

<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 \approx **0,5 dB**.
- Temporellement, il faut \approx **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 \approx 1 cm de diamètre (donc sensible aux variations de pression).
- Le seuil d'audibilité est de $20 \mu\text{Pa}$ *(micro-pascals) à 2000 Hz.
- La référence 0 dB **SPL** (**S**ound **P**ressure **L**evel) est à $20 \mu\text{Pa}$.

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

En dB SPL

Sound
Pressure
Level...

AUDIOMÉTRIE ÉCHELLE DU BRUIT

PERÇUS :

DOULOUREUX

RISQUE DE SURDITÉ

PÉNIBLE

Réflexe stapédien

FATIGUANT

SUPPORTABLE

AGRÉABLE

CALME

130

Avion au décollage

120

Marteau-piqueur

110

Concert et discothèque

100

Baladeur à puissance maximum

90

Moto/Quad/Tracteur

80

Automobile/Circulation

70

Aspirateur/Tondeuse

60

Conversation courante

50

Machine à laver

40

Bureau tranquille

30

Chambre à coucher

20

Conversation à voix basse

10

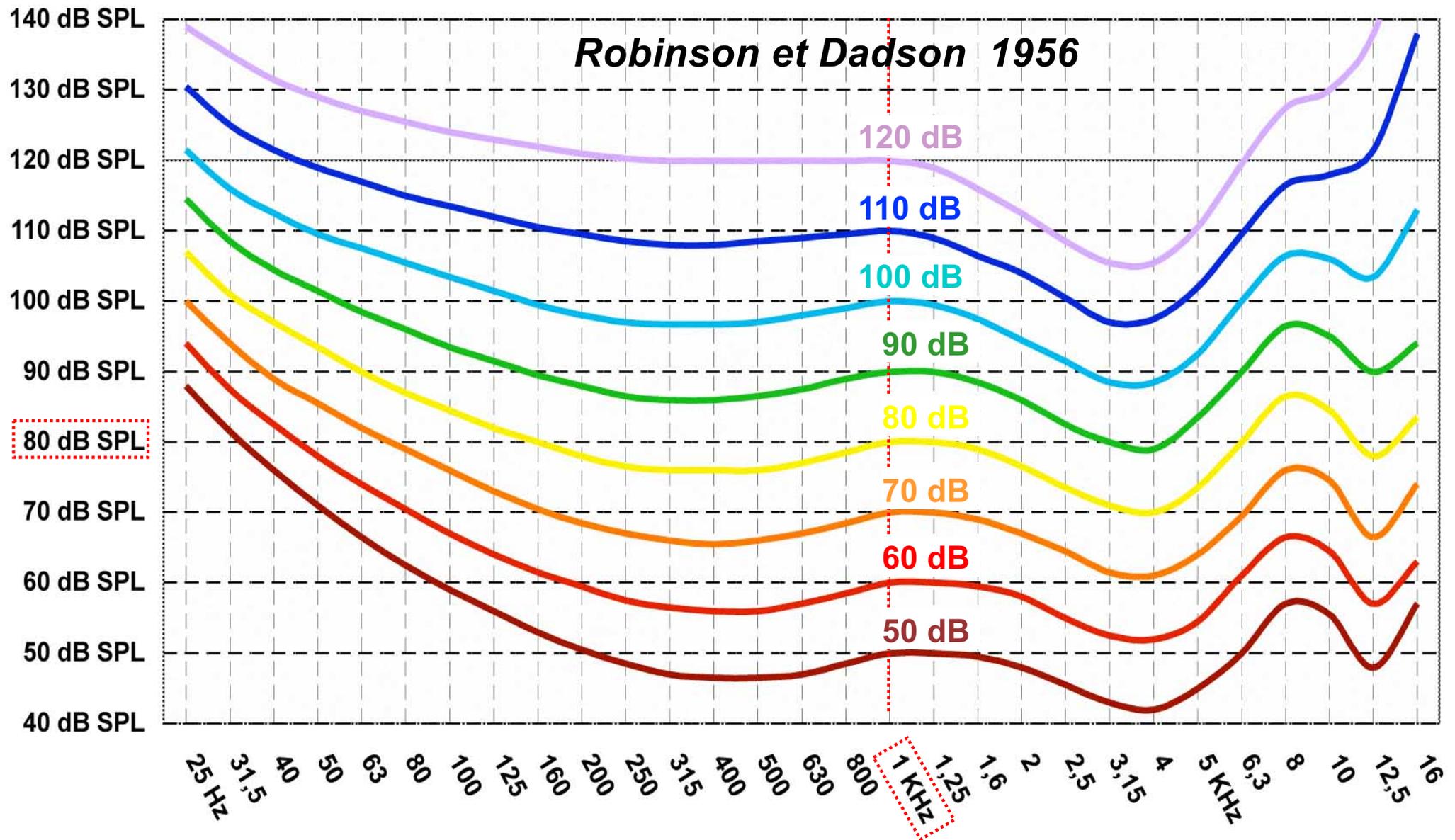
Vent dans les arbres

0

Seuil d'audibilité

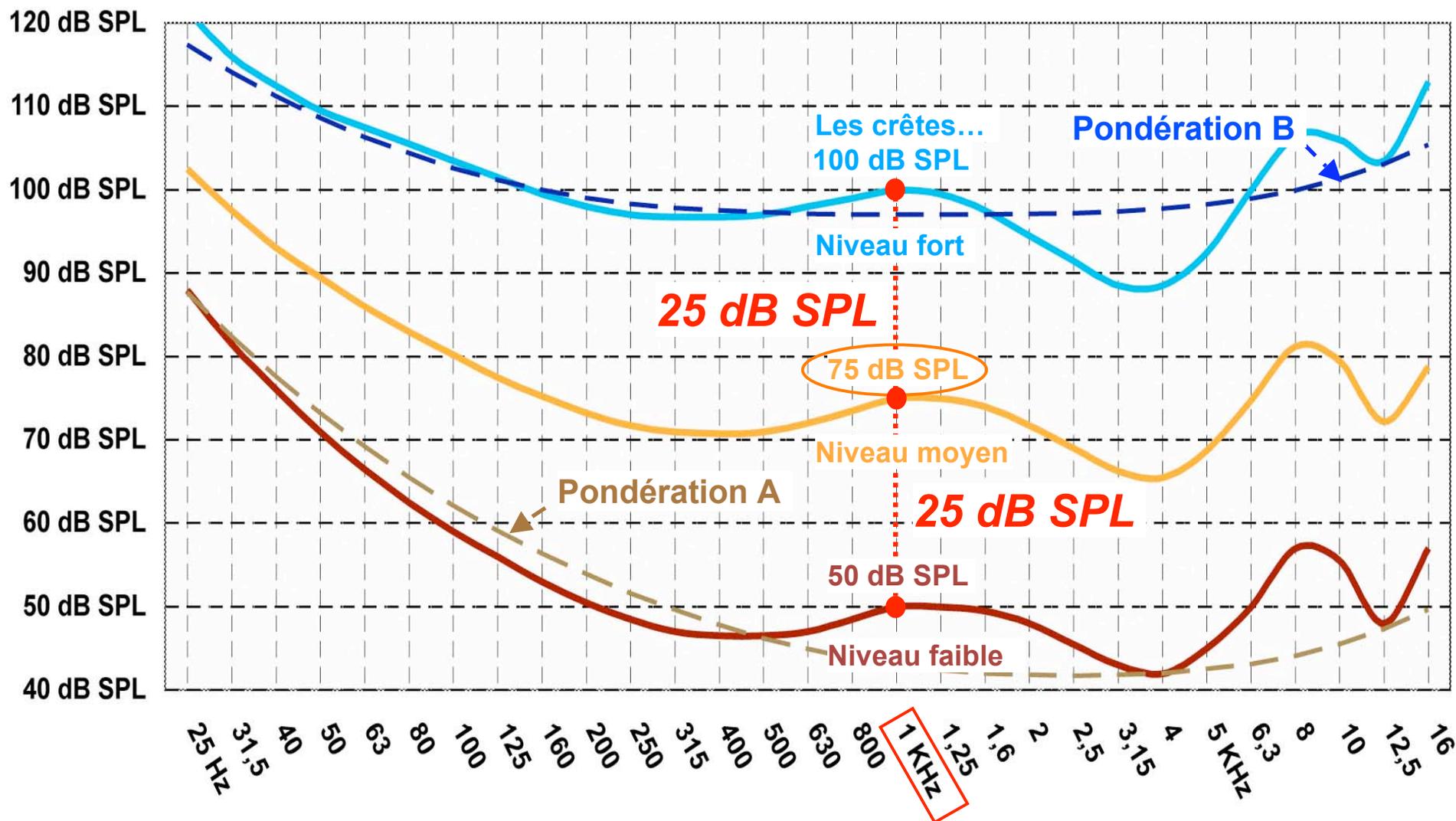


Courbes isosoniques ISO 3746 pour une écoute binaurale en champ libre (utilisation d'une **source frontale 0°** à 20 ans)



