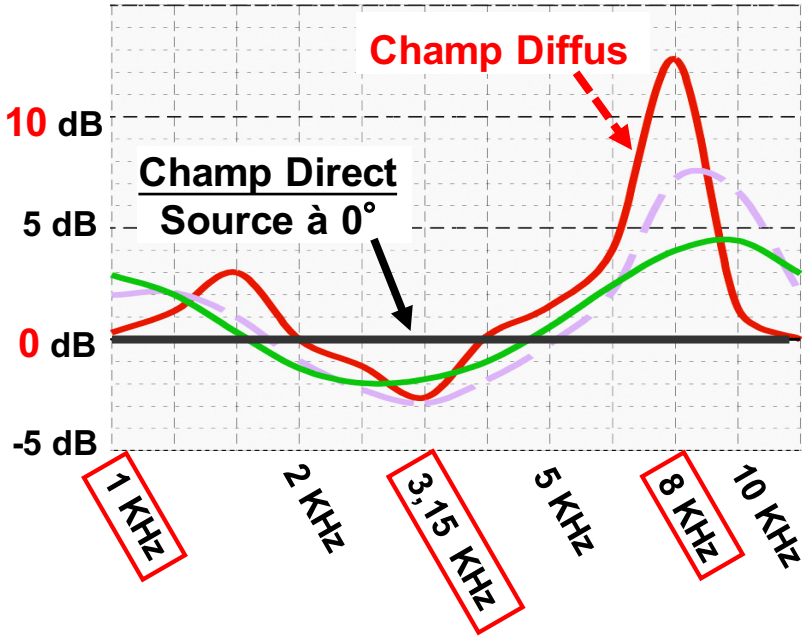
Brüel & Kjær

Tête et torse Type 4128 c





Documents et Photos **Brüel & Kjær**



Différence en niveau entre le champ diffus et le champ direct à incidence frontale, pour la tête et torse B&K type 4128 c…

Différence en niveau entre le champ diffus et le champ direct à incidence frontale, pour les résultats polynomiaux…

Norme *ISO 454 de 1975*

« Relation entre les niveaux de pression acoustique de bandes étroites de bruit en champ diffus et en champ libre à incidence frontale pour des sonies égales. »

Corrections Champ Diffus (réponse linéaire) = Technique « EQ Matching »

Notre perception de l'espace sonore est basée sur la variation de la couleur sonore (avec les indices de temps et d'intensité) des sources sonores qui atteignent nos oreilles. La complexité anatomique de l'oreille colore le son pour fournir au cerveau des indices de direction, c'est son rôle.
Mais l'oreille est aussi entachée d'une coloration indépendante de la direction. En écoute naturelle, ce défaut de neutralité est corrigé de façon transparente par le cerveau, calibré par des années de pratique permanente. En prise de son par contre, cela équivaut à travailler avec un microphone non linéaire. Le registre médium est faux et cette sensation nous éloigne de l'écoute naturelle.

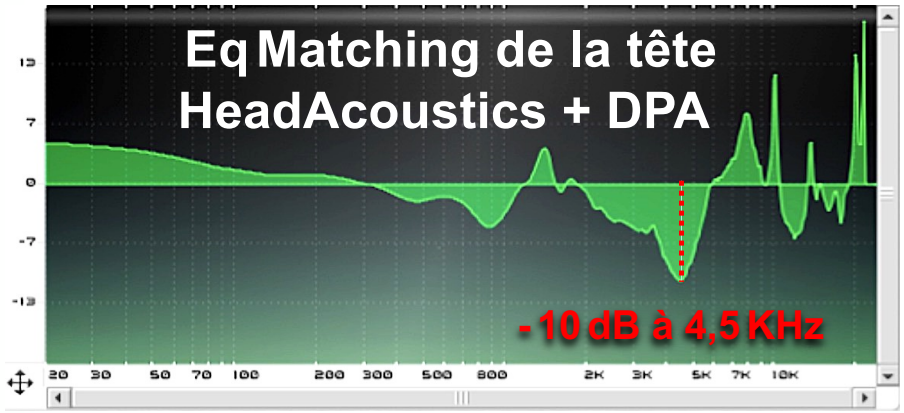
Nous pouvons travailler la réponse en fréquence du système de captation avec nos outils habituels et donc équaliser les rushs tout simplement. Mais cette étape peut aussi s'envisager avec une plus grande précision et la technique d'eqMatching notamment.
L'eqMatching consiste à automatiser l'équalisation d'un son « cible » à partir de l'analyse d'un son « référent ». En général, le nombre et le choix des filtres ne sont plus du ressort de l'utilisateur. Outil un peu marginal, destiné à plaquer une « couleur sonore » sur un son ou même un mix, l'eqMatching est d'un grand secours pour l'équalisation des systèmes binauraux car il est particulièrement précis. Et nous avons besoin d'être précis, parce que nous allons toucher à la couleur sonore et que la couleur sonore règle la spatialité. Nous voulons enlever le défaut de timbre de la prise de son, pas ses caractéristiques de projection sonore. Il faut donc une référence pertinente. Quelle est-elle ?

S'il s'agissait d'un microphone standard, il suffirait de mesurer sa réponse en fréquence avec un bruit large bande, une enceinte de qualité elle-même linéarisée et des conditions anéchoïques. Le son de référence serait un bruit rose et l'outil d'eqMatching compenserait les défauts de réponse de microphone sur cette base linéaire.
Avec un microphone binaural — une tête —, nous devons distinguer le défaut de linéarité imputable au microphone des variations de couleur imputables à la spatialité. Nous voulons seulement ôter la non-linéarité indépendante de la direction, c'est-à-dire commune à toutes les directions. En conséquence, c'est à partir de la mesure de l'HRTF du système de prise de son que se calcule cette composante. L'équalisation qui en résulte est dite « champ diffus » puisqu'elle découle des contributions de tout l'espace (vu comme le champ diffus).

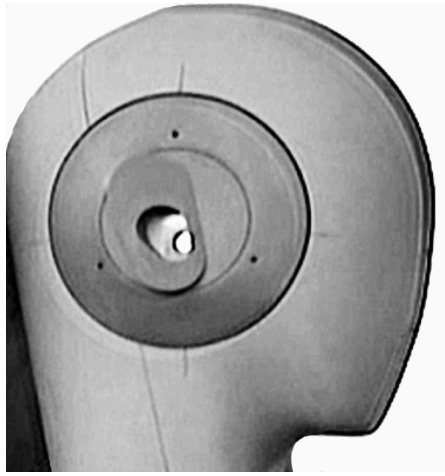
La mesure d'HRTF a fait des progrès et, au-delà de l'approche acoustique, des solutions plus abordables devraient être opérationnelles à court terme (calcul à partir d'un scan 3D, par exemple). https://www.binaural.fr/binaural/?p=625
L'équalisation champ diffus est une bonne manière de normaliser le timbre des prises de son binaurales et l'eqMatching un outil pratique pour harmoniser des prises de son binaurales d'origines diverses.

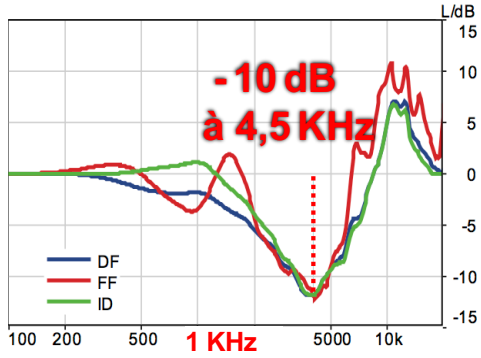
Extraits du Site de Pascal Rueff : binaural.fr

Technique Eq Match



https://www.lesonbinaural.fr/EDIT/DOCS/head_acoustics.PDF





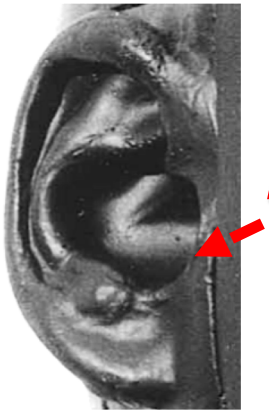
HeadAcoustics
HSU III

https://www.lesonbinaural.fr/EDIT/PDF/tetes_binaurales_oreilles_non_anthropometriques.PDF

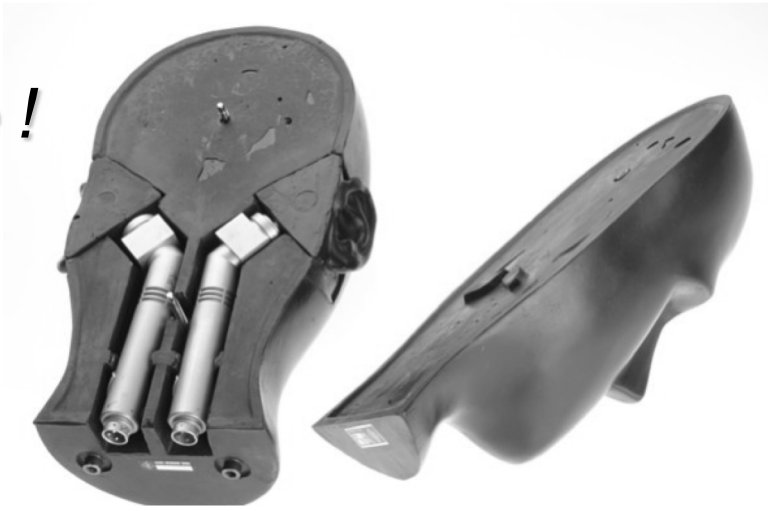
DPA 4053

En 1973 = NEUMANN KU 80

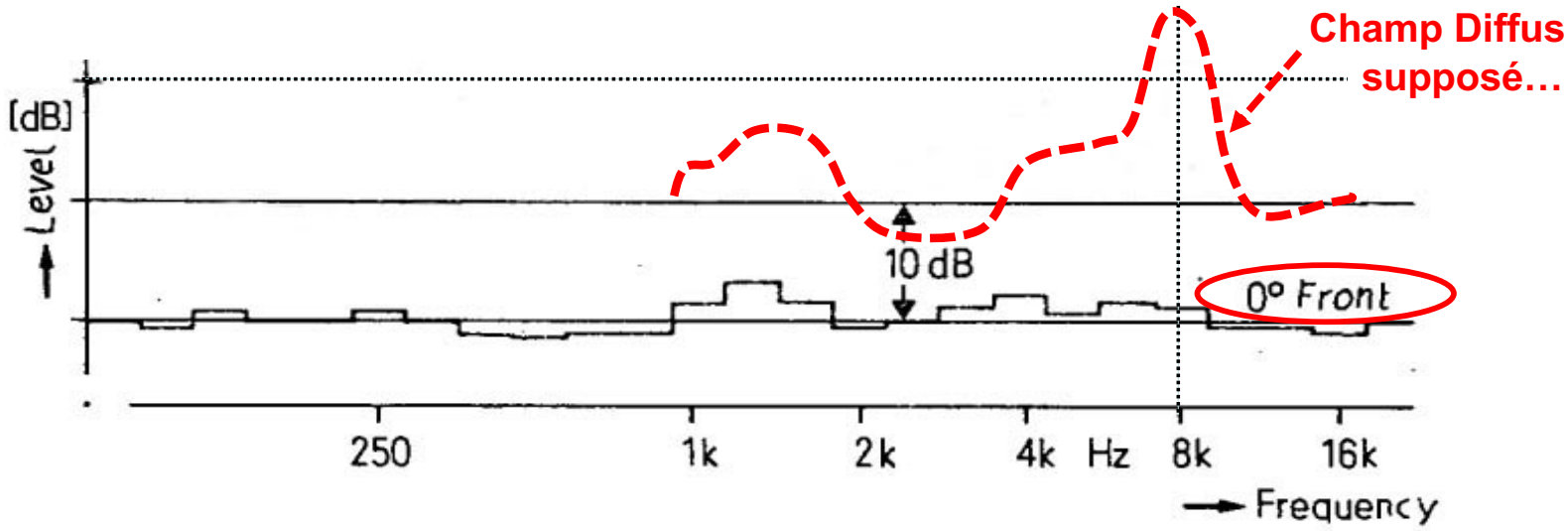
Cette oreille n'est pas anthropométrique !



pas de tragus ??



2 micros : KM 83 modifiés



Tête égalisée pour une réponse linéaire en Champ Libre (à 0° Front)

Photos : www.neumann.com www.madooma.com et http://francevintage.free.fr

En 1992 : NEUMANN KU 100 (≈ 7400 €)

BATT. pile 9v ; P48. fantôme 48v ; EXT. secteur 220v.

(Sorties : 1 XLR 5 + 2 BNC)

Les Oreilles sont anthropométriques (G et D identiques pour les mesures).

2 micros du système KM 100 (circuit de sortie sans transfo)

- **Tête égalisée pour une réponse linéaire en champ diffus.**

  Compatible avec haut-parleurs

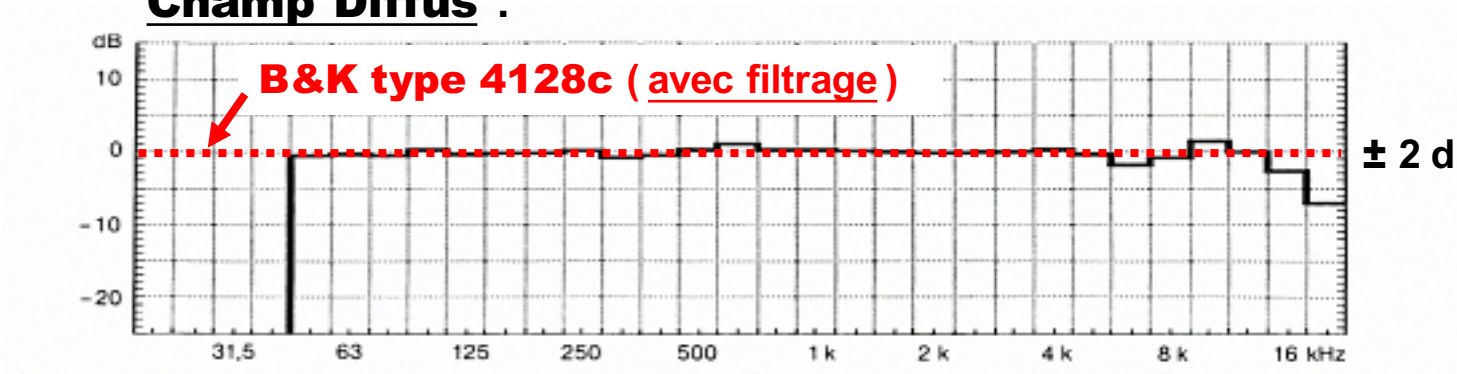
- **Filtre coupe bas à 40 Hz ou 150 Hz et atténuation de 10 dB.**

Photos : www.neumann.com et www.madooma.com

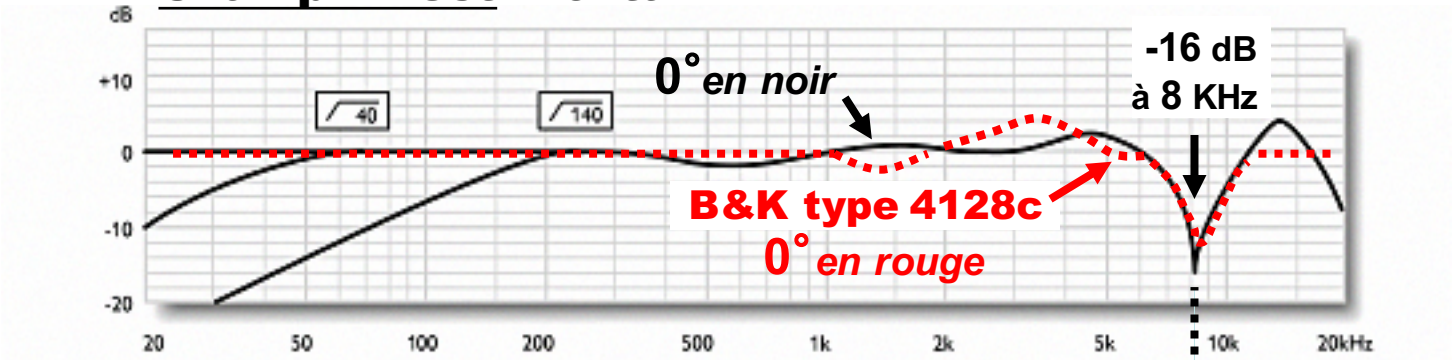
NEUMANN KU 100

Documents Neumann
Documents B&K

Champ Diffus :

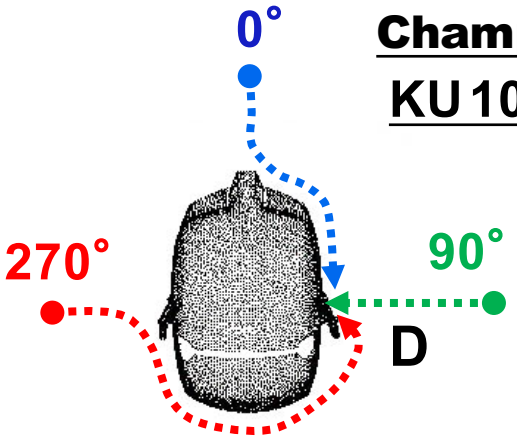


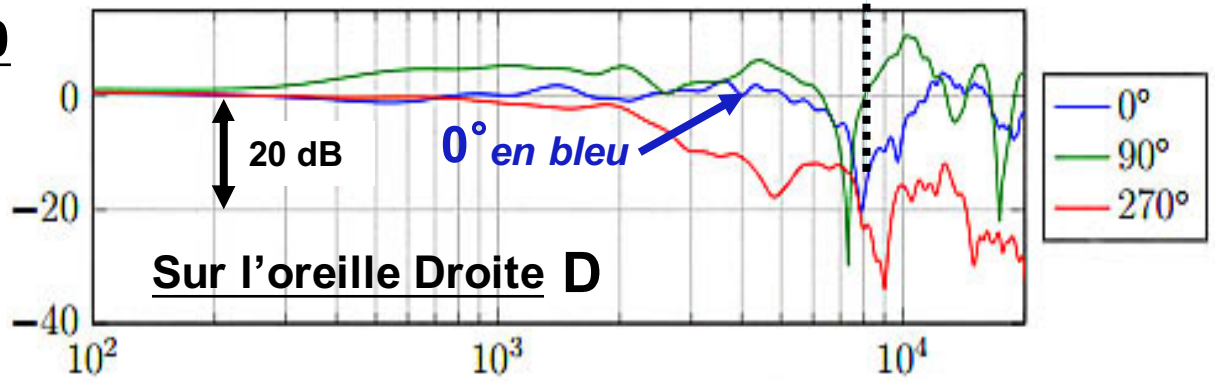
Champ Direct *Frontal* :



Champ Direct *Frontal* :

KU 100





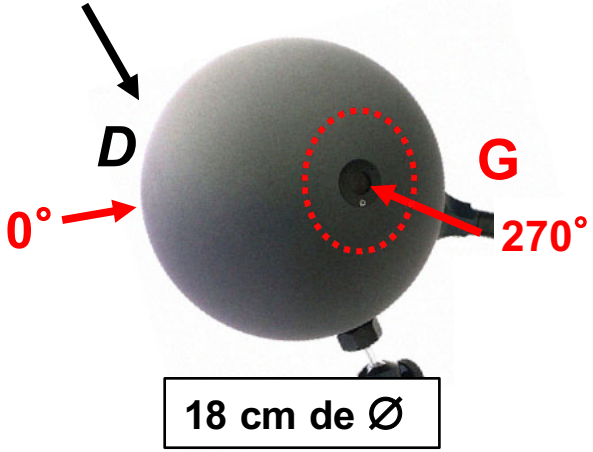
Jakob Vennerød
Trondheim, June 2014

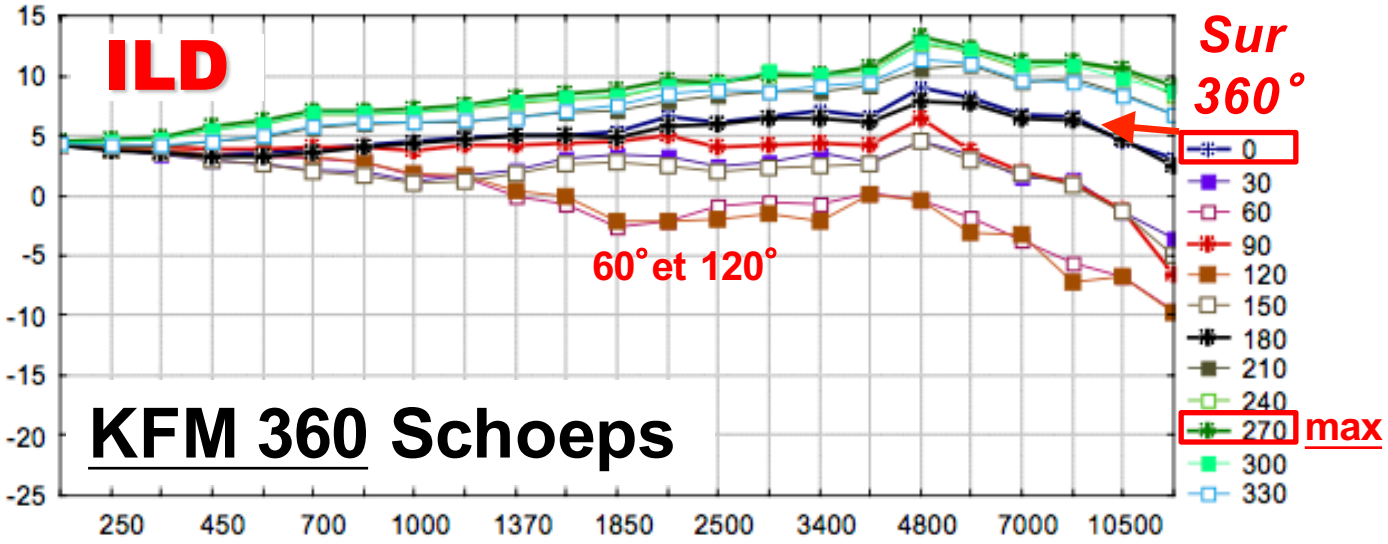
The microphone and artificial head sound pressure measurement

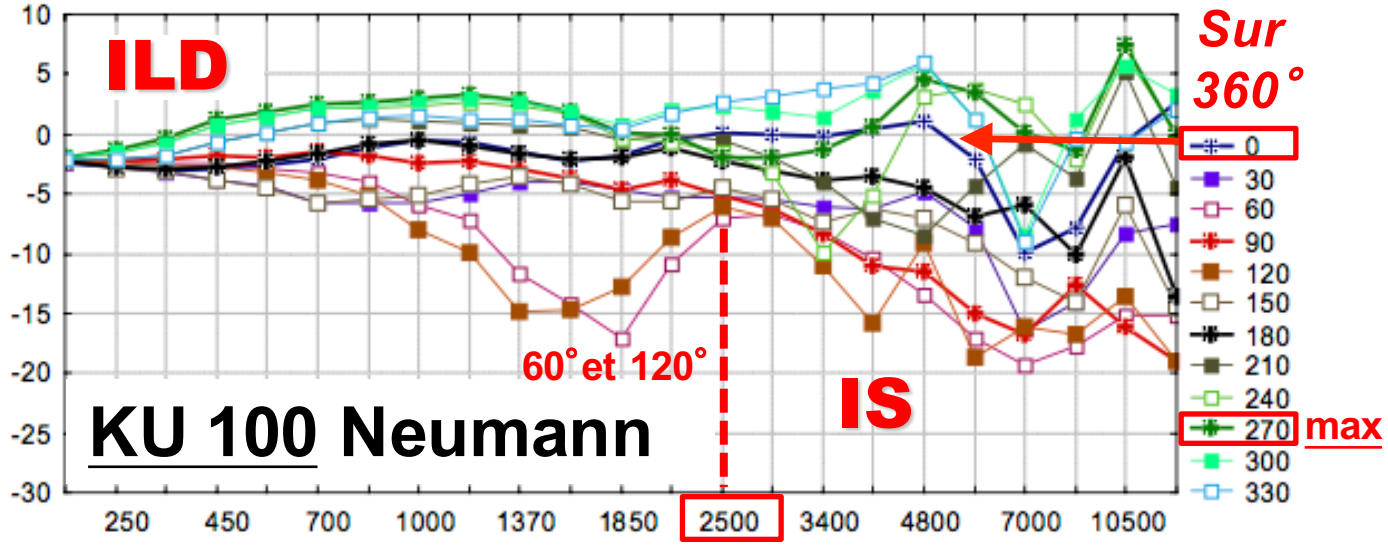
Zdenek Otcenasek **2004**

Sound Studio of the Faculty of Music, Academy of Performing Arts Prague,
Malostranske nam. 13, 118 00 Praha 1, Czech Republic, Email: otcenasek@hamu.cz

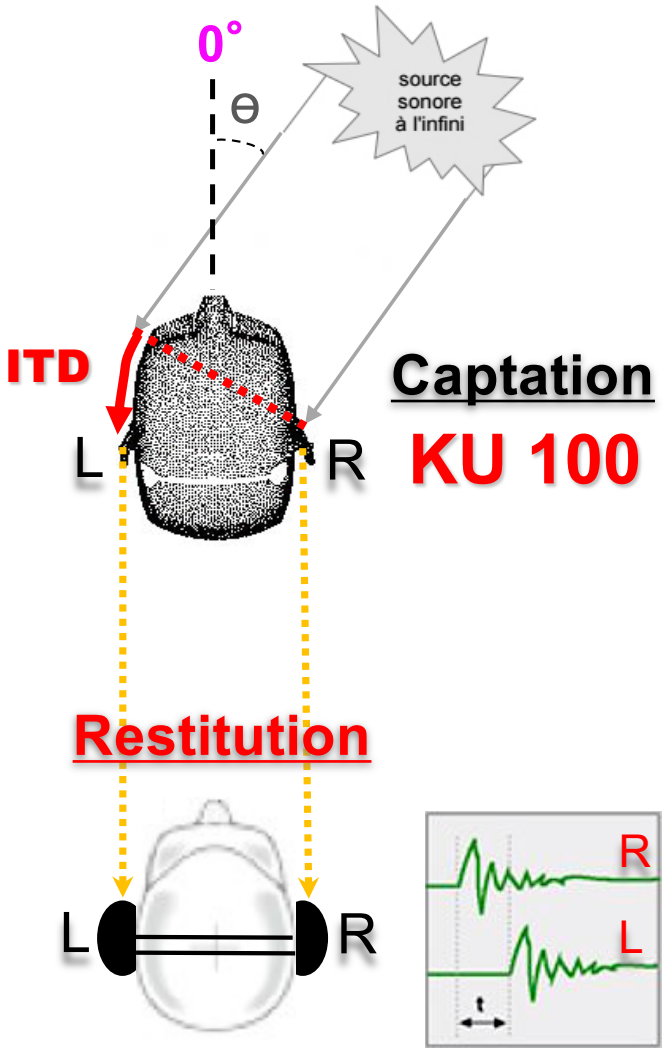
Canal Droit bouché







Pour du Binaural natif avec la KU 100 :



Écoute Binaurale au casque

ITD

Résultats de la Campagne Nationale de Mensuration

Campagne Nationale de Mensuration 2006

Conférence de presse
Salon PRET à PORTER PARIS®
Le 2 février 2006

-Quelques informations sur les mains, les pieds et la tête

(L'étude est réalisée sur la population pondérée : effectif=somme des poids)

Ce document donne quelques statistiques descriptives, notamment la valeur moyenne, les valeurs minimales et maximales et l'écart-type, sur les mains (longueur et largeur), les pieds (longueur et largeur) et la tête (longueur, largeur et périmètre) pour différentes populations issues de la base de données de la Campagne Nationale de Mensuration (adultes, enfants, hommes, femmes, filles ou garçons).