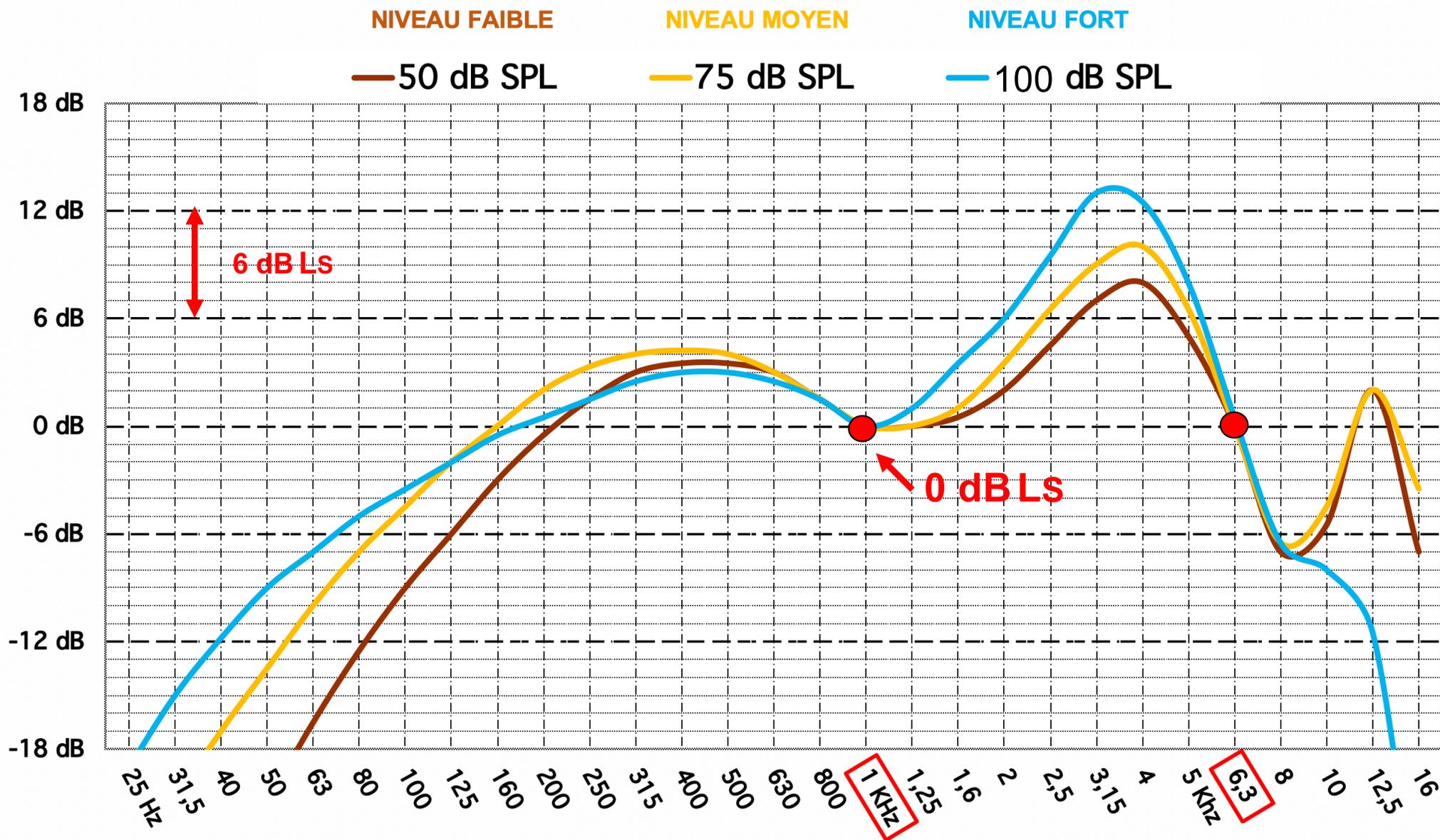
Les lignes isosoniques permettent de savoir quels niveaux physiques (dB SPL) donnent une même sensation sonore quand on fait varier la fréquence.