Moyenne, écart-type, minimum, maximum

POPULATION DES ADULTES (hommes et femmes âgés de plus de 18 ans) :

MAIN	Valeur moyenne	Écart-type	Valeur minimum	Valeur maximum
Longueur de la main	18,57 cm	1,473	10,7 cm	26,1 cm
Largeur de la main	8,28 cm	0,679	6,4 cm	14,8 cm
PIED	**Valeur moyenne**	**Écart-type**	**Valeur minimum**	**Valeur maximum**
Longueur du pied	24,97 cm	1,842	19,6 cm	32,3 cm
Largeur du pied	9,70 cm	0,769	6,5 cm	17,3 cm
TÊTE	**Valeur moyenne**	**Écart-type**	**Valeur minimum**	**Valeur maximum**
Longueur de la tête	18,91 cm	0,842	14,0 cm	24,1 cm
Largeur de la tête	15,04 cm	0,678	12,5 cm	19,5 cm
Tour de tête	56,33 cm	2,035	48,5 cm	65,0 cm

Plugin Waves

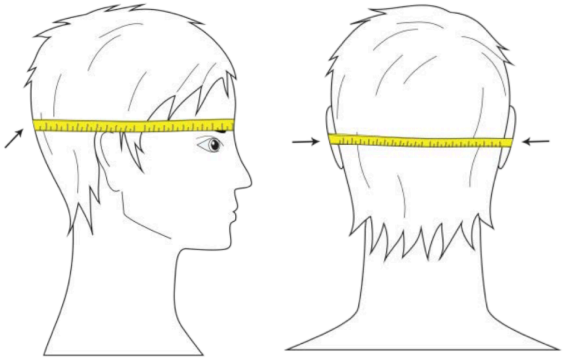
Waves Abbey Road Studio 3 + Nx Track

https://www.waves.com/plugins/abbey-road-studio-3

CIRCONFÉRENCE

- Entrez votre **tour de tête** dans centimètres. Pour trouver votre tour de tête, utilisez un ruban à mesurer pour mesurer la plus longue distance autour de votre tête sur l'arrière de la tête, autour de vos oreilles et autour de vos sourcils.

Par défaut: **55 cm** (moyenne pour la population humaine adulte)



ARC INTER-AURAL

- Entrez votre **arc inter-aural** la distance d'une oreille à l'autre autour de l'arrière de votre tête, sur un plan horizontal parallèle au sol.

Par défaut: **25 cm** (moyenne pour la population humaine adulte)

https://fr-fr.sennheiser.com/ambeo-blueprints-downloads

Orbit Plug-in

L'AMBEO Orbit est un plugin de panoramique binaural Sennheiser conçu pour faciliter le mixage de contenu binaural immersif.

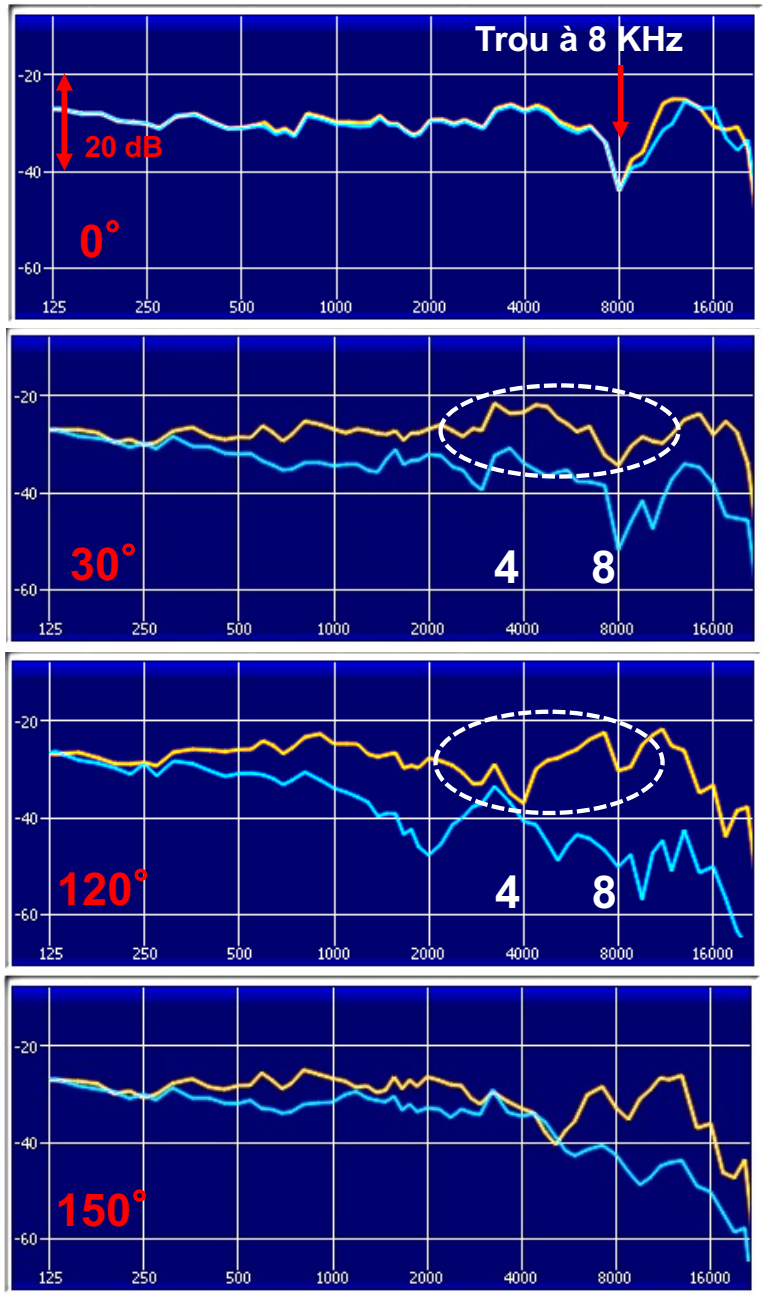
En associant la tête **Neumann KU 100** - la référence en matière de capture binaurale - avec le nouveau plugin AMBEO Orbit, vous obtenez une flexibilité et un contrôle complets de votre enregistrement binaural. Vous pouvez désormais positionner efficacement les sources mono ou stéréo supplémentaires dans le champ sonore 3D, en évitant les colorations indésirables.

En fait, la commande brevetée de clarté vous permet de choisir l'ampleur de la coloration binaurale à appliquer. En outre, l'interface unique pour créer des réflexions de salle binaurales vous permet d'améliorer considérablement la précision spatiale par rapport à un plugin de réverbération.

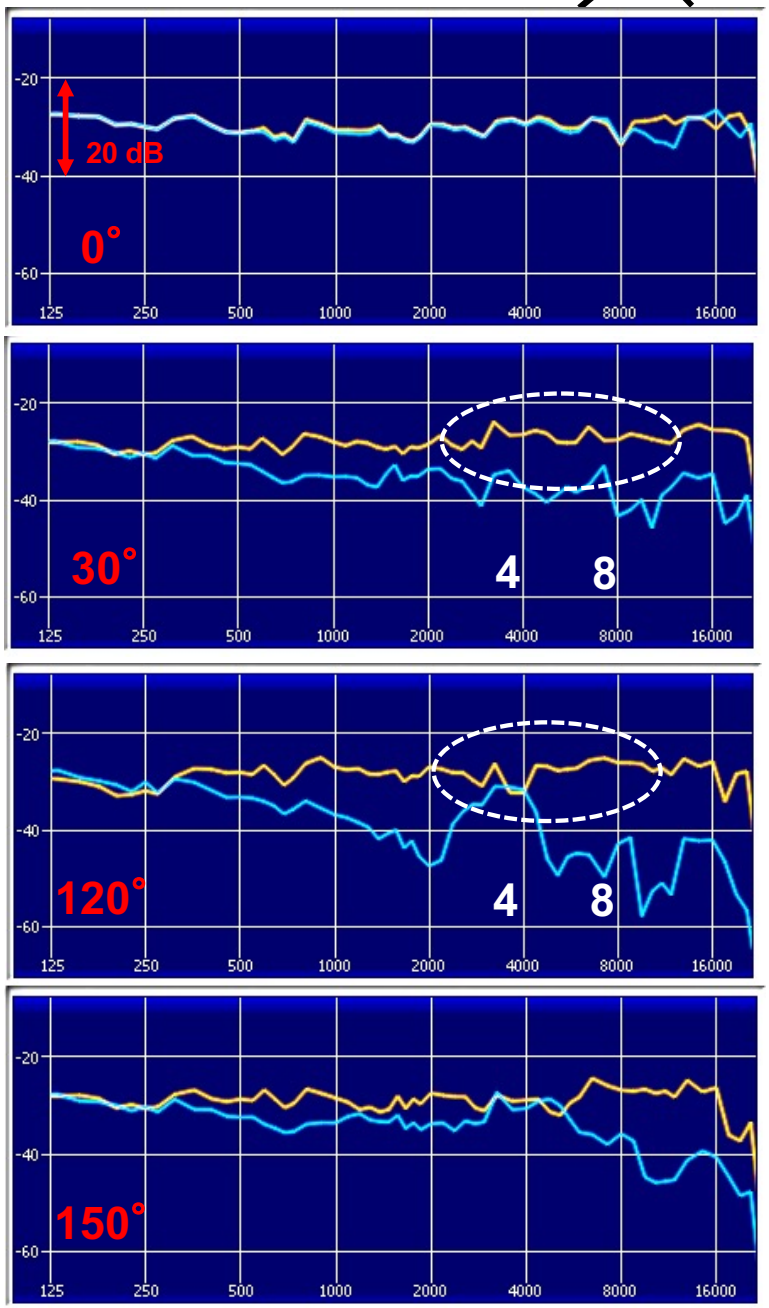
Le plugin AMBEO Orbit est disponible aux formats AAX, VST, VST3 et AU pour Mac et Windows.

ORBIT

CLARITY 0 %



CLARITY 100 % ~~IS~~



Oreille Ipsilatérale
Oreille Contralatérale

Même différentiel

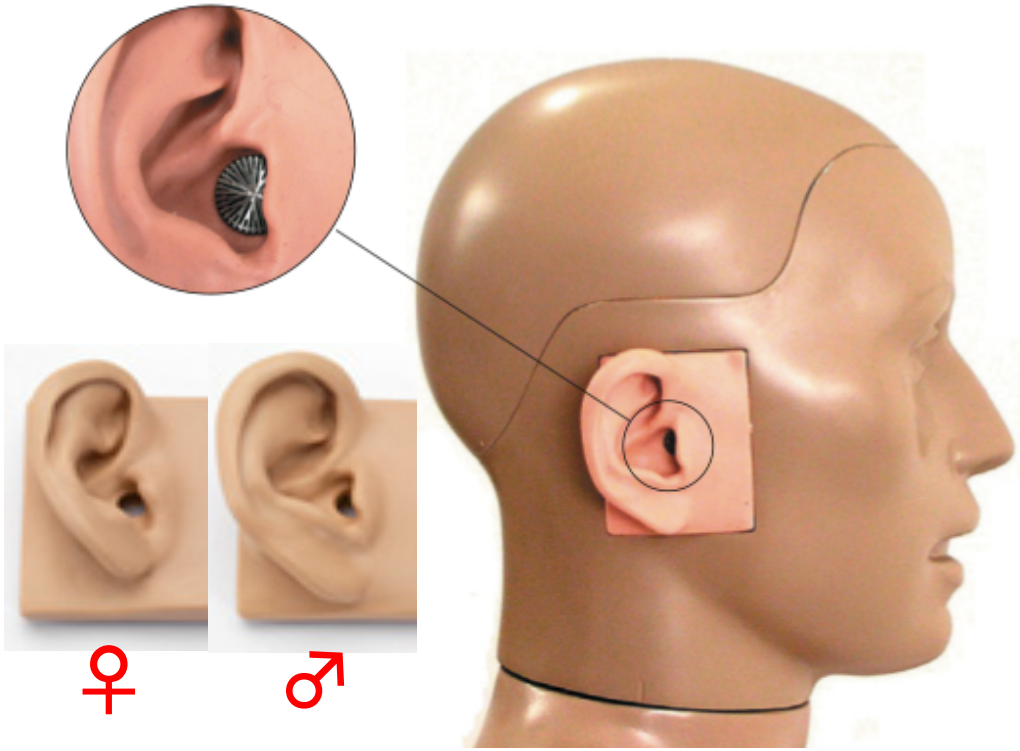
Oreille Ipsilatérale
Oreille Contralatérale

En 1972 : Kemar (*mannequin anthropométrique*)

40 years and still the same – but different

1972
2012

En 1972, KEMAR a été introduite dans le monde par Knowles Electronics. Il a été le premier simulateur de torse et spécialement conçu pour la recherche acoustique et a permis aux laboratoires de prothèses auditives pour effectuer de simulation des mesures in situ de prothèses auditives.



♀ ♂

http://kemar.us/KEMAR_Book.pdf

MANIKIN MEASUREMENTS - KEMAR by *GRAS*

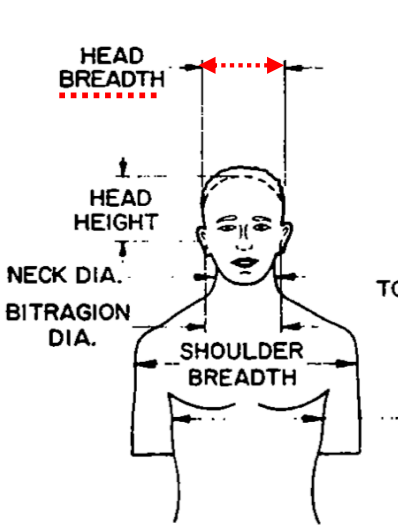


FIG. 1. Anthropometric measures used in design of KEMAR.

TABLE I. Dimensions for KEMAR and average human adults, in centimeters.

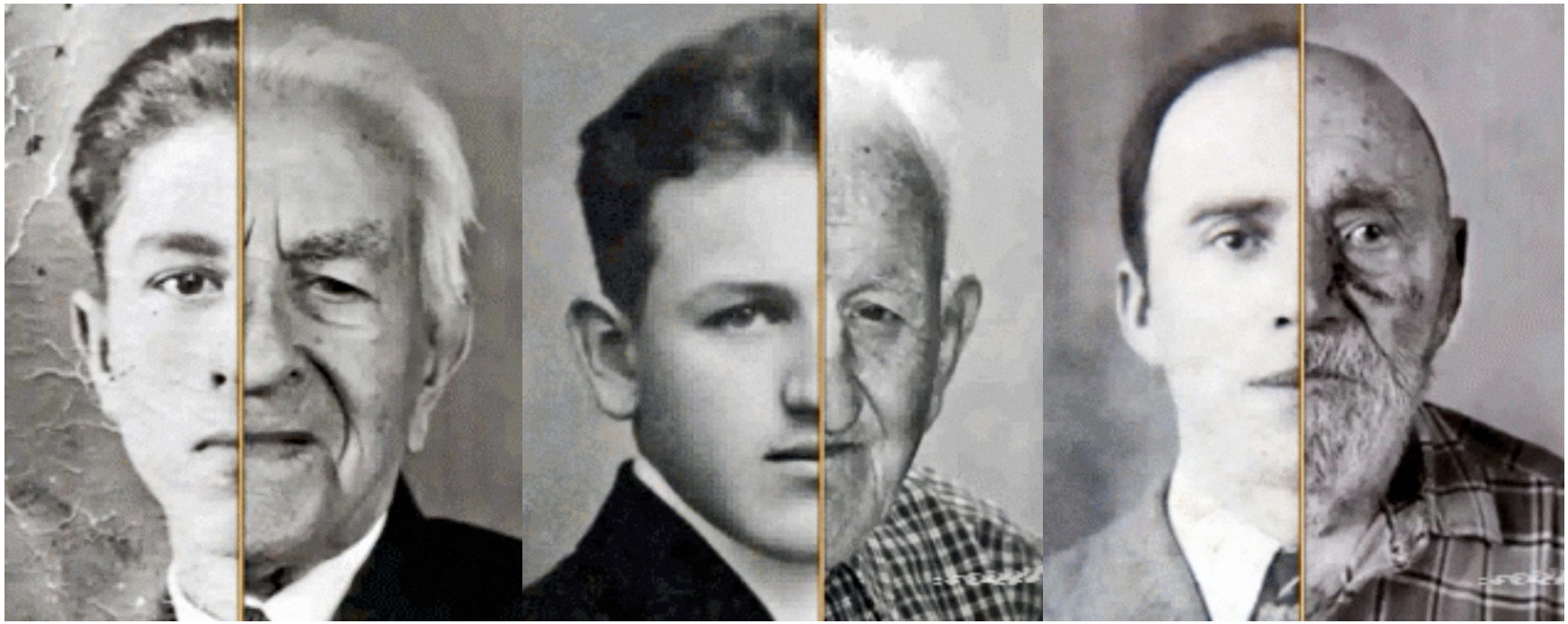
	Median male	Median female	Average human	KEMAR
Head breadth	15.5	14.7	15.1	15.2
Head length	19.6	18.0	18.8	19.1
Head height	13.0	13.0	13.0	12.5
Bitragion diameter	14.2	13.5	13.85	14.3
Tragion to wall	10.2	9.4	9.8	9.65
Tragion to shoulder	18.8	16.3	17.55	17.5[a]
Neck diameter	12.1	10.3	11.2	11.3
Shoulder breadth	45.5	39.9	42.7	44.0
Chest breadth	30.5	27.7	29.1	28.2
Menton vertex length	23.2	21.1	22.15	22.4

[a]Adjustable over ±1.27 cm.

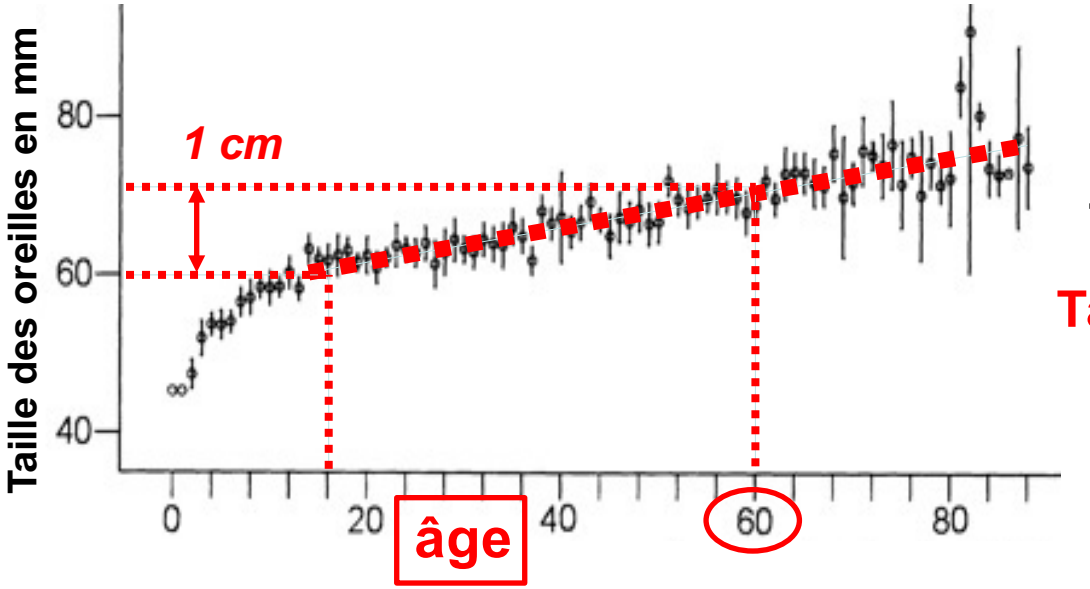
Photos : www.gras.dk

L'oreille ne cesse de grandir…

L'oreille grandit pour compenser la presbyacousie ?



bigbrowser.blog.lemonde.fr



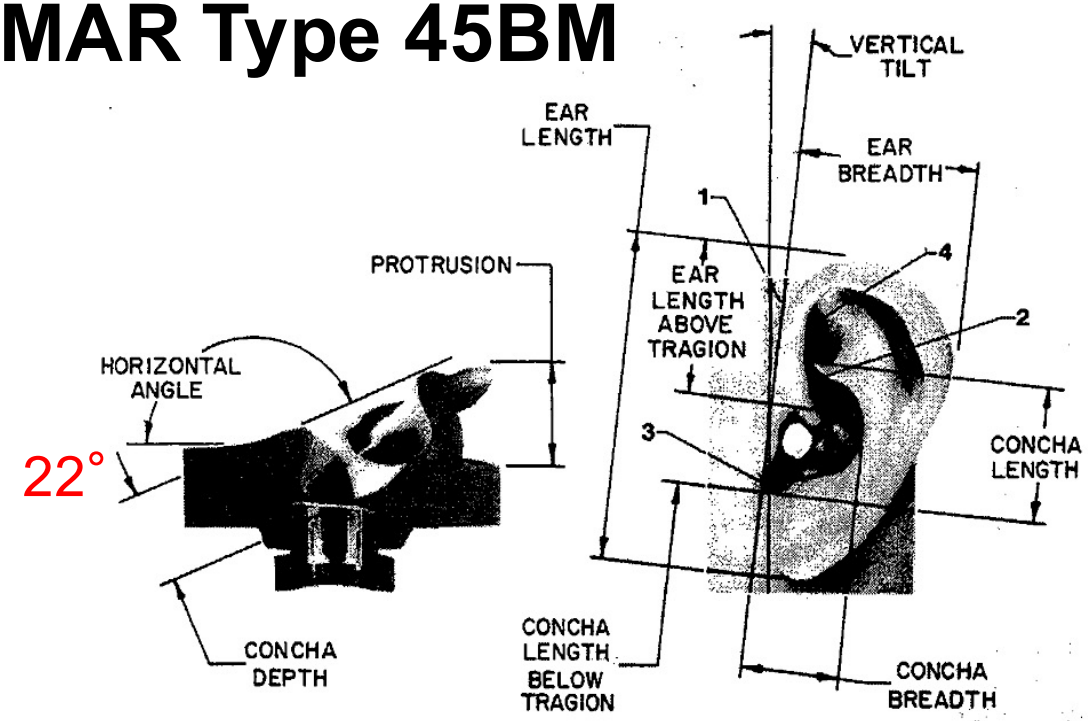
Une équation linéaire de régression fut tirée des données recueillies :

Taille des oreilles = 55.9 + (0.72 x âge)

Niemitz, C., et al. 2007

GRAS Sound & Vibration

KEMAR Type 45BM



Dimension		Averages 12 Male	Averages 12 Female	Averages Overall	Standard deviation 12 Male	Standard deviation 12 Female	Standard deviation Overall	KEMAR	50% Male[a]	50% Female[a]	Average
Ear length	cm	6.85	6.24	6.55	0.59	0.38	0.58	5.89	6.35	5.84	6.10
Ear length above tragion	cm	3.30	3.07	3.19	0.41	0.20	0.34	2.7	3.04		
Ear breadth	cm	3.77	3.36	3.57	0.24	0.27	0.33	3.1	3.55	3.3	3.42
Ear protrusion	cm	2.28	2.03	2.16	0.22	0.23	0.26	1.85	2.10		
Ear protrusion angle	deg	156.7	155.1	155.9	8.6	9.7	9.0	158			
Vertical tilt front view[b]	deg	3.0	2.7	2.9	3.2	3.6	3.1	7			
Vertical tilt side view[b]	deg	7.6	4.7	6.2	2.8	3.4	2.8	6			
Concha volume	cm^3	4.65	3.94	4.30	0.76	0.81	0.85	4.0			
Concha length	cm	2.73	2.53	2.63	0.23	0.20	0.24	2.45			
Concha length, tragion to lower notch	cm	1.74	1.62	1.68	0.16	0.16	0.17	1.82			
Concha breadth	cm	1.88	1.72	1.80	0.21	0.21	0.22	1.57			
Concha breadth tragion to helix	cm	1.82	1.65	1.73	0.27	0.22	0.25	1.39			
Concha depth	cm	1.29	1.29	1.29	0.12	0.08	0.10	1.33			

[a]Dreyfus (1967).

[b]Four males and four females.

Dimensions externes de l'oreille

Oreille Gauche selon ***ITU-T P.57 Type 3.3***

Electroacoustic Measurements of Headphones

Christopher J. Struck

CJS Labs
San Francisco, CA – USA

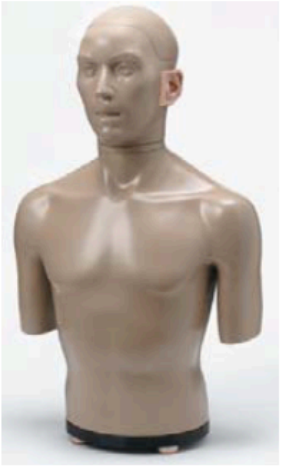
2009

© Copyright 2009 CJS Labs – San Francisco, CA USA – www.cjs-labs.com Email: cjs@cjs-labs.com

IEC 60711 Ear Simulator

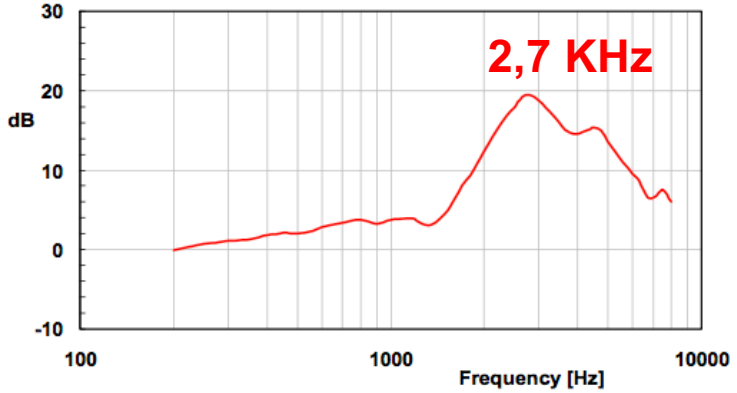
KEMAR

- Zwislocki *OR* IEC 60711 Ear Simulators
- Anatomical Pinnæ (soft or hard)
- Anthropomorphic Geometry
- Fulfills **ANSI S3.36** *(and IEC 60959 and ITU-T Rec. P.58*



© Copyright 2009 CJS Labs – San Francisco, CA USA – www.cjs-labs.com Email: cjs@cjs-labs.com

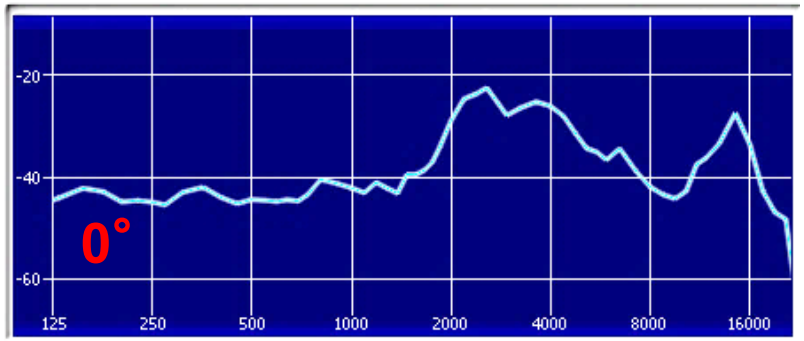
KEMAR Free Field Response
with Zwislocki Coupler

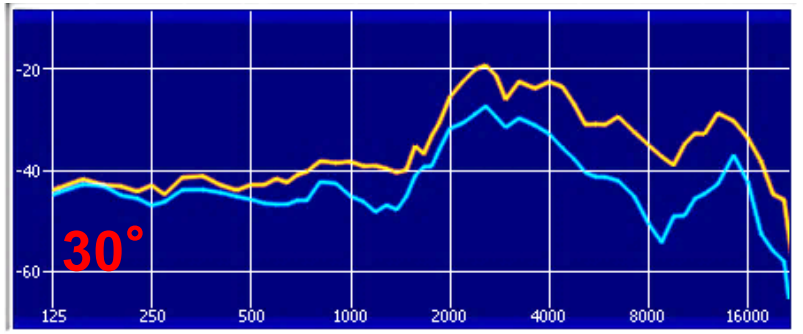


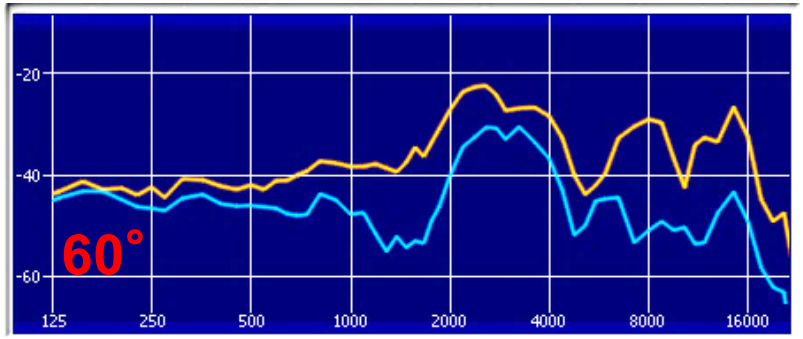
© Copyright 2009 CJS Labs – San Francisco, CA USA – www.cjs-labs.com Email: cjs@cjs-labs.com

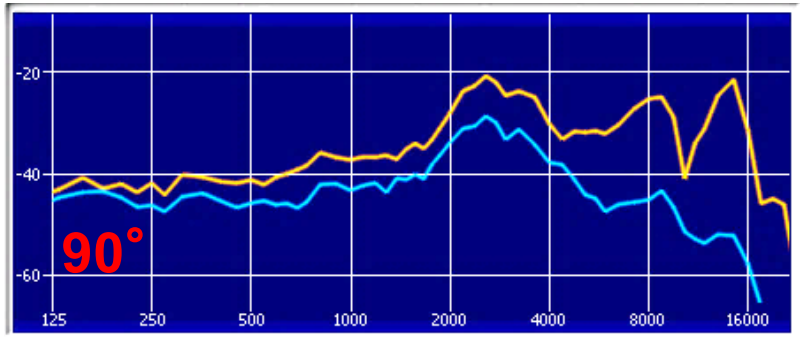
HRTF KEMAR du MIT Oreilles Normales ♀

Oreille Ipsilatérale
Oreille Contralatérale



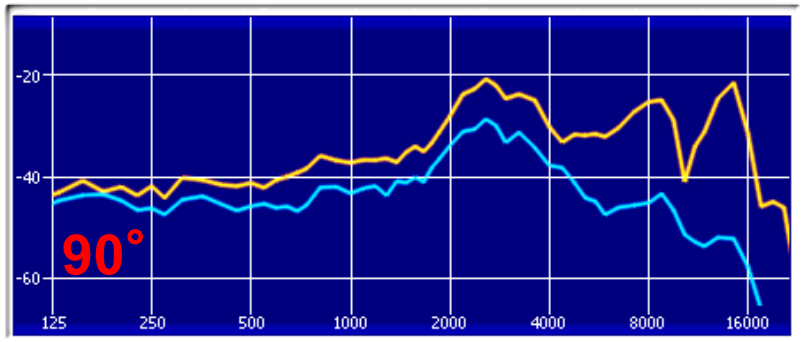


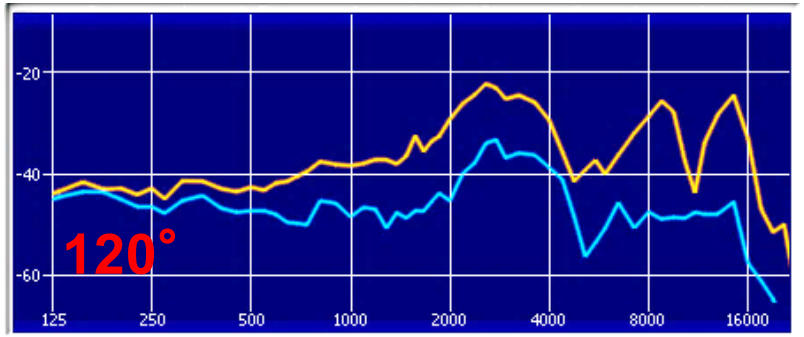


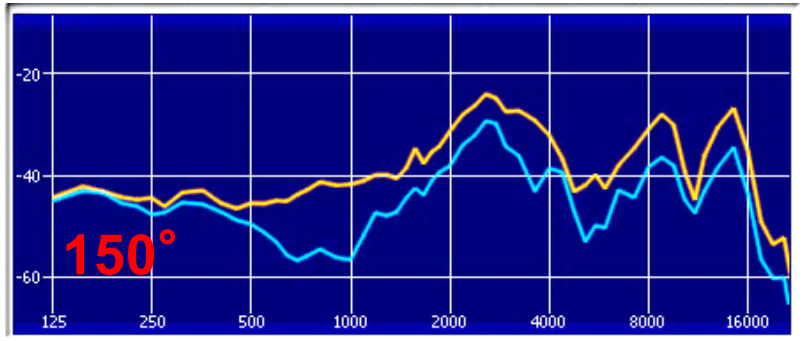


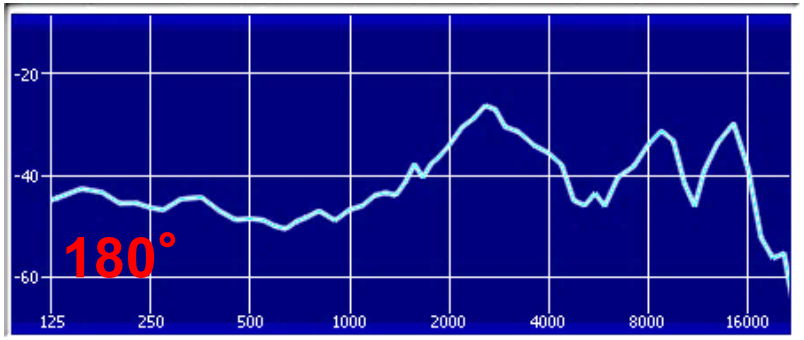
Index of /data/database/mit

mit_kemar_large_pinna.sofa



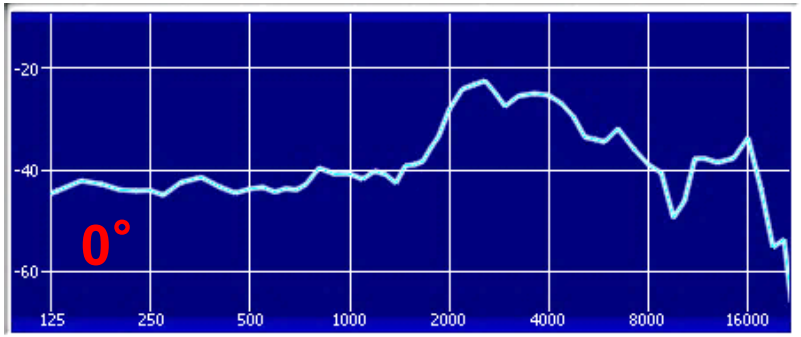


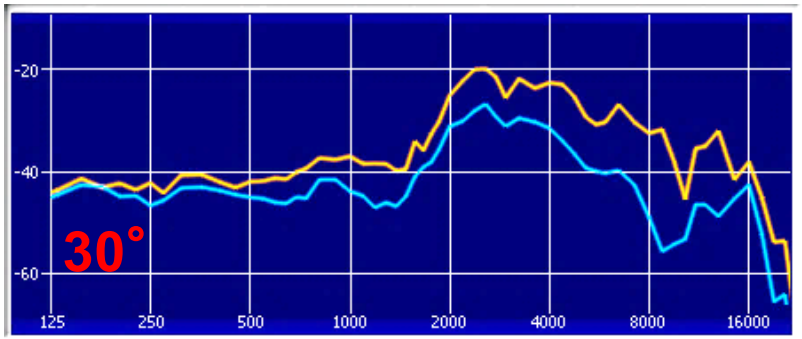


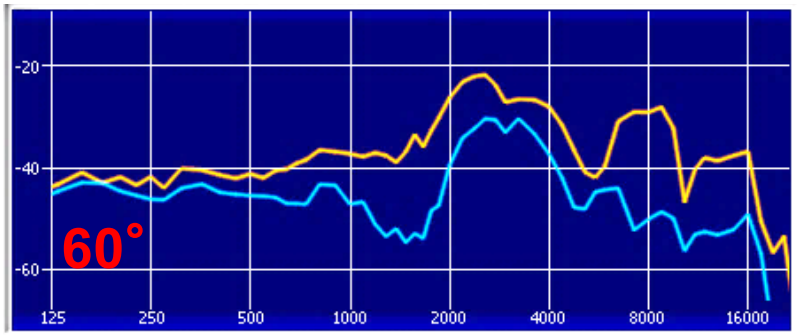


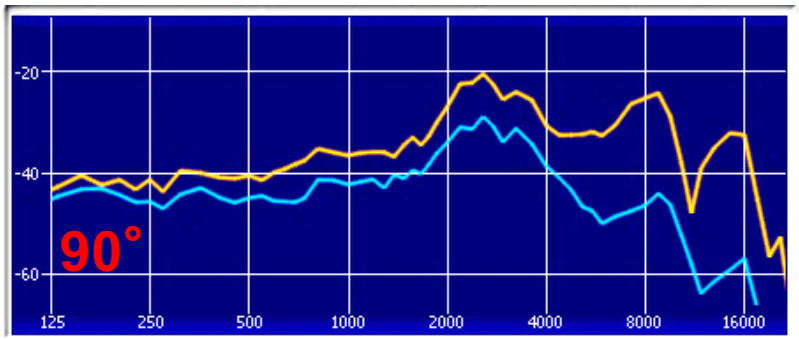
HRTF **KEMAR** du MIT **Oreilles Larges** ♂

Oreille Ipsilatérale
Oreille Contralatérale



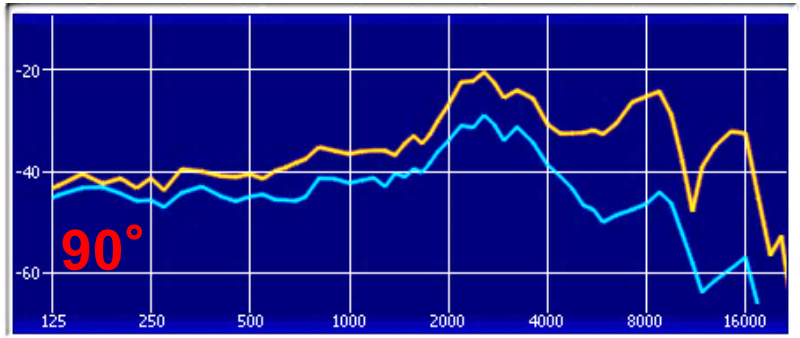


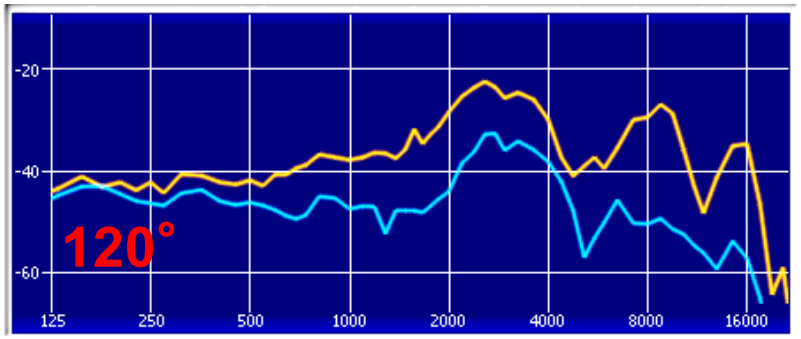


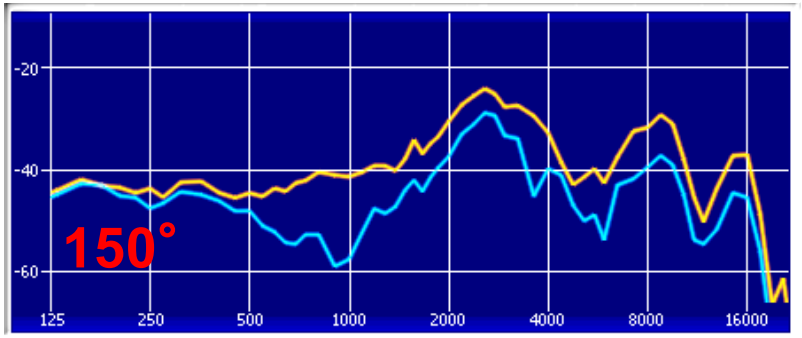


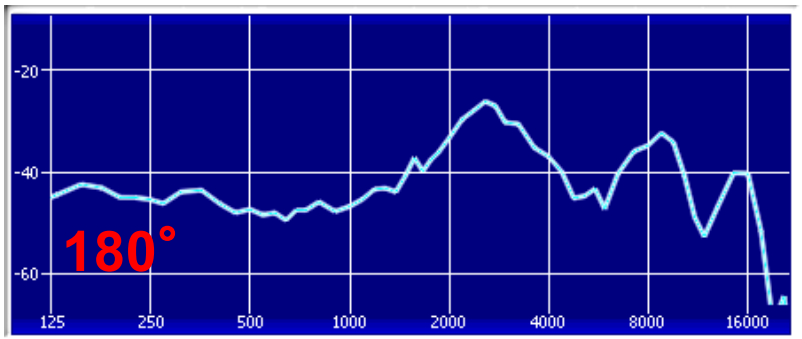
Index of /data/database/mit

mit_kemar_large_pinna.sofa





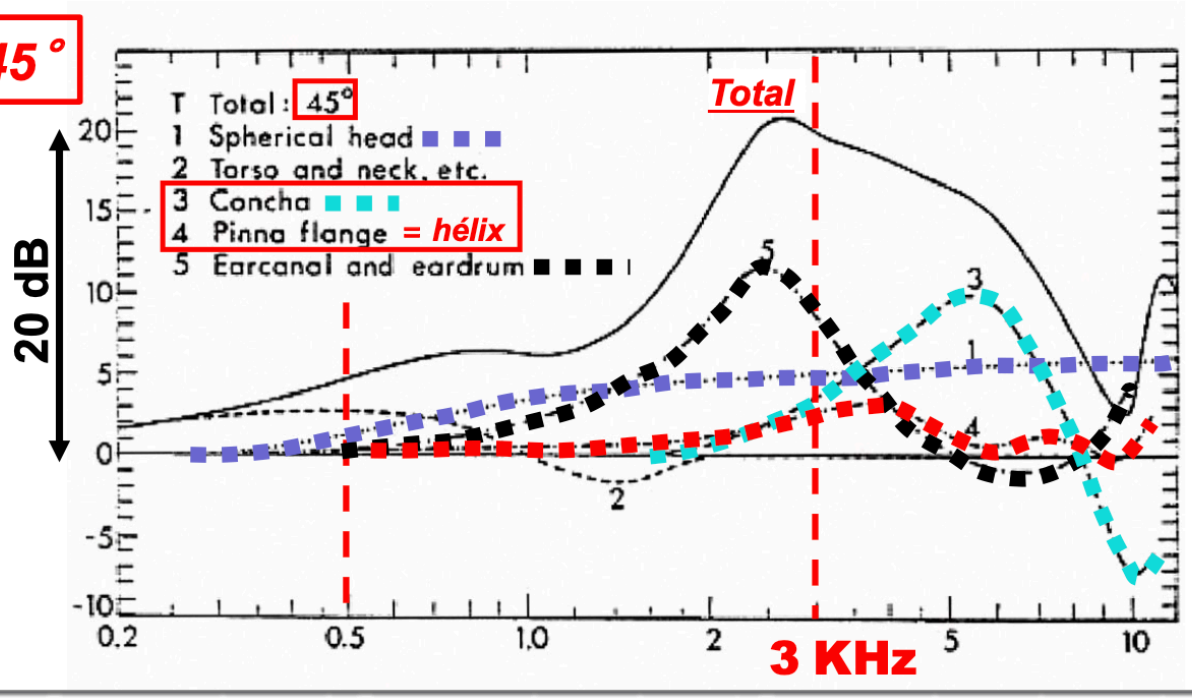


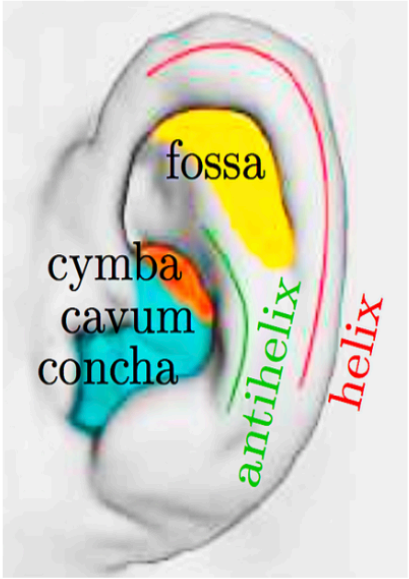


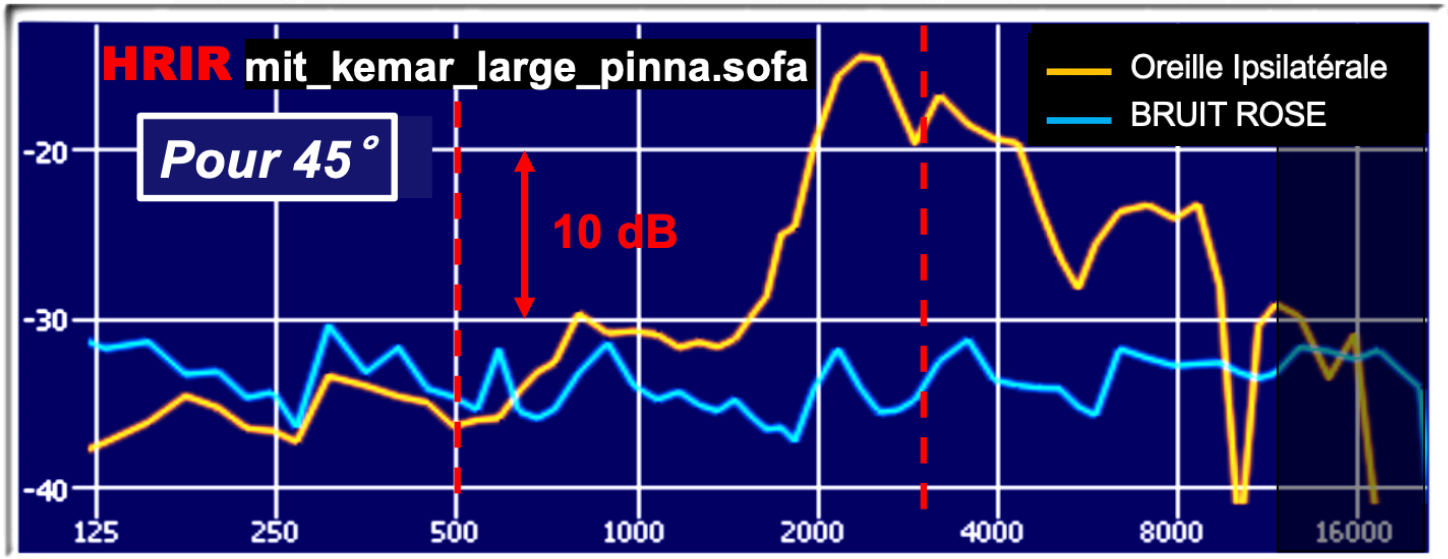
2D

Gain acoustique, également appelé « gain étymotique » ou « Fonction de Transfert » *HRTF* de l'oreille externe