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).



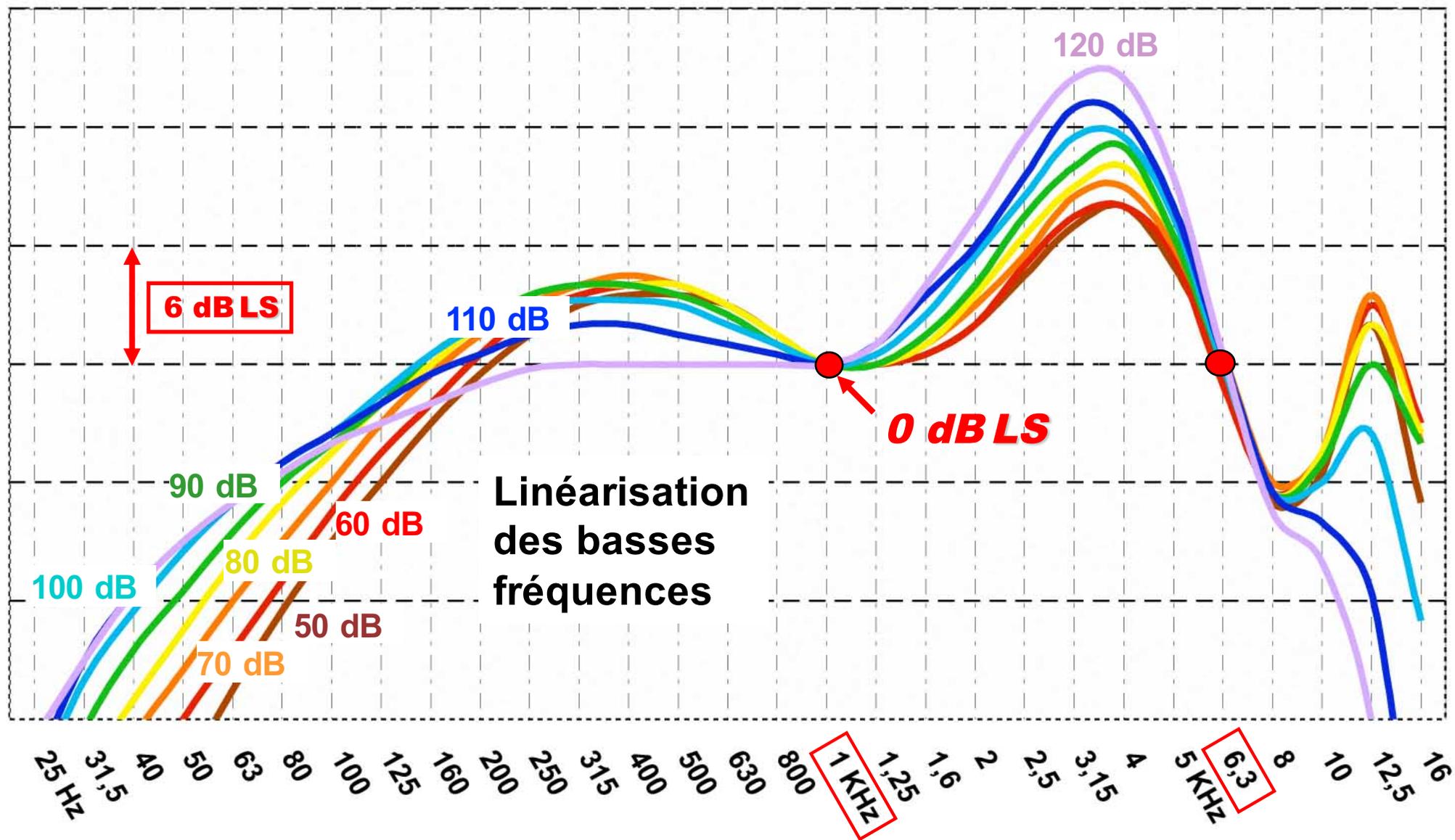
Niveau de pression acoustique ou dB SPL "Sound Pressure Level"...