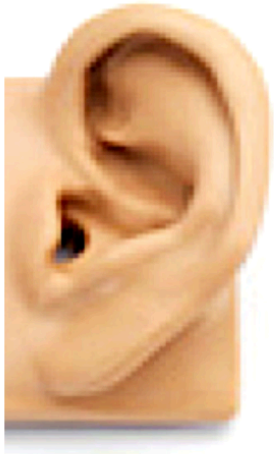
Pour 45°



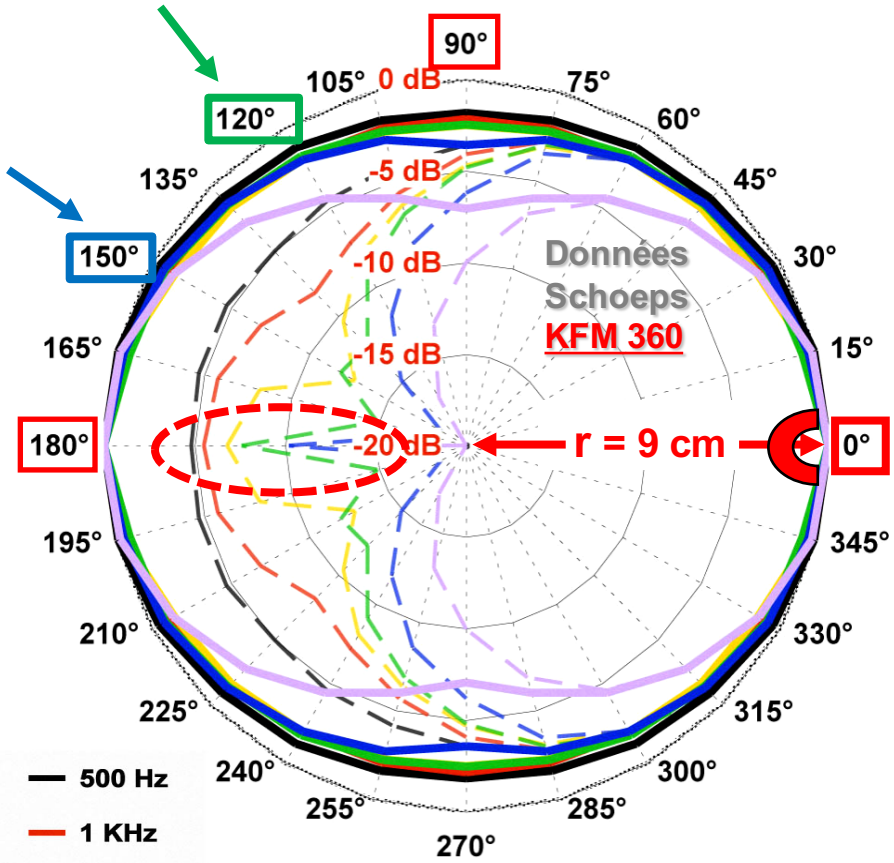




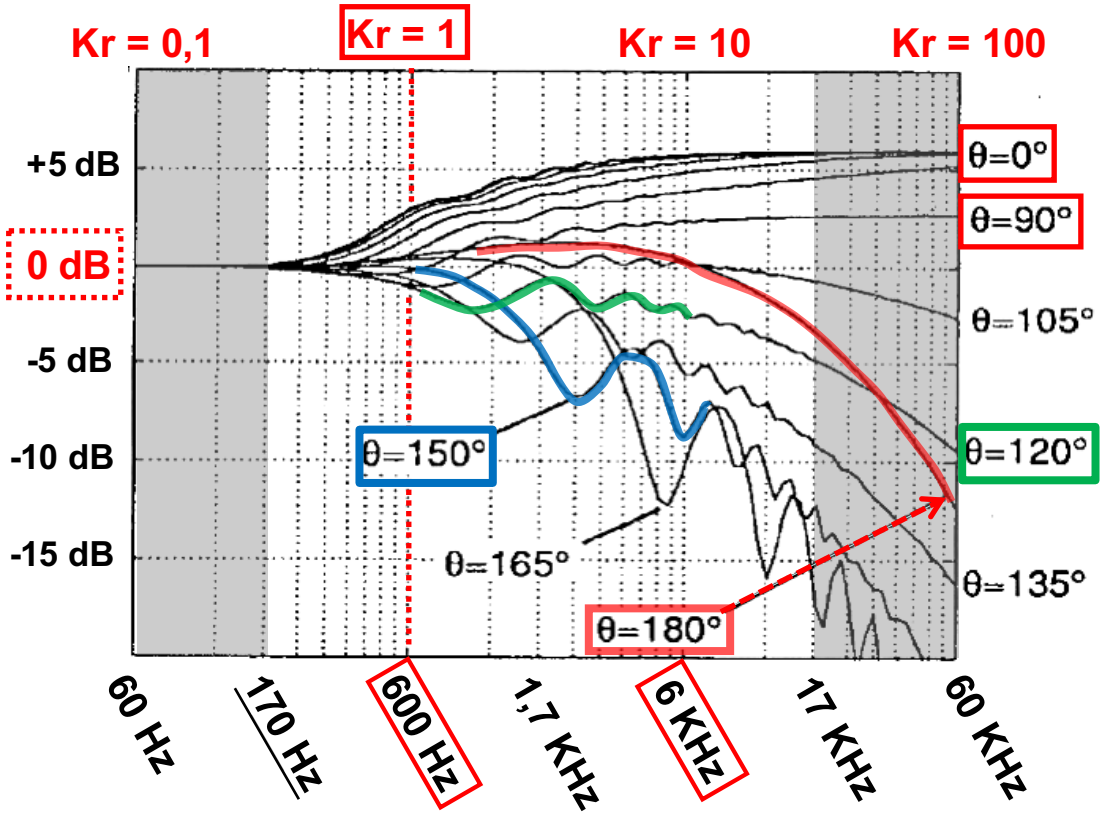
Kemar

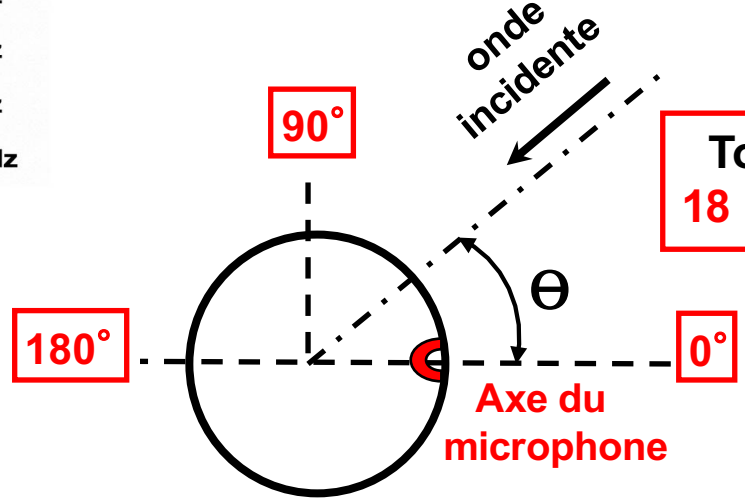


DIFFRACTION DE LA TÊTE HUMAINE :



Modèle = Sphère de 18 cm de Ø





Tour de tête pour
18 cm de Ø = 56,5 cm

$$Kr = 2\pi r/\lambda$$

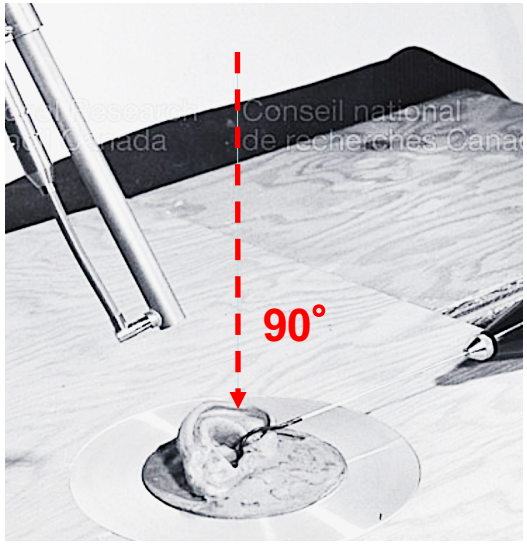
Pour Kr = 1 :

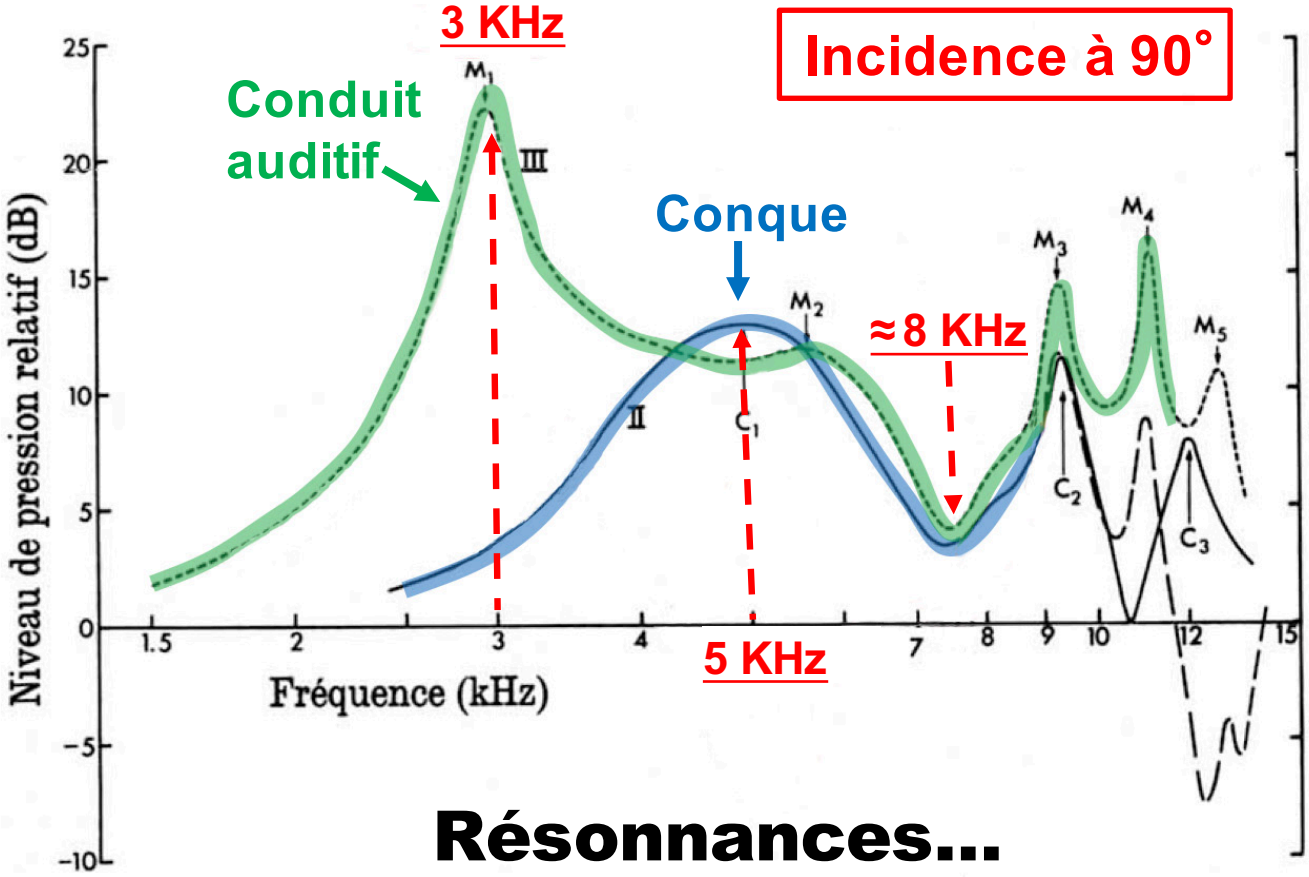
$$F = C/(2\pi r)$$

$$F \approx 600 \text{ Hz}$$

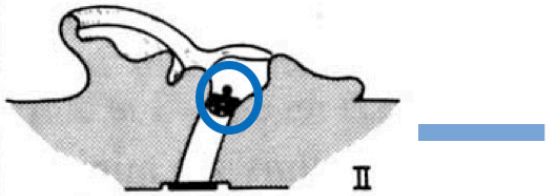
(C = Célérité du son)

Shaw et Teranishi, 1968

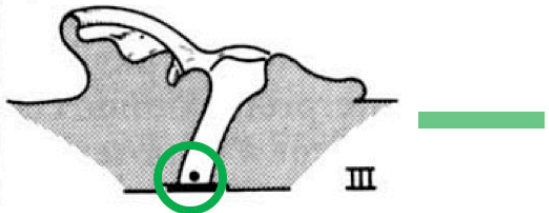




Shaw EAG, Teranishi R (1968). Sound pressure generated in an external-ear replica and real human ears by a nearby point source. J Acoust Soc Am 44:240-249



À l'entrée du conduit obturé

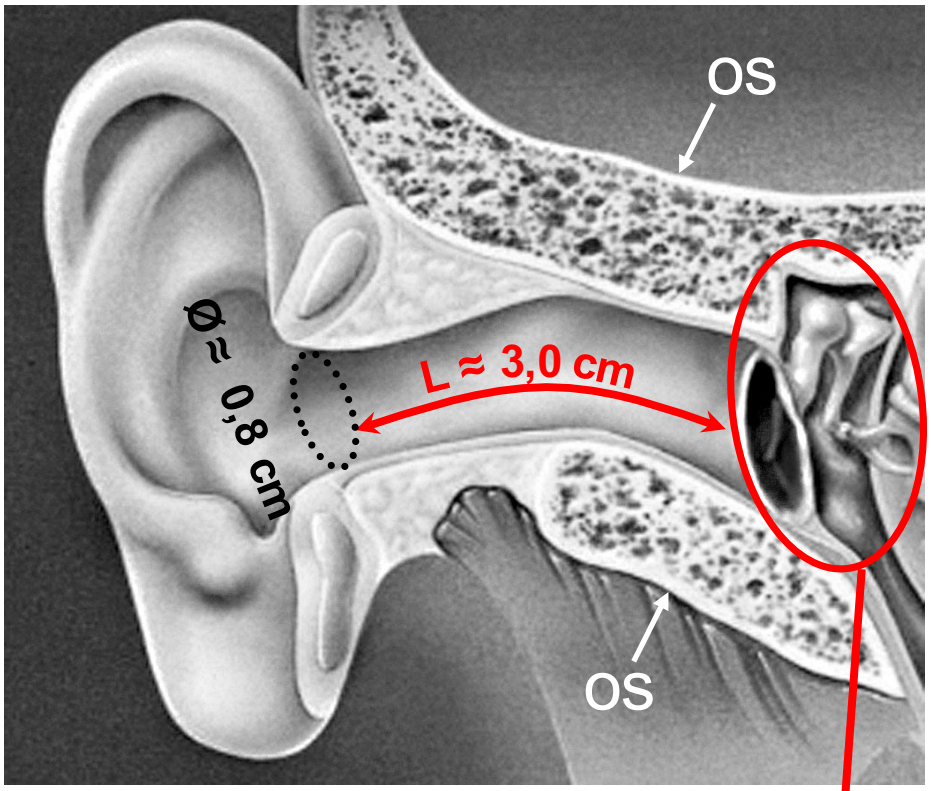


À proximité du tympan

Résonnances...

RÉSONNANCES DU CONDUIT AUDITIF EN λ/4 :

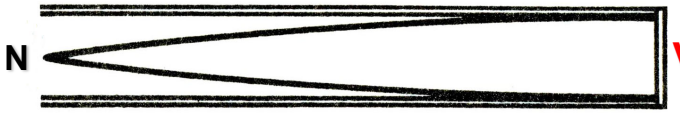
L'OREILLE EXTERNE



$$F = (2k+1)\frac{C}{4L+0,82r}$$

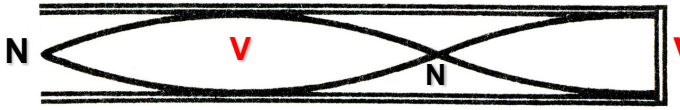
r = rayon du conduit auditif…
(0,82 r = corrections dues aux frottements)

Fondamental F = 2,7 KHz



k = 0

1ère Harmonique F = 8,3 KHz



k = 1

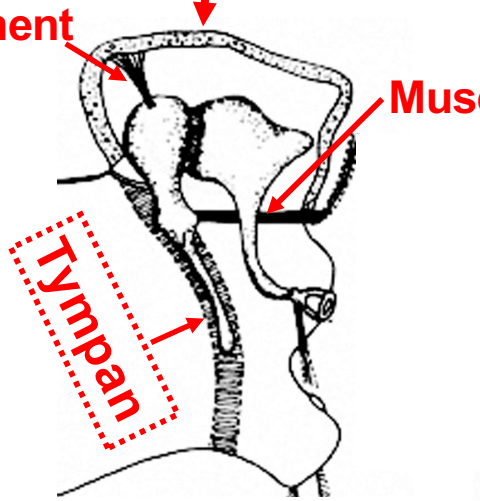
V = [VENTRE DE PRESSION / MAX DE PRESSION

Le reflex stapédien :

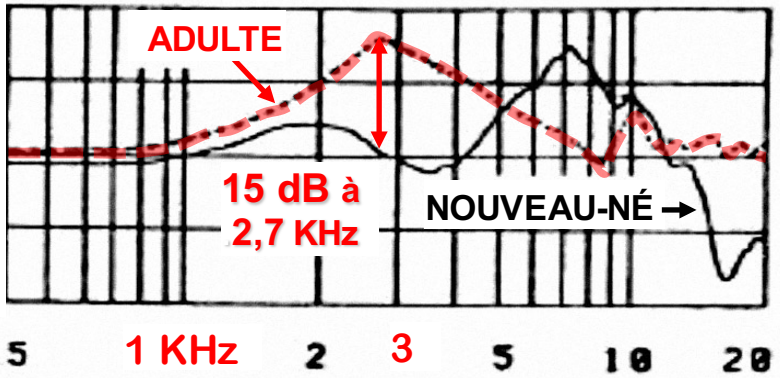
Limiteur Stéréo Organique !

pour un son > à 85 dB SPL

- Attack : 40 ms (mode Link)
- Bypass à 15 minutes…
(pour 100 dB SPL constant)



Les osselets de l'Oreille Moyenne

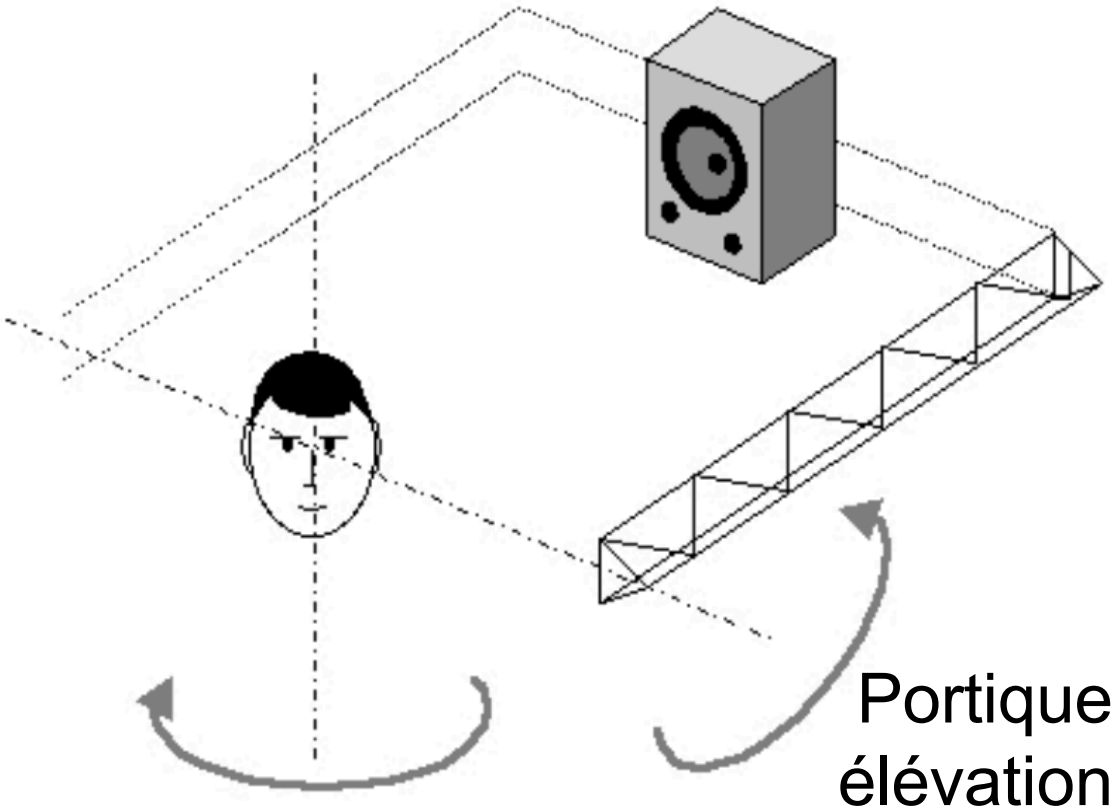


B. Kruger & R. Ruben, 1987

Mesures des Indices Spectraux (IS) = 3D

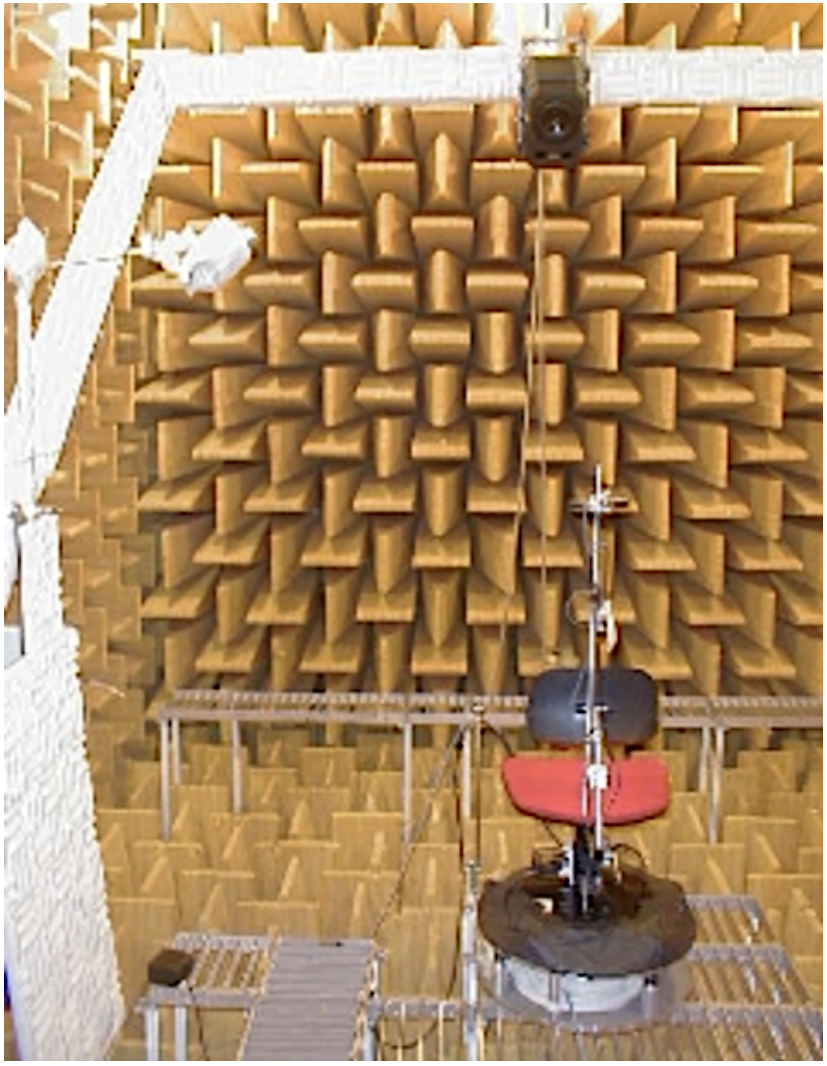
IRCAM

Configuration mécanique



Portique élévation

Chaise tournante

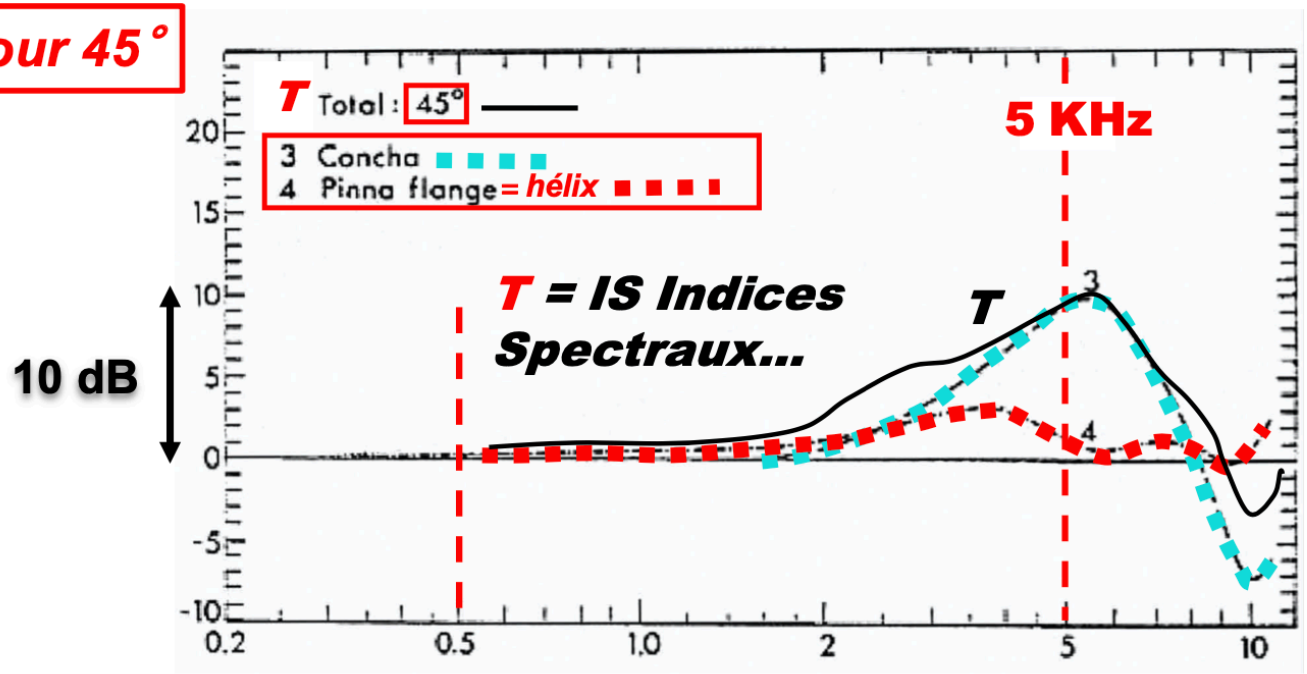


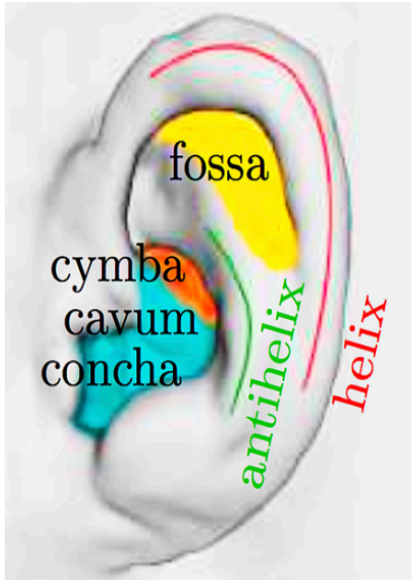
2D

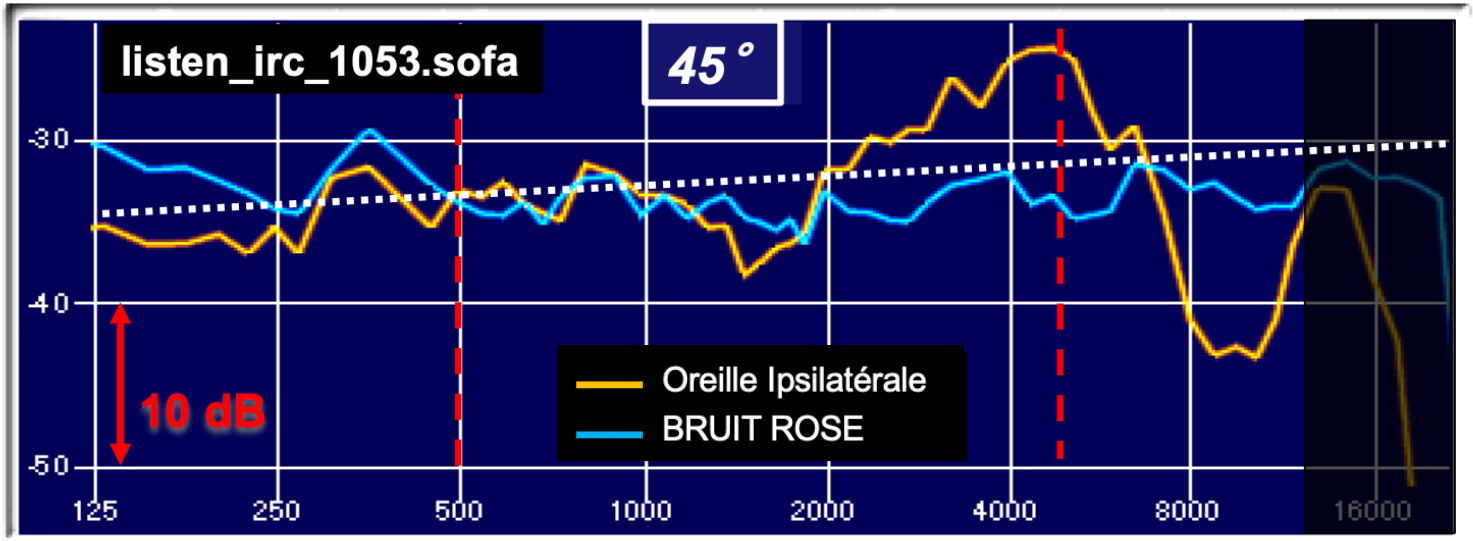
«Fonction de Transfert» *HRTF* de l'oreille externe

Conduit auditif bouché IRCAM listen_irc_1053.sofa

Pour 45°

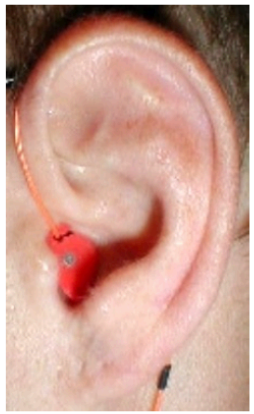






IRCAM

Conduit bouché



IRC_1053

ID : IRC53

http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/download.html

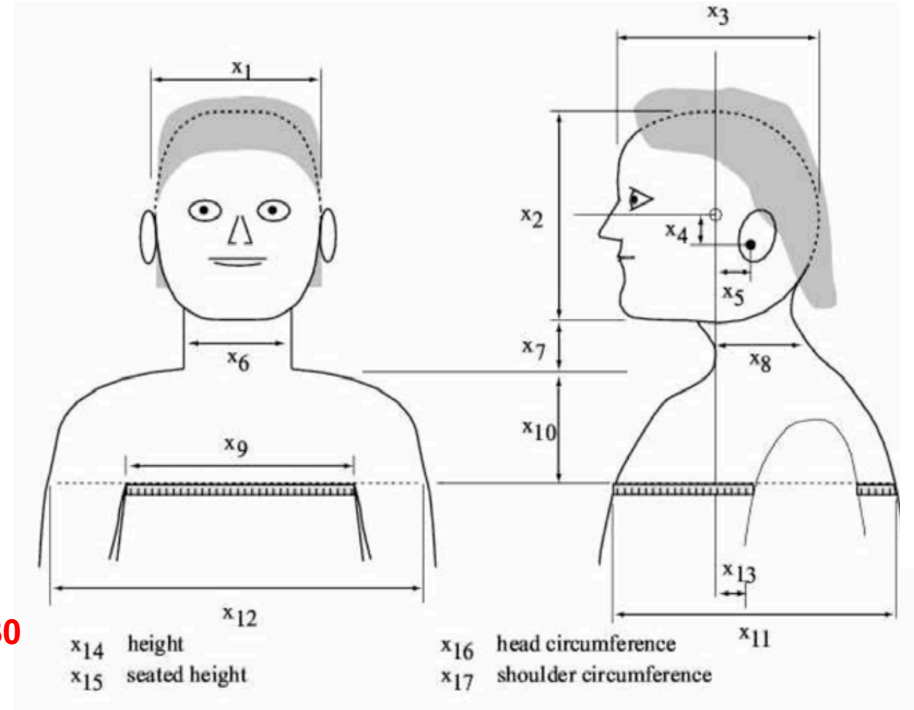
Automne 2002

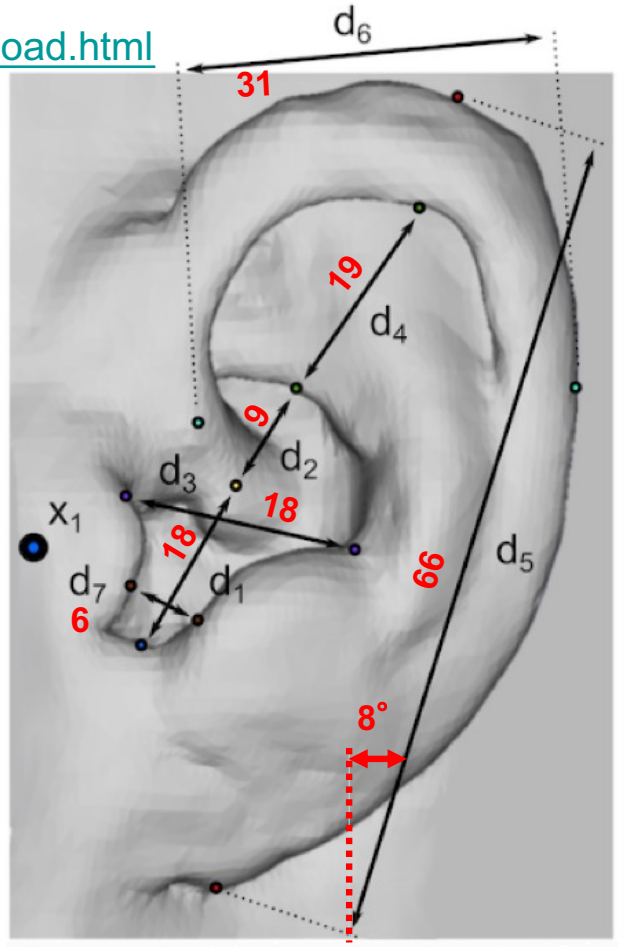
IRCAM

- Femme
- Coiffure : courte

en mm

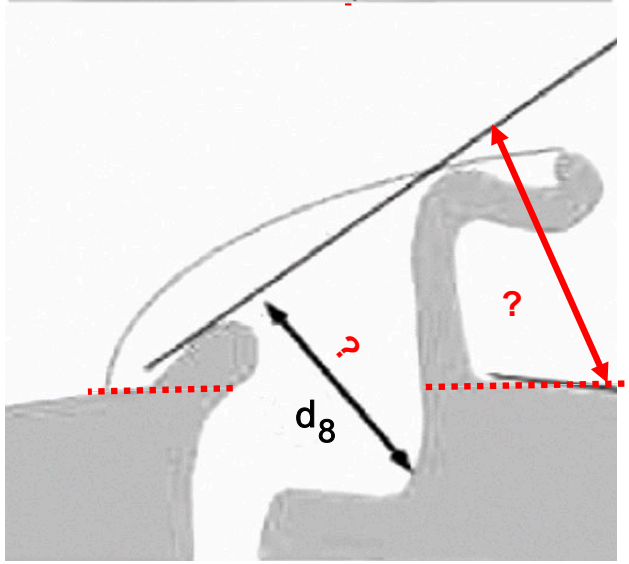
x_1 head width **151**
x_2 head height **225**
x_3 head depth **185**
x_4 pinna offset down **15**
x_5 pinna offset back **15**
x_6 neck width **94**
x_7 neck height **102**
x_8 neck depth **102**
x_9 torso top width **260**
x_{10} torso top height **65**
x_{11} torso top depth **190**
x_{12} shoulder width **415**
x_{13} head offset forward
x_{14} height
x_{15} seated height
x_{16} head circumference **570**
x_{17} shoulder circumference **1030**





Moyenne pavillon CIPIC

d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7
18	8	18	19	64	33	5
18	**9**	**18**	**19**	**66**	**31**	**6**



Index of /data/database/listen

https://sofacoustics.org/data/database/

Name	Last modified	Size	Description
Parent Directory		-	
irc_1002.sofa	2014-03-20 16:26	701K	
irc_1003.sofa	2014-03-20 16:26	699K	
irc_1004.sofa	2014-03-20 16:26	696K	
irc_1005.sofa	2014-03-20 16:26	698K	
irc_1006.sofa	2014-03-20 16:26	698K	
irc_1007.sofa	2014-03-20 16:26	702K	
irc_1008.sofa	2014-03-20 16:26	698K	
irc_1009.sofa	2014-03-20 16:26	699K	
irc_1012.sofa	2014-03-20 16:26	699K	
irc_1013.sofa	2014-03-20 16:26	697K	
irc_1014.sofa	2014-03-20 16:26	697K	
irc_1015.sofa	2014-03-20 16:26	699K	
irc_1016.sofa	2014-03-20 16:26	705K	
irc_1017.sofa	2014-03-20 16:26	704K	
irc_1018.sofa	2014-03-20 16:26	703K	
irc_1020.sofa	2014-03-20 16:26	701K	
irc_1021.sofa	2014-03-20 16:26	704K	
irc_1022.sofa	2014-03-20 16:26	702K	
irc_1023.sofa	2014-03-20 16:26	703K	
irc_1025.sofa	2014-03-20 16:26	704K	
irc_1026.sofa	2014-03-20 16:26	699K	
irc_1028.sofa	2014-03-20 16:26	705K	
irc_1029.sofa	2014-03-20 16:26	702K	
irc_1030.sofa	2014-03-20 16:26	698K	
irc_1031.sofa	2014-03-20 16:26	703K	
irc_1032.sofa	2014-03-20 16:26	698K	
irc_1033.sofa	2014-03-20 16:26	700K	
irc_1034.sofa	2014-03-20 16:26	704K	
irc_1037.sofa	2014-03-20 16:26	698K	
irc_1038.sofa	2014-03-20 16:26	700K	
irc_1039.sofa	2014-03-20 16:26	697K	
irc_1040.sofa	2014-03-20 16:26	698K	
irc_1041.sofa	2014-03-20 16:26	699K	
irc_1042.sofa	2014-03-20 16:26	700K	
irc_1043.sofa	2014-03-20 16:26	698K	
irc_1044.sofa	2014-03-20 16:26	697K	
irc_1045.sofa	2014-03-20 16:26	699K	
irc_1046.sofa	2014-03-20 16:26	698K	
irc_1047.sofa	2014-03-20 16:26	699K	
irc_1048.sofa	2014-03-20 16:26	700K	
irc_1049.sofa	2014-03-20 16:26	700K	
irc_1050.sofa	2014-03-20 16:26	702K	
irc_1051.sofa	2014-03-20 16:26	701K	
irc_1052.sofa	2014-03-20 16:26	699K	
irc_1053.sofa	2014-03-20 16:26	702K	
irc_1054.sofa	2014-03-20 16:26	699K	
irc_1055.sofa	2014-03-20 16:26	694K	
irc_1056.sofa	2014-03-20 16:26	703K	
irc_1057.sofa	2014-03-20 16:26	701K	
irc_1058.sofa	2014-03-20 16:26	704K	
irc_1059.sofa	2014-03-20 16:26	701K	

Apache/2.4.29 (Ubuntu) Server at sofacoustics.org Port 80

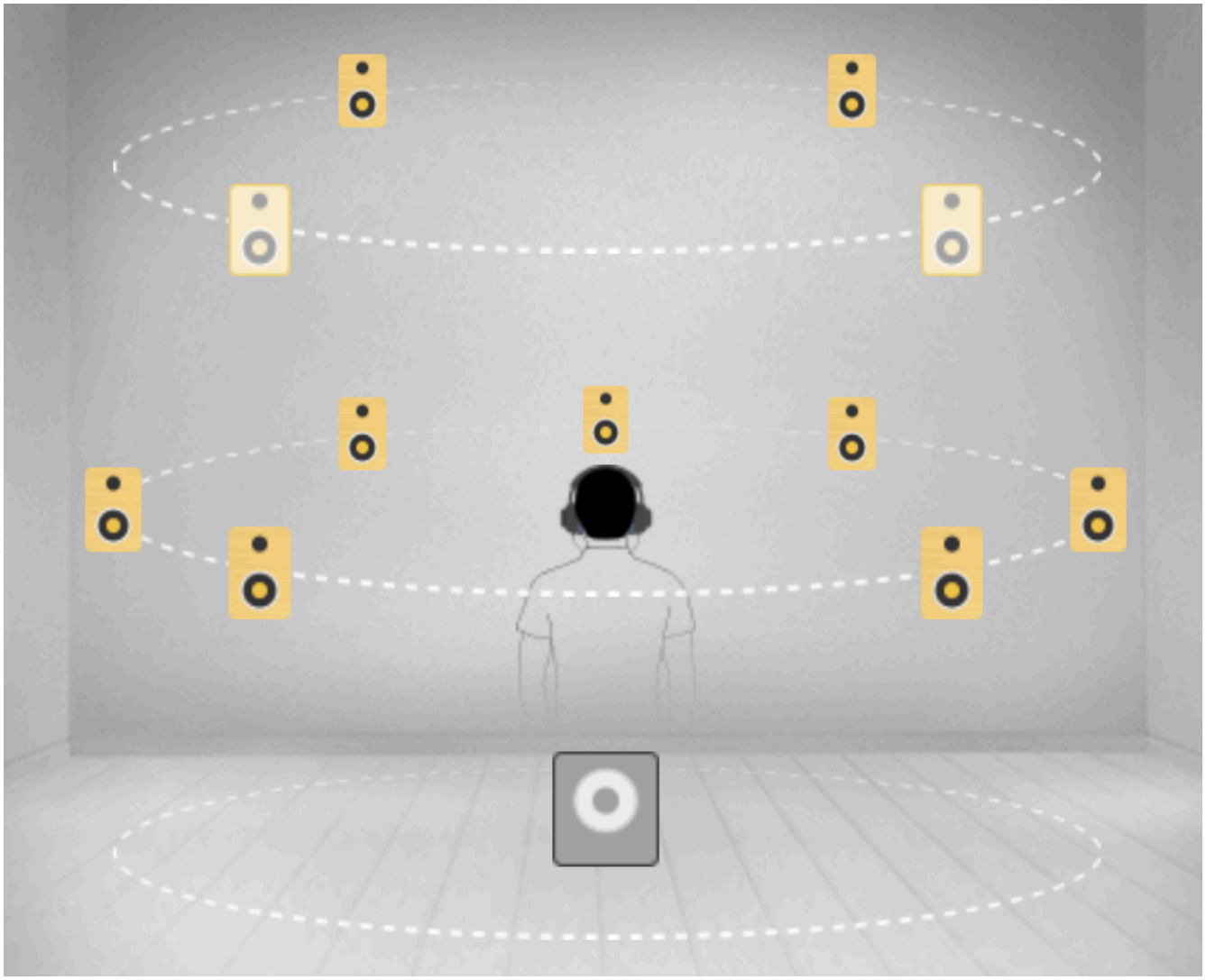
Écoute irc :

http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/sounds.html

NOISEMAKERS

BINAURALISEUR STUDIO 2

IN
HPs
7.1.4



OUT
Binaural 2.0
au casque…

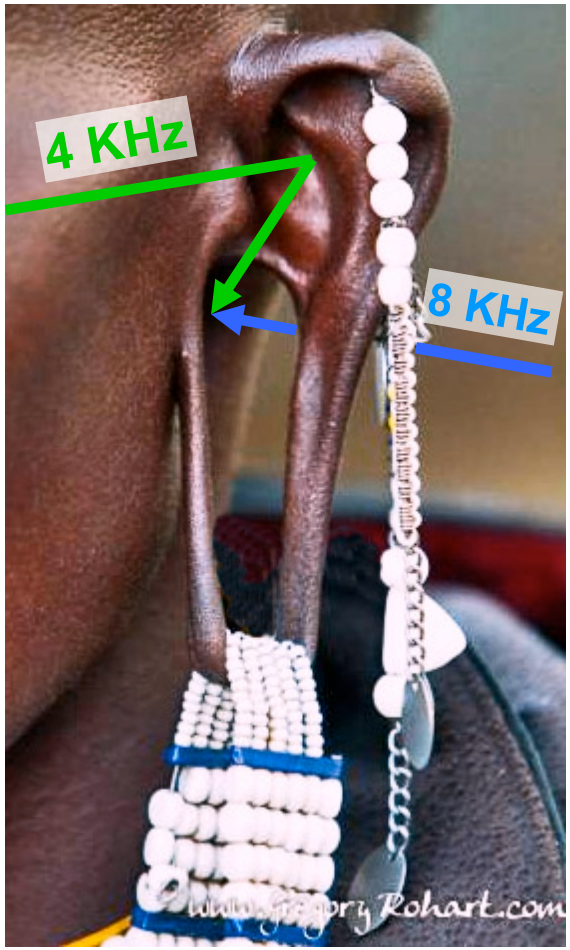
VOUS PARLEZ…

Modification des **IS** ***:***

Indices Spectraux…

Modifications des HRTF.

Head Related Transfert Function = iS + Résonances + Diffractions…

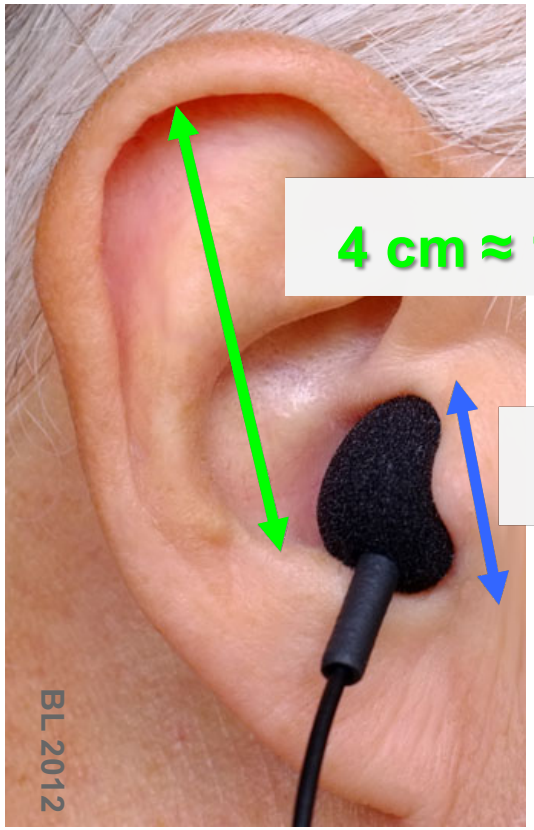


Oreille de guerrier Maasaï.

(Optimisée dans le plan azimutal…)

L'oreille externe :

Réflexion (*et diffusion*) pour un objet de dimension ≥ 1/2 x λ

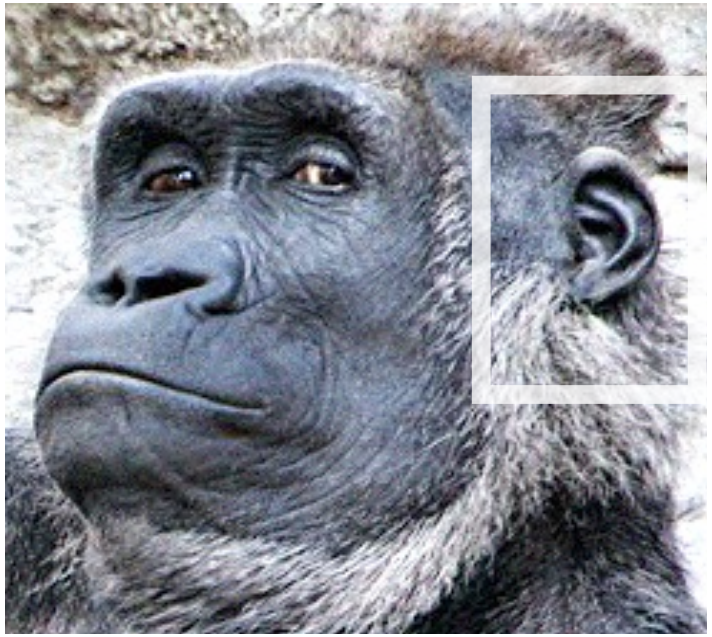


PAVILLON pour l'espace ***frontal***

4 cm ≈ 1/2 x λ à 4 kHz

2 cm ≈ 1/2 x λ à 8 kHz

TRAGUS pour l'espace ***dorsal***



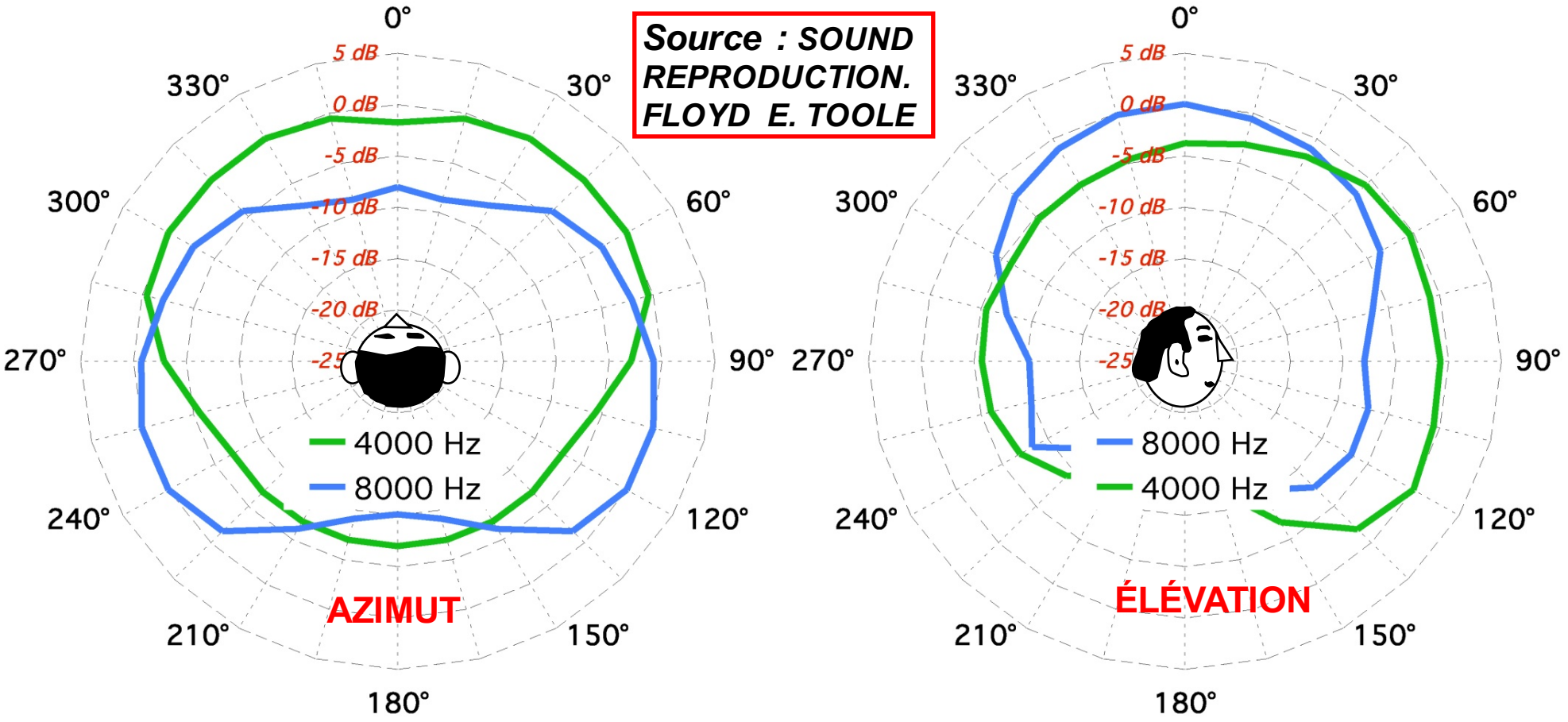
il y a + de 20 Ma !!

Indices Spectraux (IS) = 3D

Modifications des fréquences dues à l'Oreille externe… (de 4 KHz à 16 KHz)

Domaine **cognitif sensoriel** dans un environnement 3D

*Les **HRTF** de **Robinson & Whittle** 1960 :*

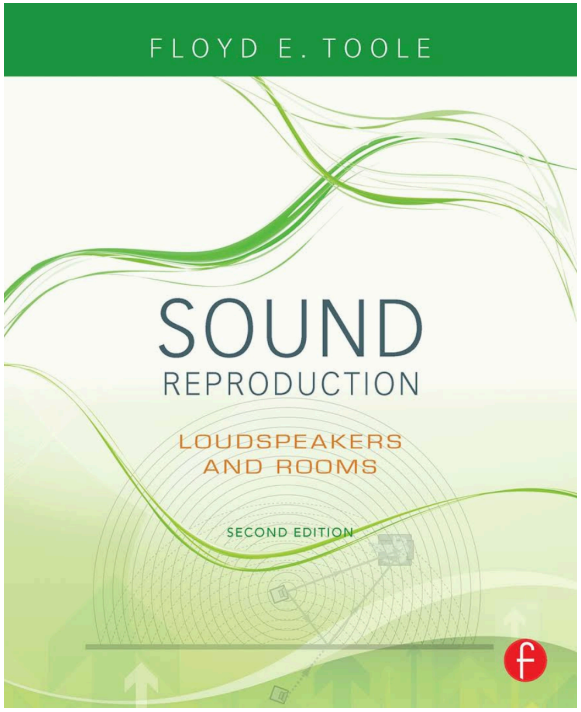


Directivité “ marquée ” de 2 fréquences : 4 kHz et 8 kHz

- le **4 kHz** = (présence / absence) ou la perception des distances
- le **8 kHz** = (brillance / mat) et l’Espace sonore en 3D

SOUND REPRODUCTION. FLOYD E. TOOLE

https://we.riseup.net/assets/443799/Sound+Reproduction+The+Acoustics+and+Psychoacoustics+of+Loudspeakers+and+Rooms+Floyd+Toole.pdf



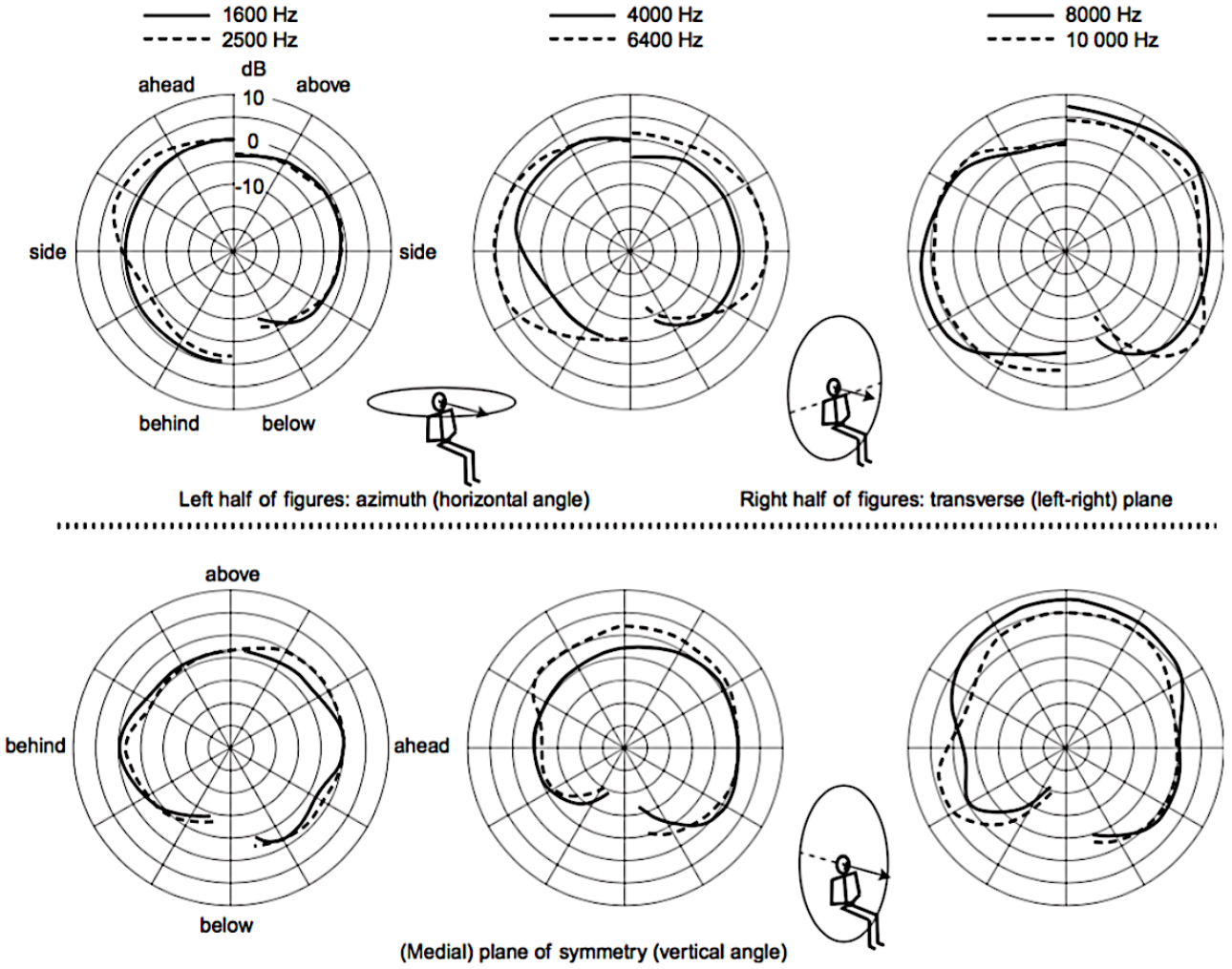
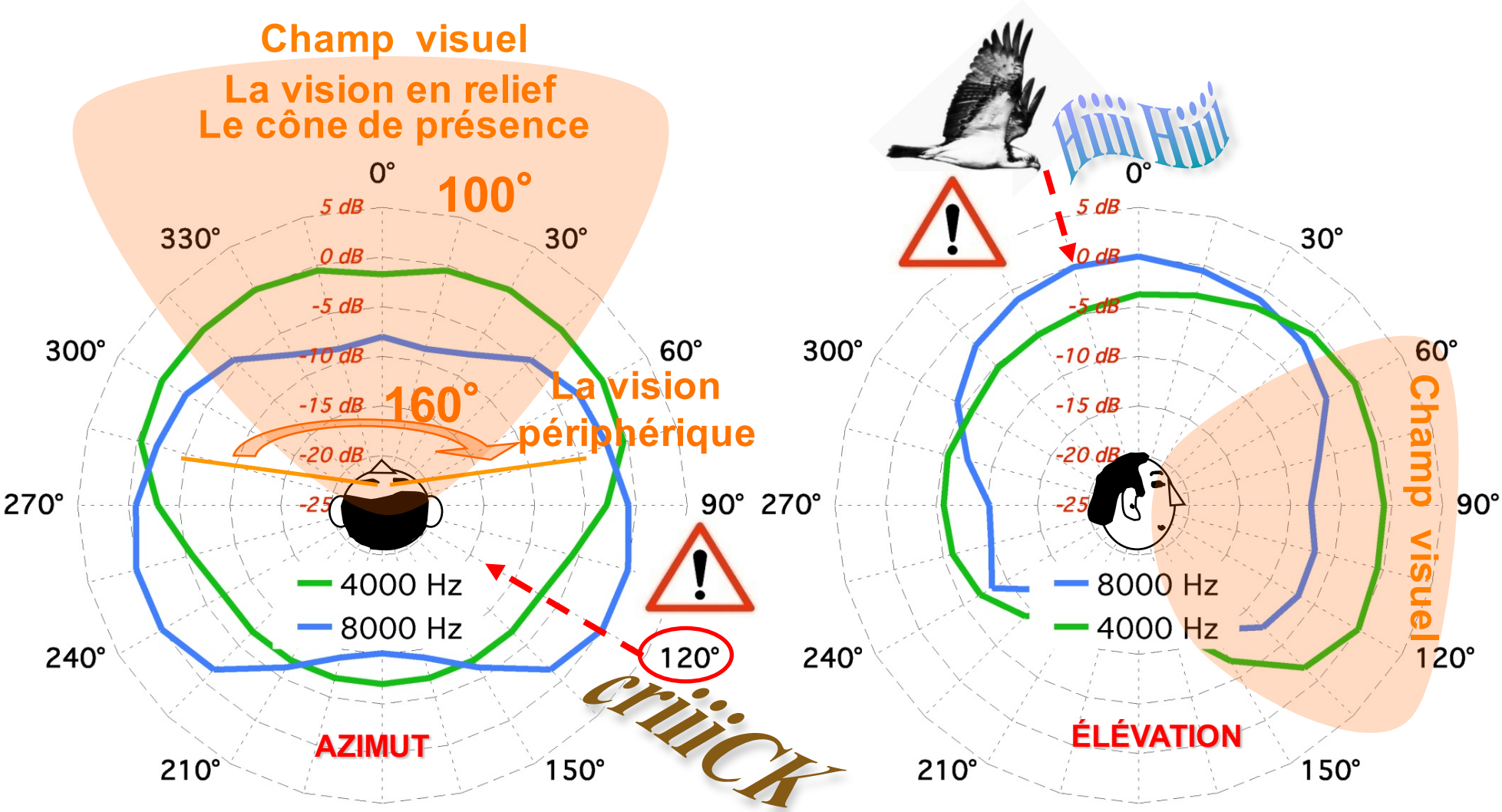


FIGURE 19.6 *Hearing thresholds as a function of angle for three rotational axes. The greater the distance from the center of the polar plot, the greater is the perceived loudness. From Robinson and Whittle, 1960.*

Domaine **cognitif sensoriel** dans un environnement 3D

*Les **HRTF** de **Robinson & Whittle** 1960 :*



Oreille Primitive ⇔ Écoute de Vigilance en 3D

Pas d'homogénéité de l'espace sonore perçu

*COMPARAISON ENTRE L'**AUDITION** ET LA **VISION** :*

⇔ 4 KHz

Rétine Centrale :

- **Présence de *cônes***
- **Faible sensibilité**
- **Forte acuité**
- **Traite les informations relatives à la *forme* et à la couleur**
- **Rôle : *Reconnaissance* de l'information…**

⇔ 8 KHz

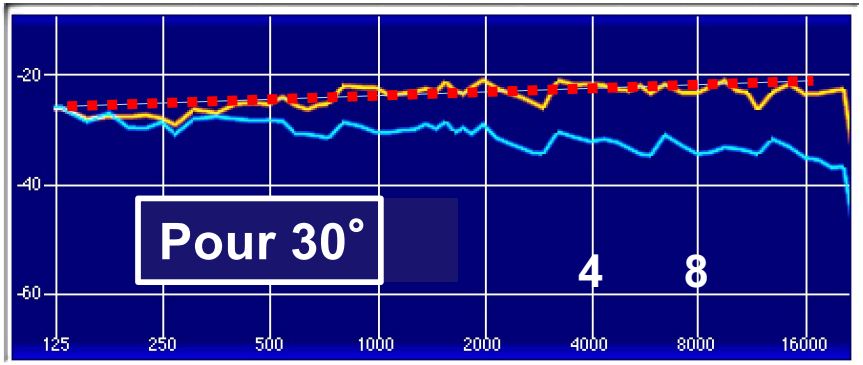
Rétine Périphérique :

- **Présence de *bâtonnets***
- **Forte sensibilité**
- **Faible pouvoir de discrimination**
- **Traite les informations relatives au *mouvement***
- **Rôle : *Détection* de l'information et du**

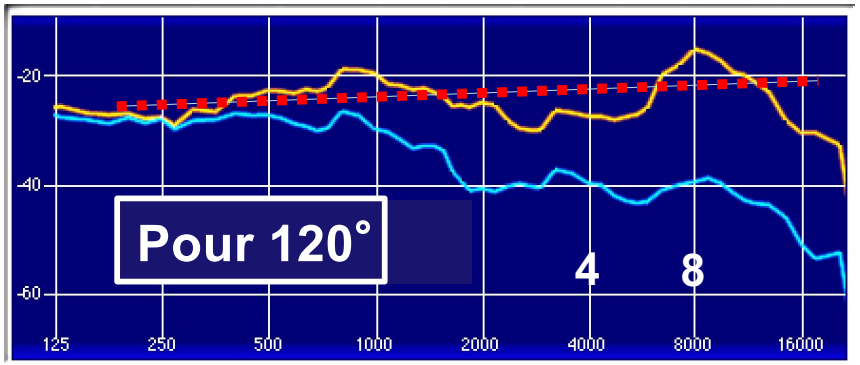
wikipedia.org/Rétine

Le Plug-in ***Nx*** de ***WAVES***

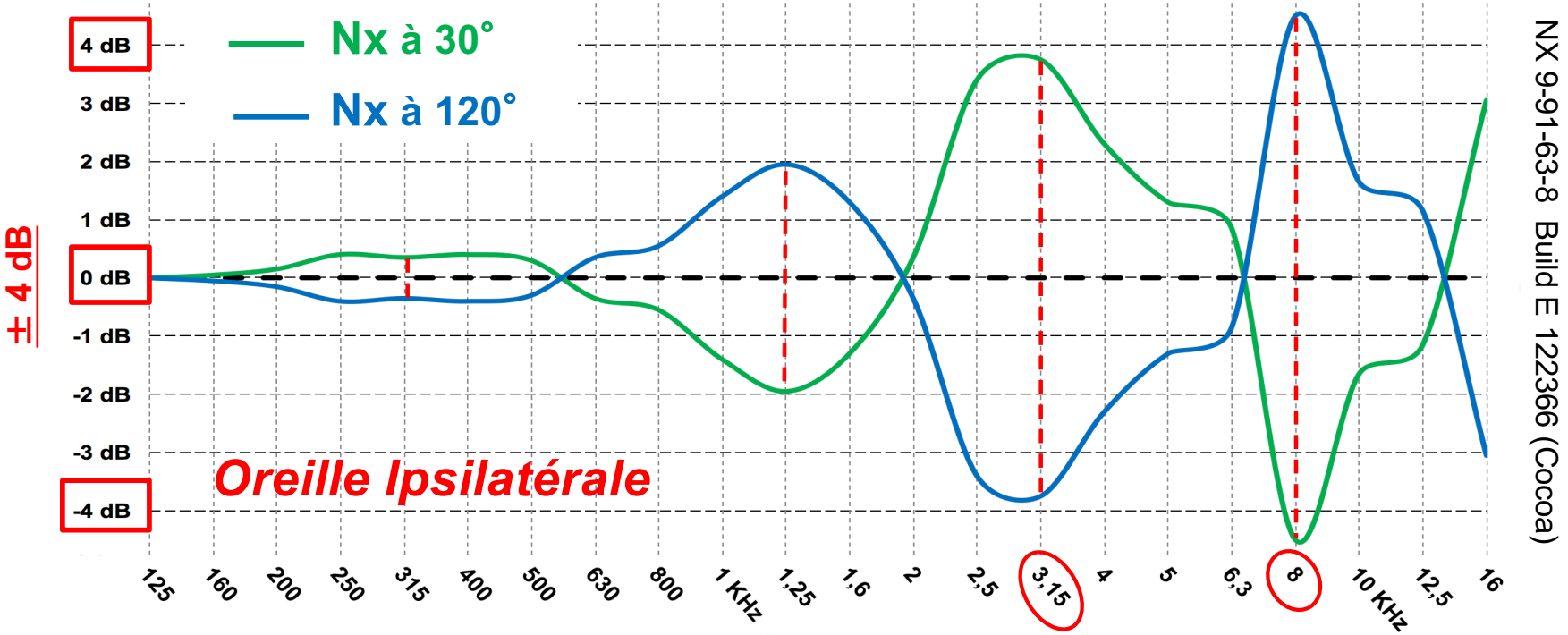
Oreille Ipsilatérale
Oreille Contralatérale



En 5.0

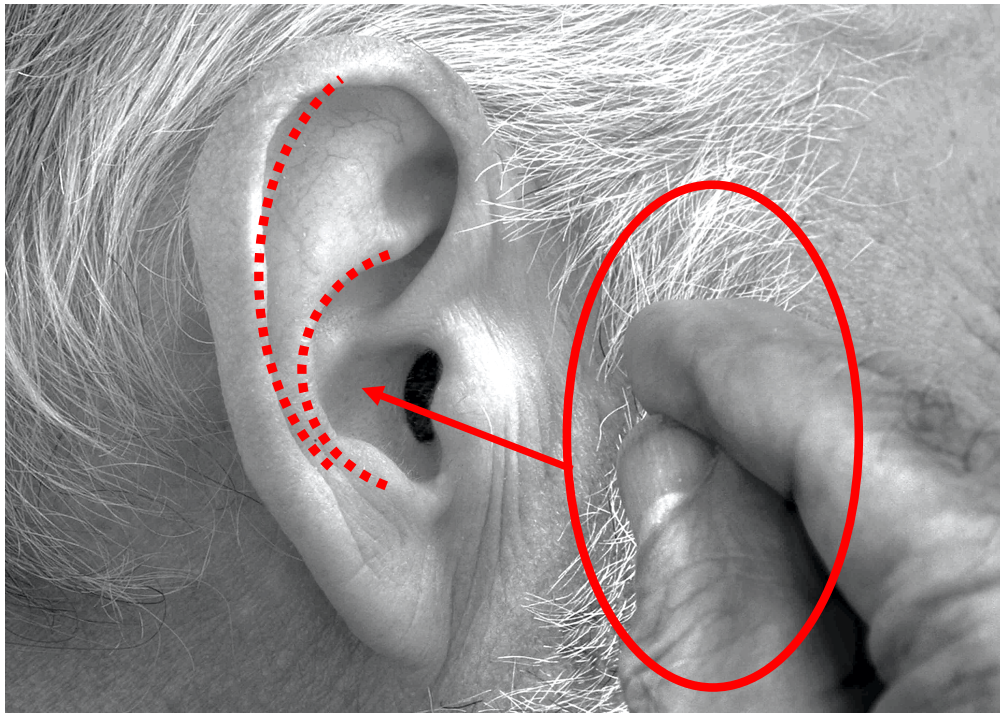


Corrections pour « ***Binauraliser*** » en ***ILD*** du ***5.0*** :

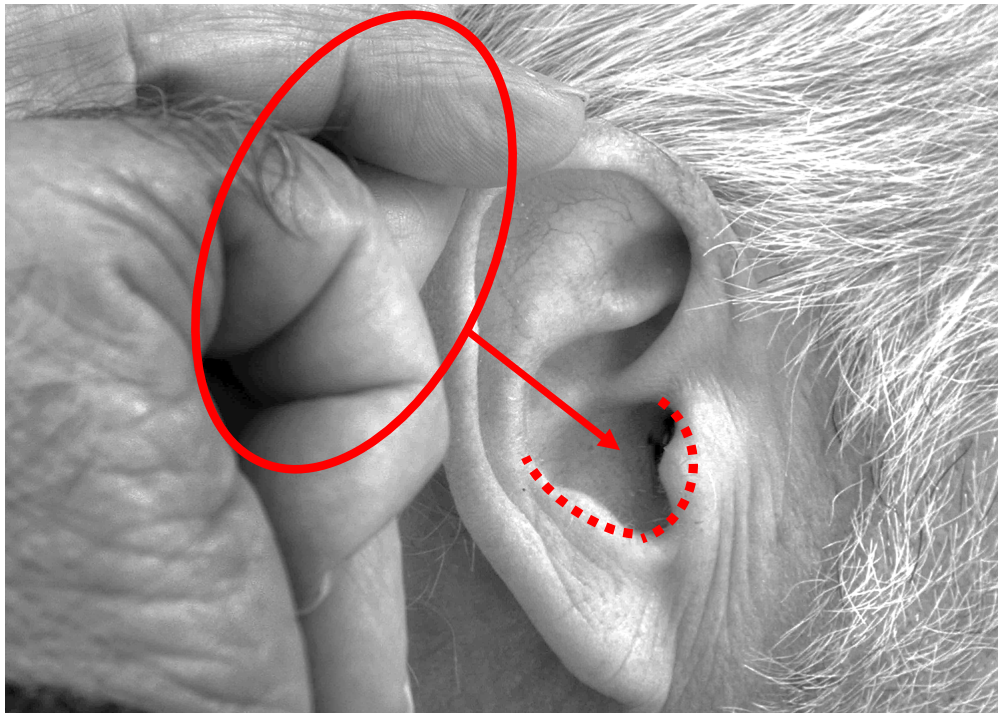


Frottement des doigts…

Devant

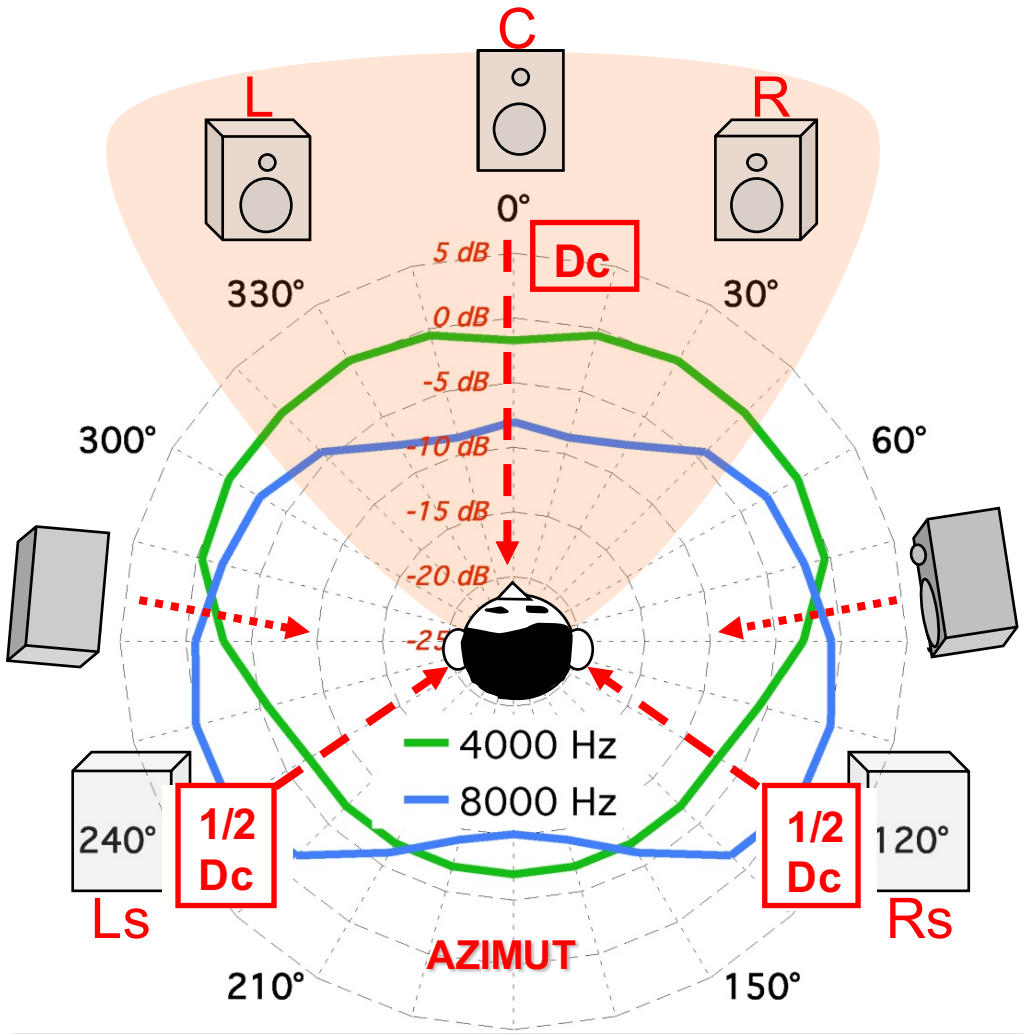


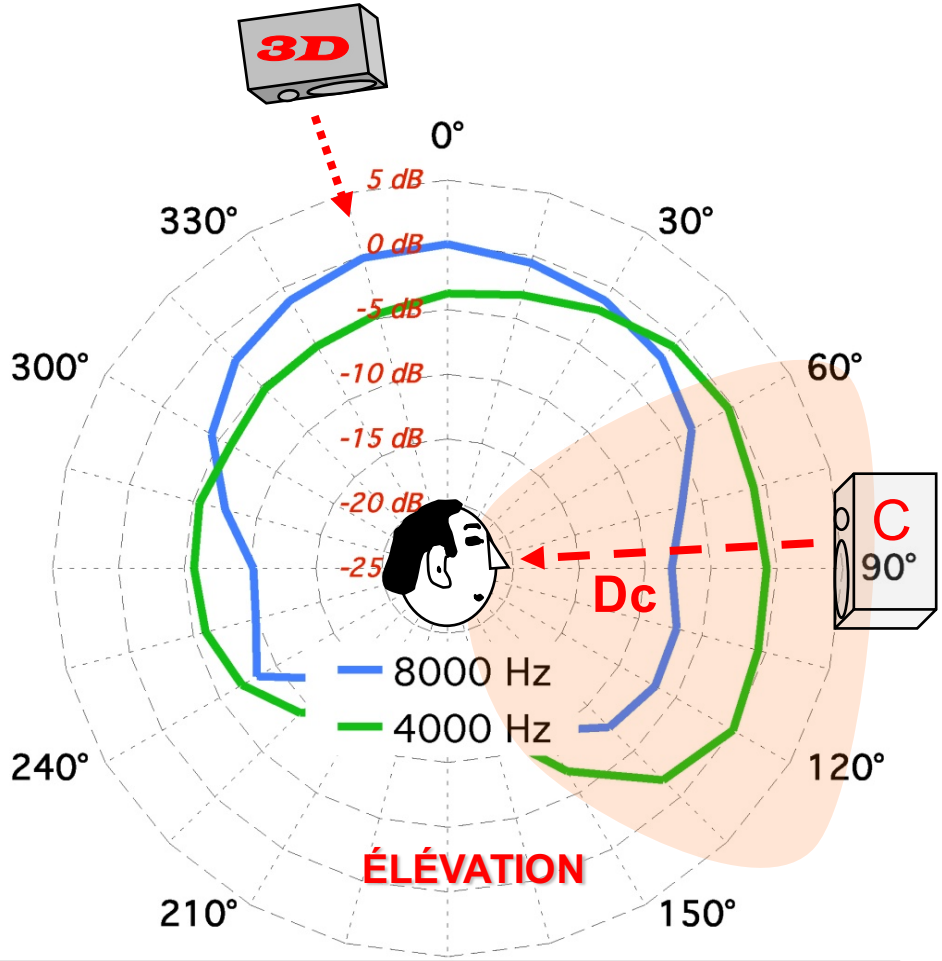
Derrière



Domaine **cognitif sensoriel** dans un environnement 3D

*Les **HRTF** de **Robinson & Whittle** 1960 :*

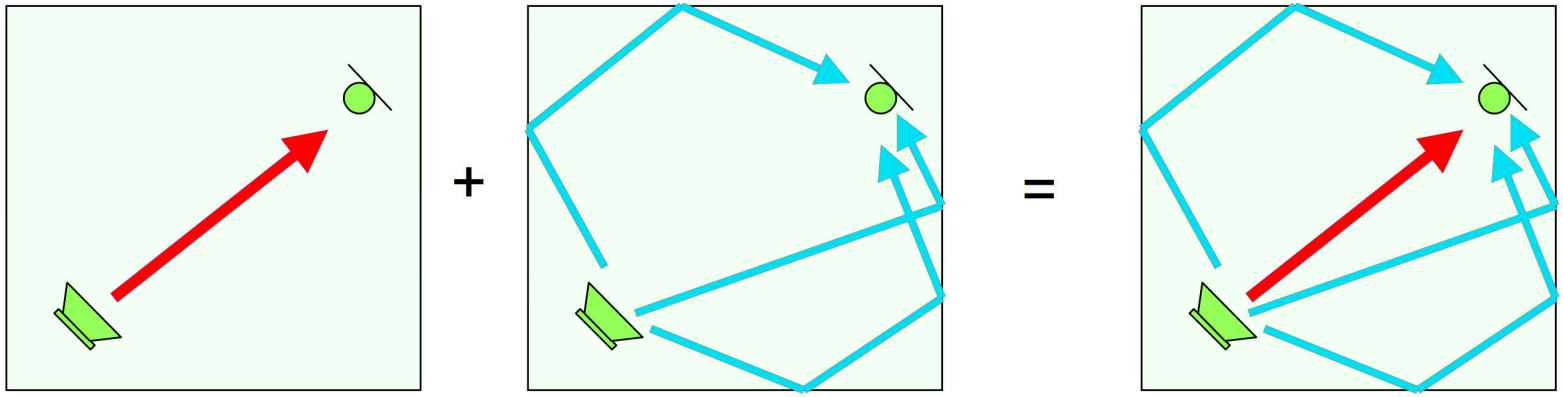




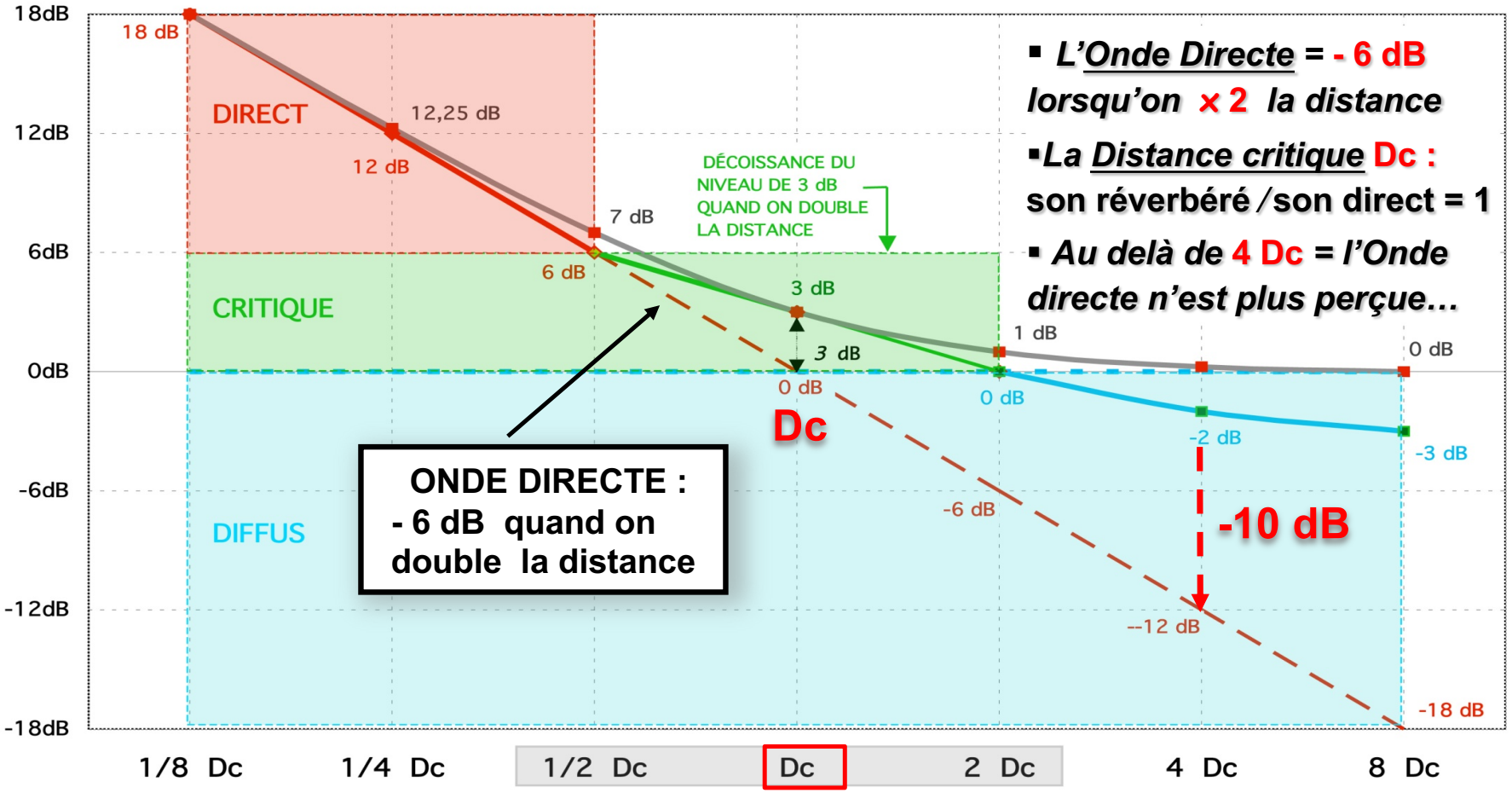
Localisation instable d'une source fantôme entre R et Rs ⟹ 7.0

Dc est mal perçue à l'arrière (Ls Rs) ⟹ délai pour conformité ITU.

CHAMP DIRECT - CHAMP DIFFUS - DISTANCE CRITIQUE Dc



Champ direct | Champ diffus | Propagation dans un local



- *L'Onde Directe* = - 6 dB *lorsqu'on x 2 la distance*
- *La Distance critique* Dc : son réverbéré / son direct = 1
- *Au delà de 4 Dc = l'Onde directe n'est plus perçue…*

GENELEC®

Direct Sound Dominance

The balance between direct and reverberant sound has a profound influence on how your mixes will sound. The table shown will help you identify the optimum range of listening distances for the Genelec SAM range.

55 m³ 1'950 ft³ 0.21 s

Room volume

Room reverbation time (RT60)

Not Recommended Distances
When the distance to the monitor is too short, summing of sound from multiple drivers is not happening as designed, and this affects the flatness of the frequency response. A flatter and more stable frequency response is obtained by a larger distance.

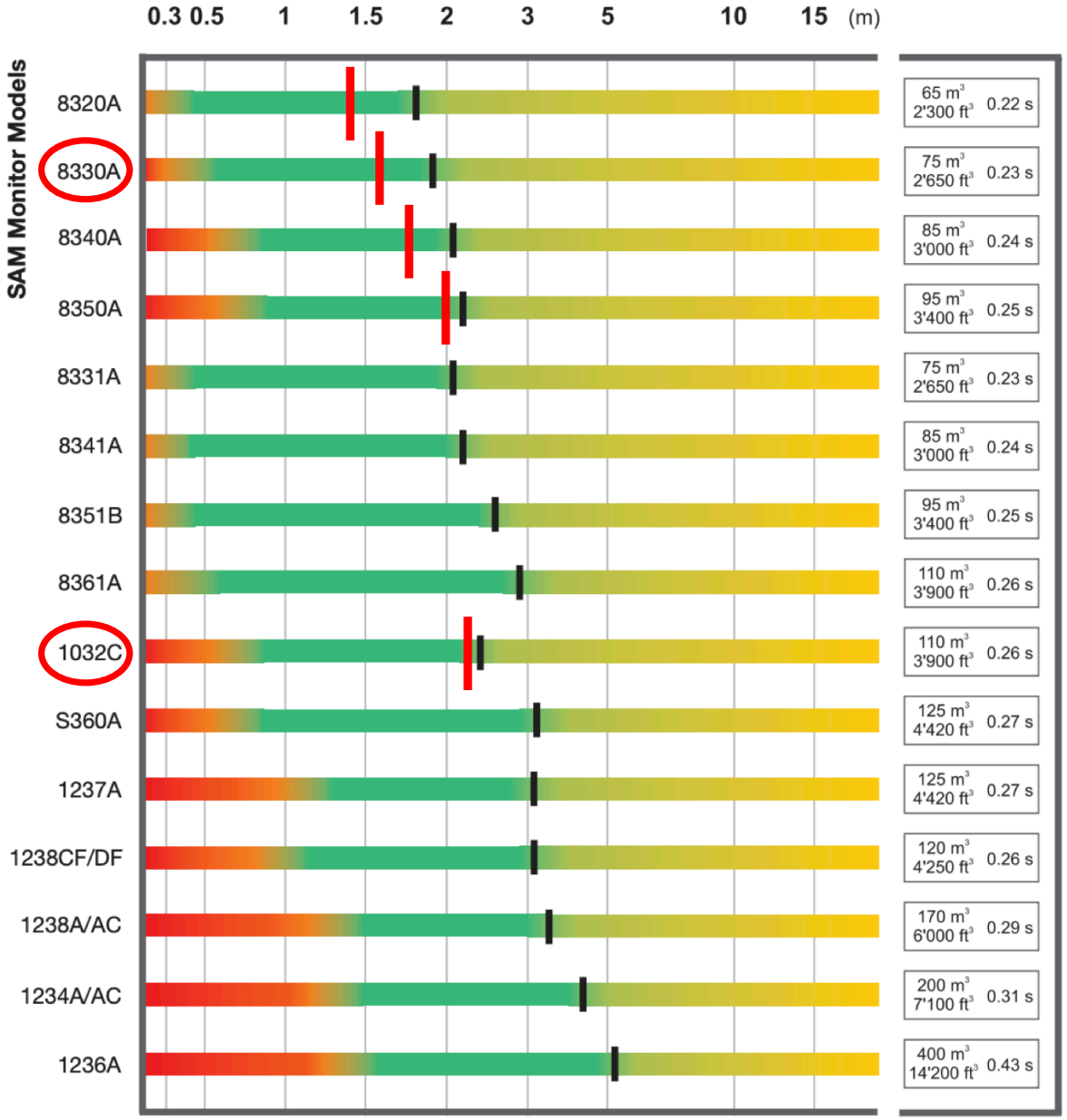
Direct Sound Dominates
Within this distance the direct sound from the monitor has a higher level than the reverberant sound in the room. Placing the monitor within this distance range is advantageous in minimizing the tendency of the room reverberation to change the character of the monitored sound colour and affect the precision of stereo imaging. The level of the direct sound relative to the reverberant sound progressively reduces as the distance to the monitor increases.

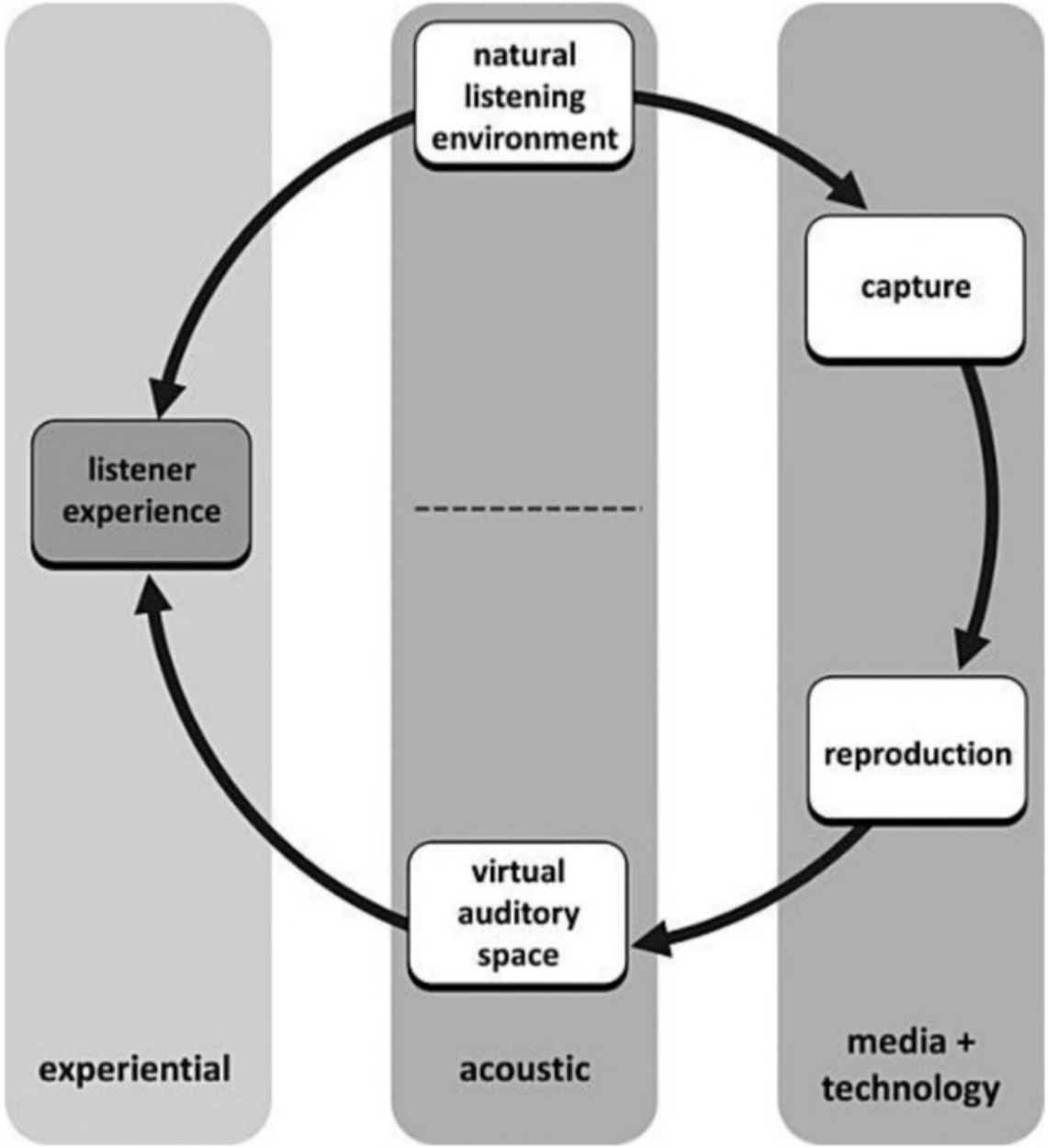
Dc

Critical distance
The critical distance is the distance where the direct sound from the monitor and the reverberant sound in the room have equal level in midrange frequencies (approximately between 200 Hz and 4 kHz). The critical distance is affected by the room volume, the room reverberation time (referred to ITU-R BS.1116-1 Recommendation), and the directivity of the monitor.

Reverberant sound dominates
At these distances the reverberant sound in the room has a higher level than the direct sound from the monitor. This balance progressively increases as the distance from the monitor increases. The monitor can be used in these distances, but the sound character is strongly affected by the reverberation characteristics of the room, and this has a progressively increasing effect on the sound colour and stereo imaging accuracy.

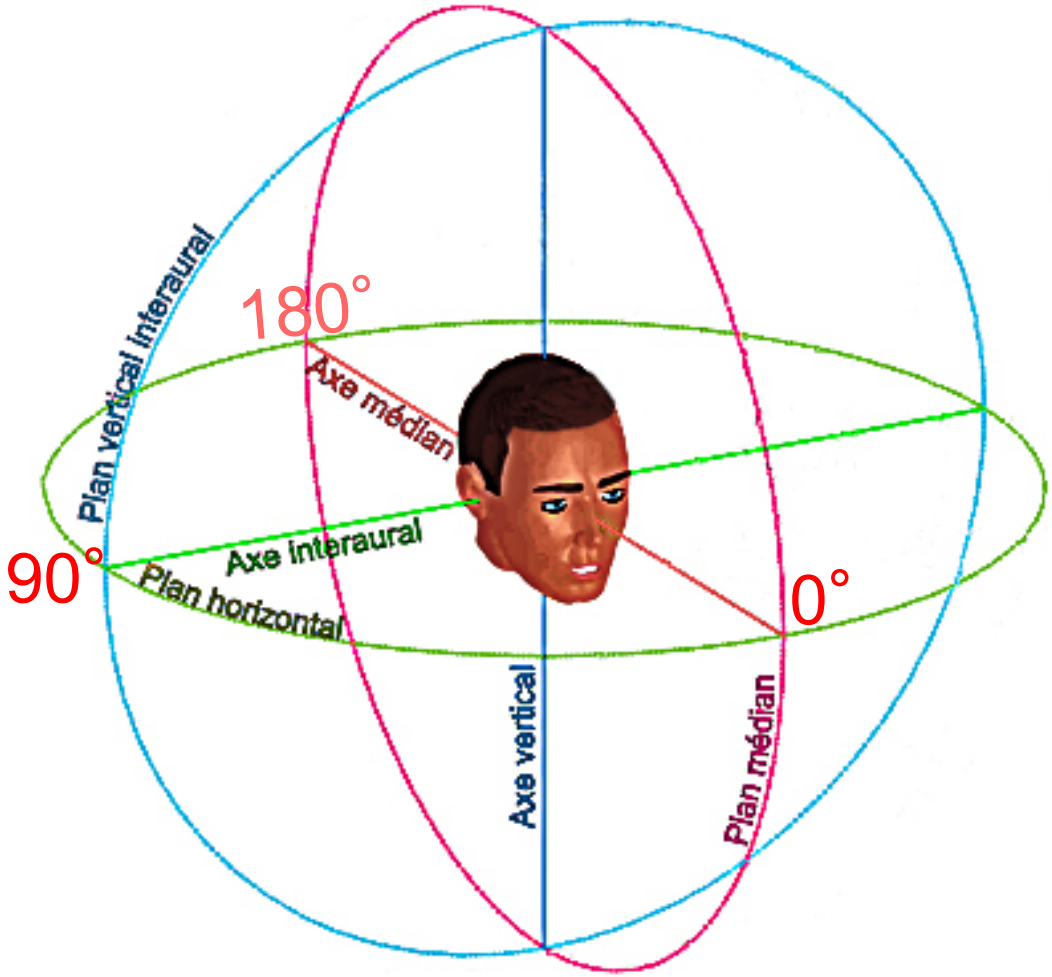
$$Dc \approx 0{,}057.\sqrt{Q}\ .\sqrt{(V/Tr)}$$





« La connaissance de l'homme ne peut aller au delà de son expérience » John Locke.

L'écoute en 3D = 3 Plans



http://cyberdoc.univ-lemans.fr/theses/2009/2009LEMA1027.pdf

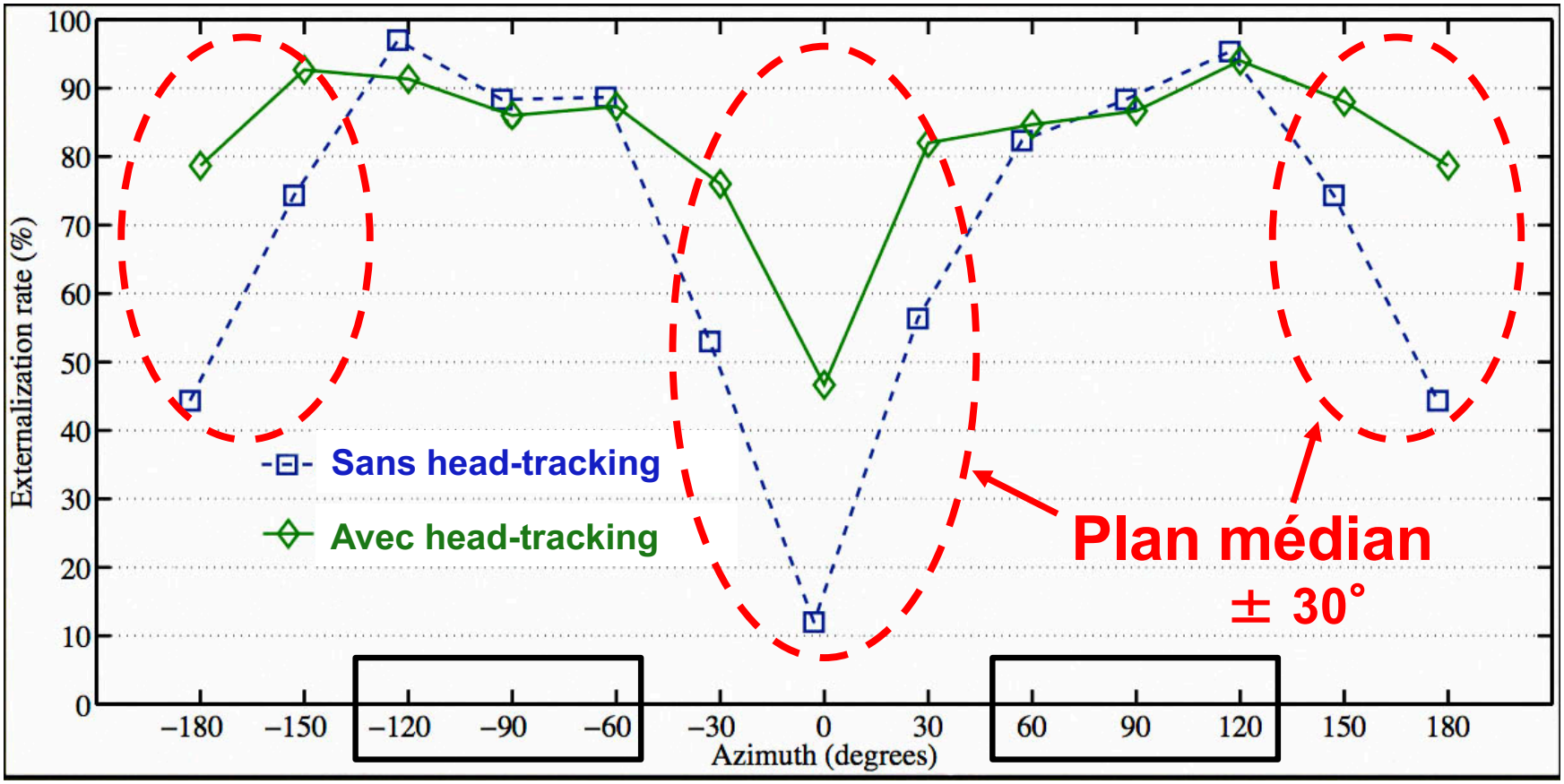
1. **Plan médian :**
   ILD ET ITD = 0
   IS L = IS R
   Internalisation

2. **Plan horizontal ou azimutal :**
   ILD ET ITD = MAX
   dans l'axe interaural à 90°
   IS L ≠ IS R
   Externalisation

3. **Plan vertical ou interaural :**
   ILD ET ITD = MAX
   dans l'axe interaural à 90°
   IS L ≠ IS R
   Externalisation

QUELQUES REMARQUES SUR LE BINAURAL :

- **HRTF de synthèse non-individualisées ⇒ appréciations ≠**
- **La localisation binaurale au casque demande un certain apprentissage (meilleure externalisation avec head-tracking)**



Influence du « head-tracking » sur l'externalisation

(en écoute binaurale non-individualisée)

Etienne Hendrickx, Peter Stitt, Jean-Christophe Messonnier, Jean-Marc Lyzwa, Brian F. G. Katz, Catherine De Boishéraud

Centre C
Service S
Adresse A
xx.xx.xx.xx.xx

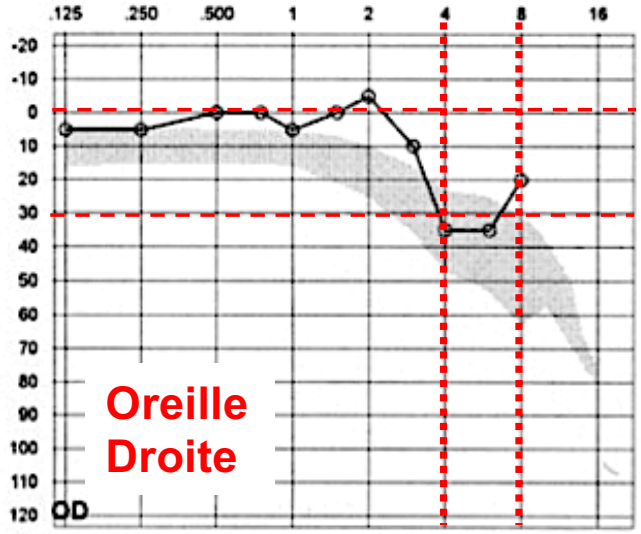
Examen Audiométrique
18/01/2016 00:00

56 ans

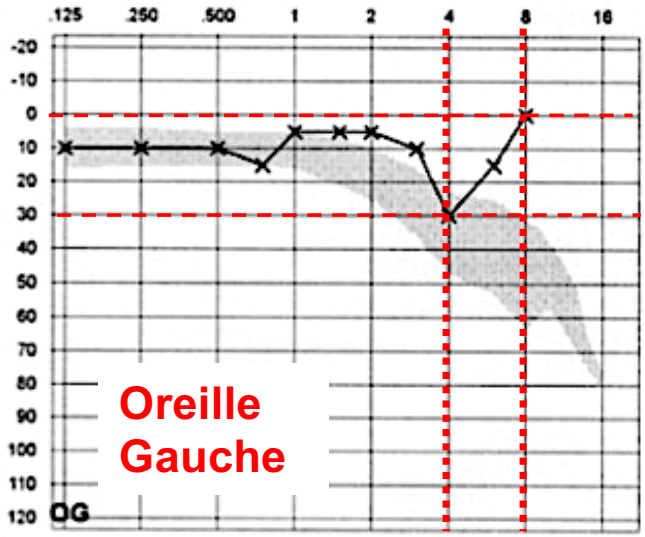
0 dB SPL

-30 dB

4 8 KHz



4 8 KHz



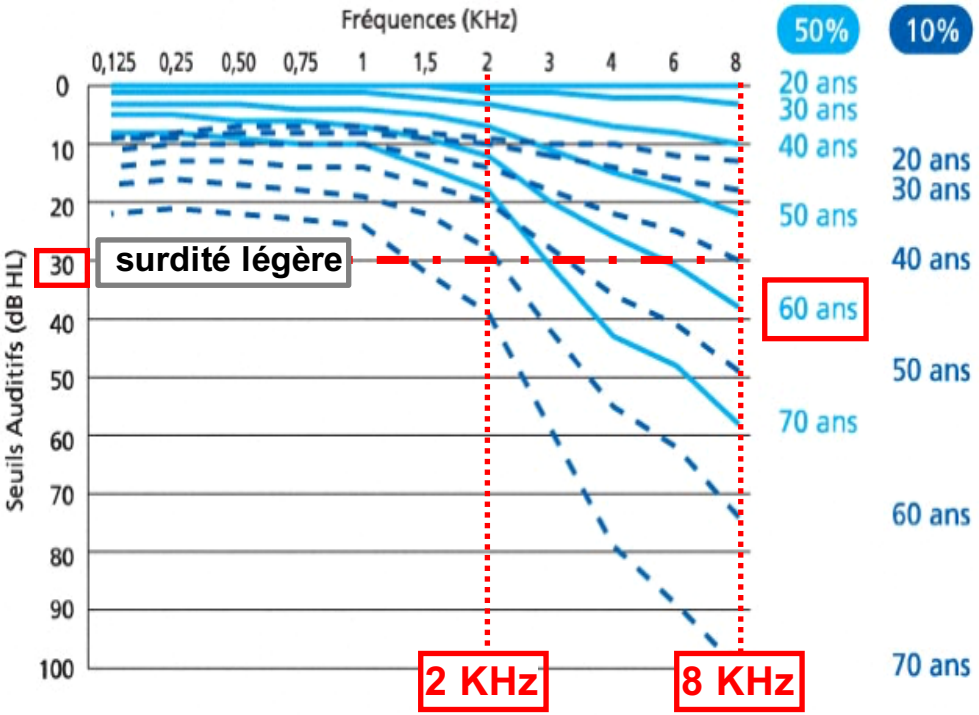
INDICS	OD	OG	OD-OG	REF.	MIN.
IFC	19.00	12.00	7.00	21.00	44.80
IPA	26.66	18.33	8.33	21.33	45.33
PAM	15.00	17.50	2.50	16.50	36.00
T42	8.75	12.50	3.75	10.75	25.75
m125-750	2.50	11.25	8.75	4.50	15.25
m250-3000	2.14	8.57	6.43	7.42	20.42
m3000-8000	25.00	13.75	11.25	23.75	49.75
m750-3000	2.00	8.00	6.00	8.60	22.60
m8000-16k	20.00	0.00	20.00	48.42	66.85
Perte Auditive	10.00	10.45	0.45	12.89	27.84

Fréquences	125	250	500	750	1k	1.5k	2k	3k	4k	6k	8k	9k	10k	11.2k	12.5k	14k	16k	18k	20k
Man. OD	5	5	0	0	5	0	-5	10	35	35	20								
Man. OG	10	10	10	15	5	5	5	10	30	15	0								
Références	4	4	5	5	5	7	10	16	23	25	31	34	38	44	50	66	76		
Minimales	16	15	15	15	16	21	25	36	47	53	63	60	57	63	69	75	81		
Oss. OD																			
Oss. OG																			

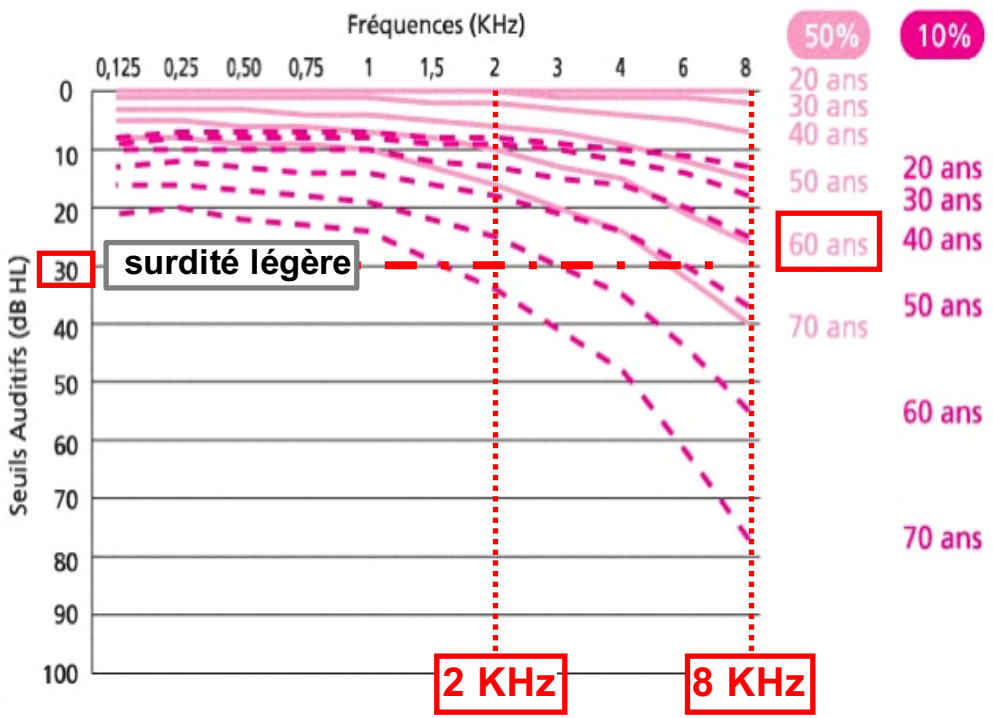
PRESBYACOUSIE norme ISO 7029

Audiogrammes :

Hommes



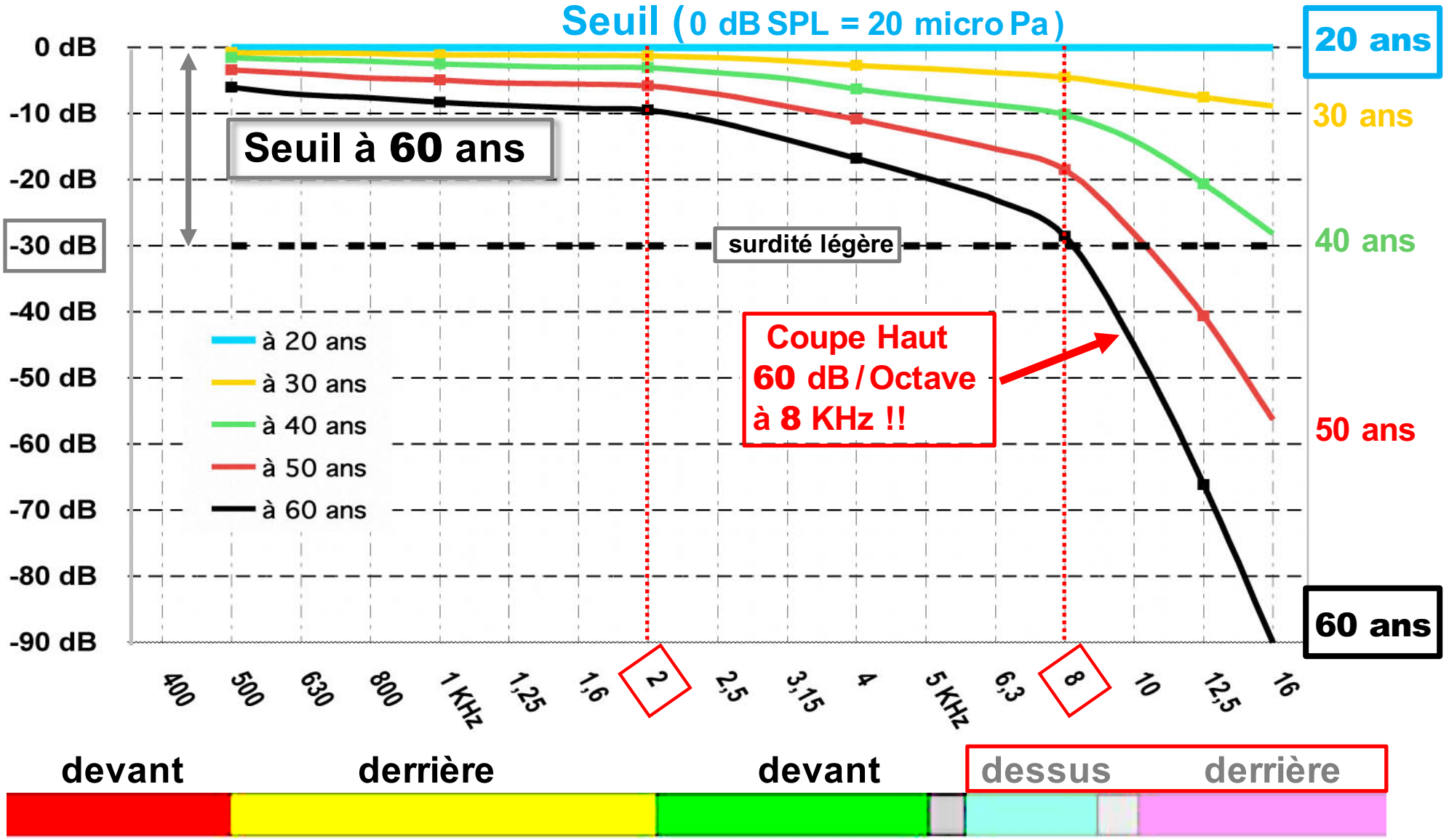
Femmes



Ces données confirment les observations que chacun a pu faire ; l'effet de la presbyacousie est beaucoup plus marqué pour les fréquences supérieures à 2 KHz, avec une différence homme / femme notable.

KLARK TEKNIK The Audio System Designer

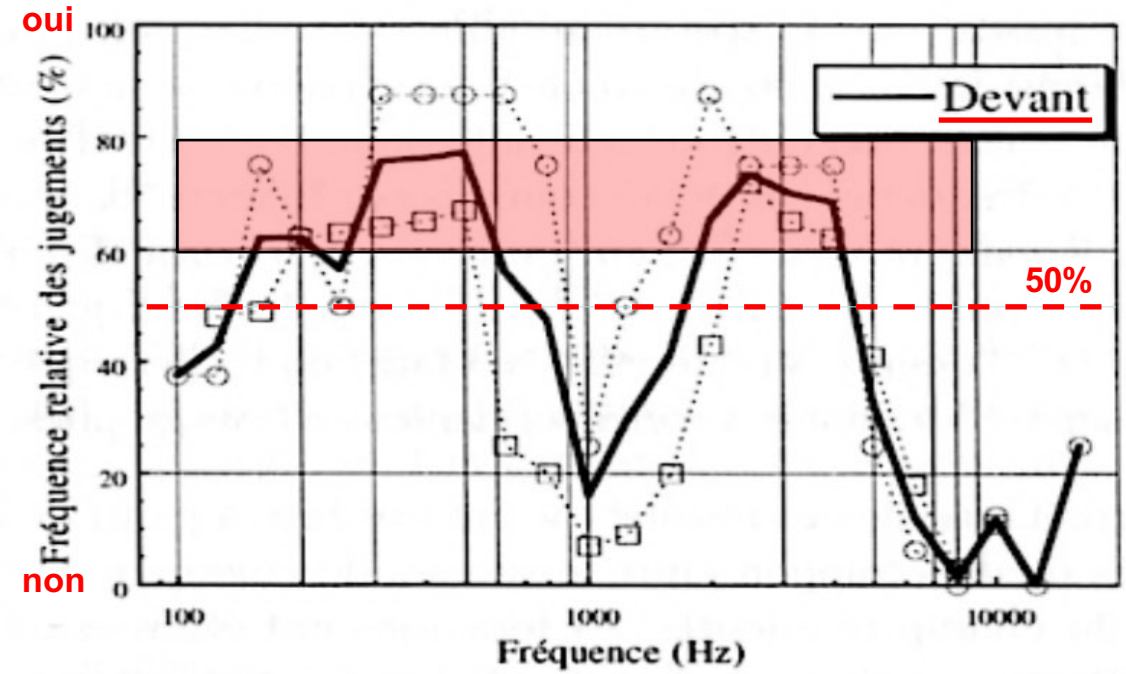
Technical Référence : *Presbyacousie* (Peter Mapp 1985)

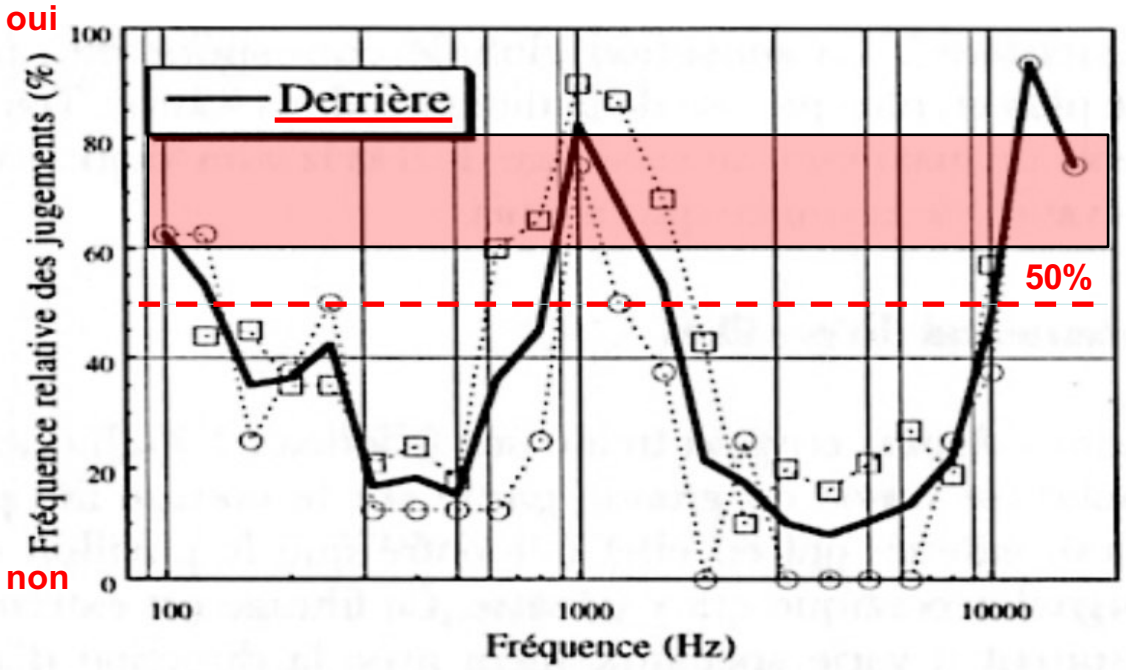


Bandes directionnelles d'après Blauert 1969
*(dans le **plan médian**)*

Et le Son 3D ?

Fréquence relative des jugements en % : Devant 0° et Derrière 180°





Direction apparente de sons présentés dans le plan médian. Les points de mesure sont empruntés à Blauert 1969 pour les symboles carrés et à Chateau 1995 pour les symboles ronds.

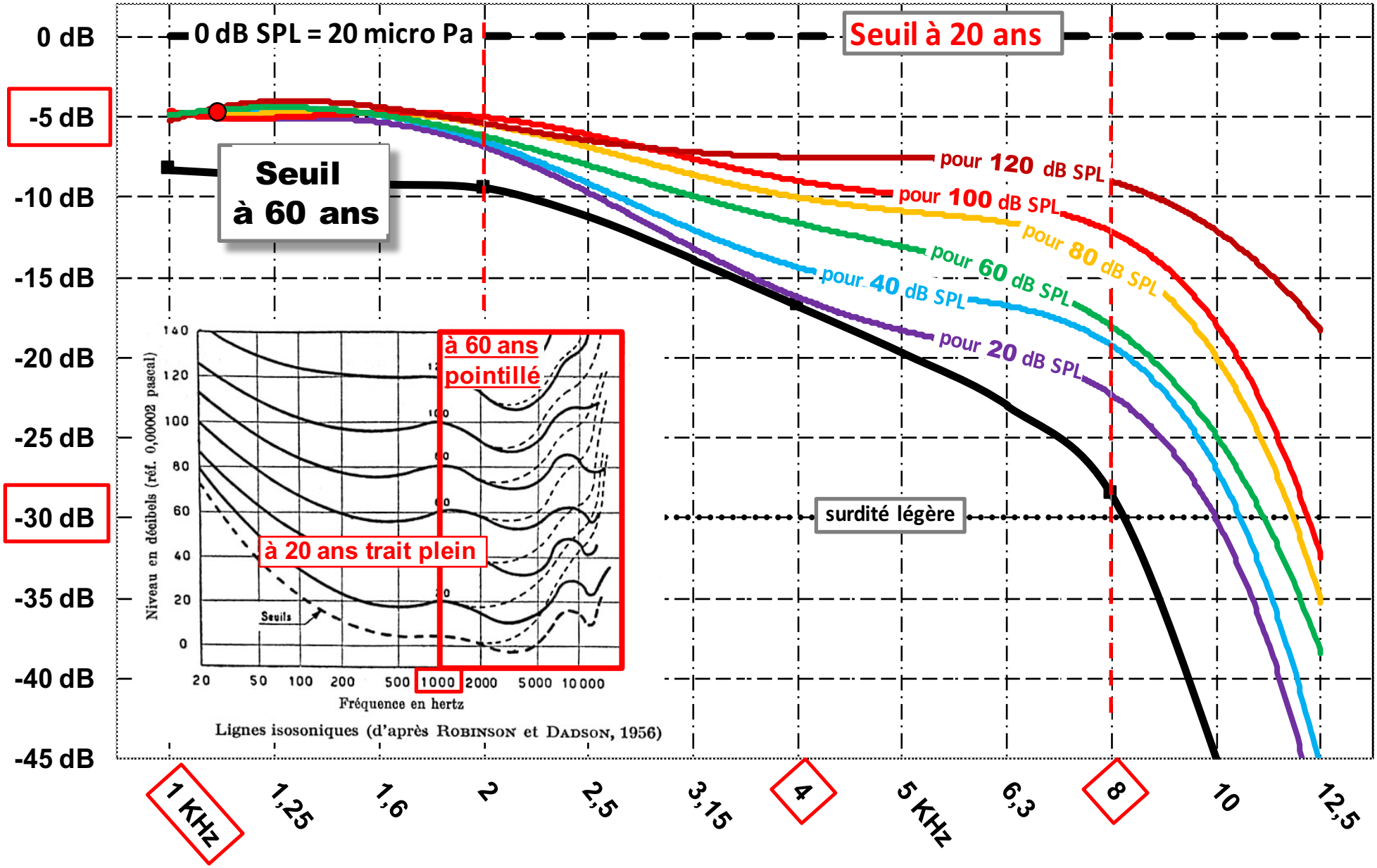
LE SON ET L'ESPACE

ALÉAS-GRAME

La localisation auditive des sons dans l'espace.

Par Georges Canévet

Presbyacousie à 60 ans en fonction du niveau acoustique



Robinson et Dadson 1956

OTO RHINO LARYNGOLOGIE

Paris, le 10/12/09

Cher Ami

Merci de m'avoir adressé ..... pour *acouphènes aigus sifflants,intermittents, quelques secondes, bilan auditif.*

Les tympans sont normaux.

L'audiogramme montre une surdité de perception prédominant sur les aigus avec une perte vocale minime sur chaque oreille de moins de 5 dB.

Il s'agit d'acouphènes liés à la **presbyacousie** .

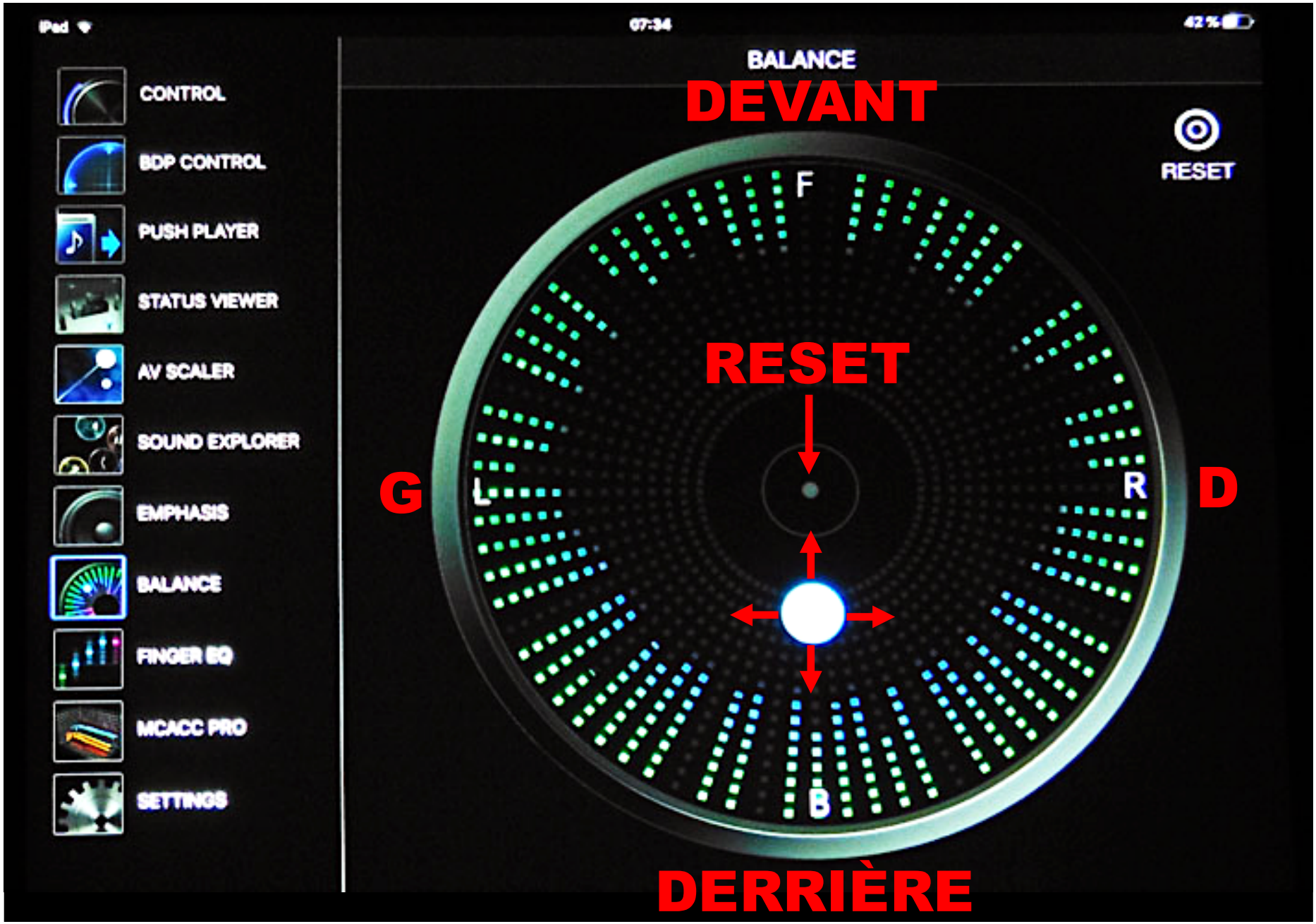
Le seul traitement actif est l'appareillage auditif, mais la perte est trop faible pour le justifier.

J' explique à notre malade que les acouphènes concernent 20 à 40 % de la population, dans sa classe d'âge, qu'ils sont physiologiques , et que le traitement repose sur l'habituation.
Au début on peut s'aider d'un masquage de l'acouphène par un discret fond sonore musical pour s'habituer à l'oublier.
Le point essentiel est de rassurer le patient pour favoriser la mise ne place du filtre cérébral.

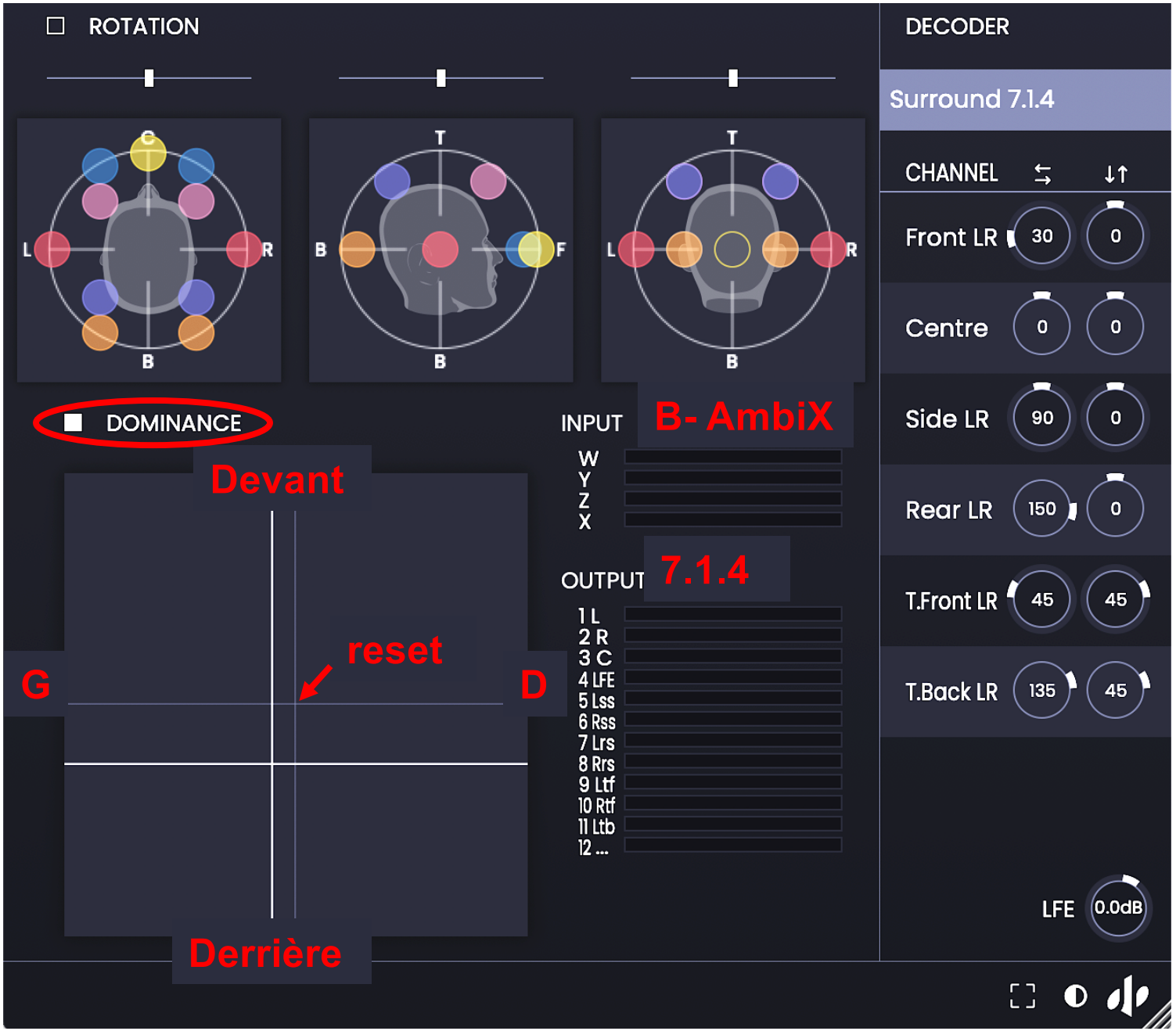
Amicalement

Application pour IPAD: Pioneer iControlAV5

Down Mix du 5.1 au Binaural ?



Plugin : ab Decoder Audio Brewers



Merci de votre attention

Site : **https://www.lesonbinaural.fr**

Mail : **b.lagnel@gmail.com**