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



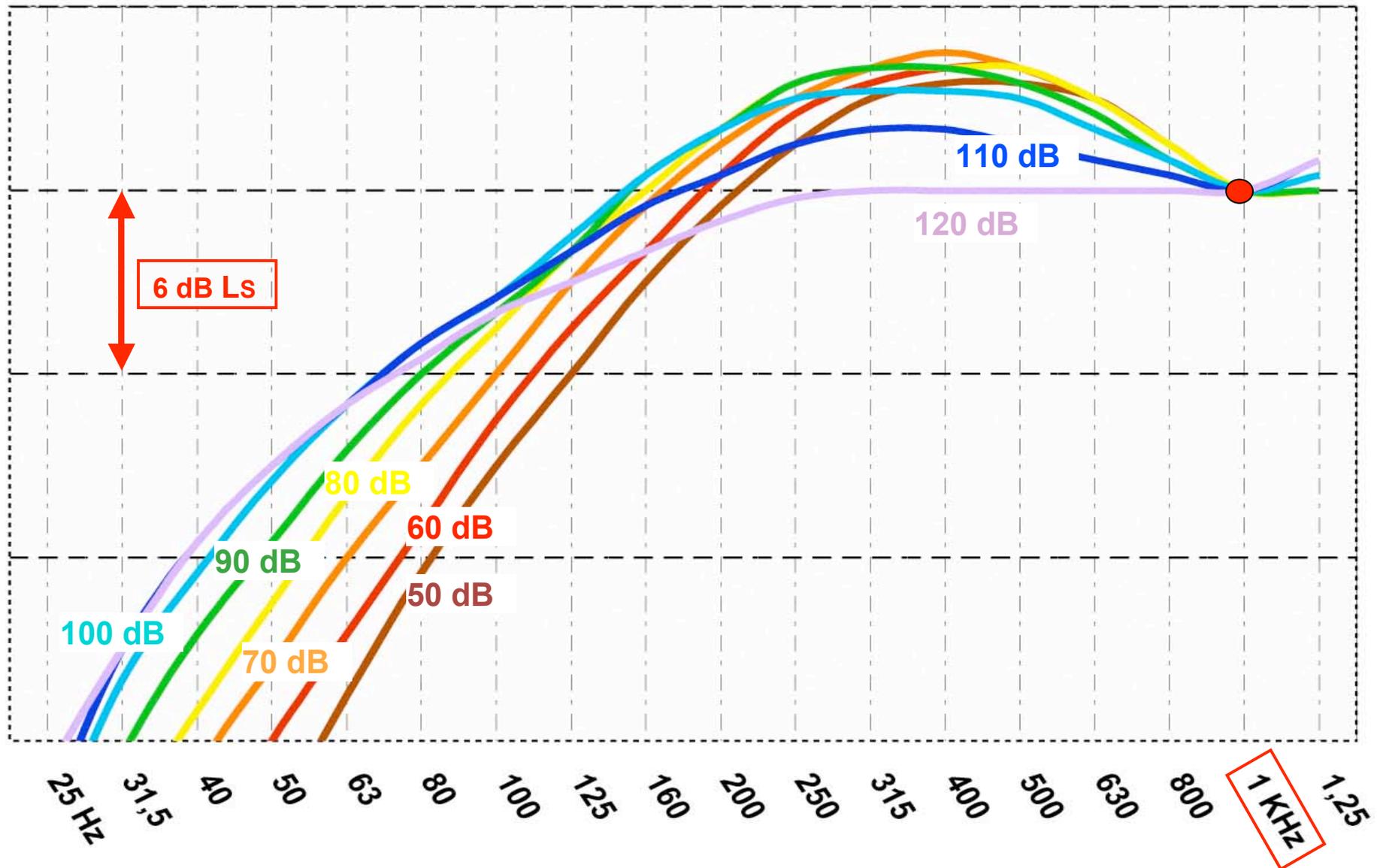
Ces seuils sont ramenés sur une échelle relative de **0 dB Ls** à 1 KHz.
(source frontale 0° avec du **BRUIT ROSE** à niveau constant SPL).

Sensation sonore en dB LS pour les différents seuils
à niveau constant **Bruit Rose** sur tout le spectre...



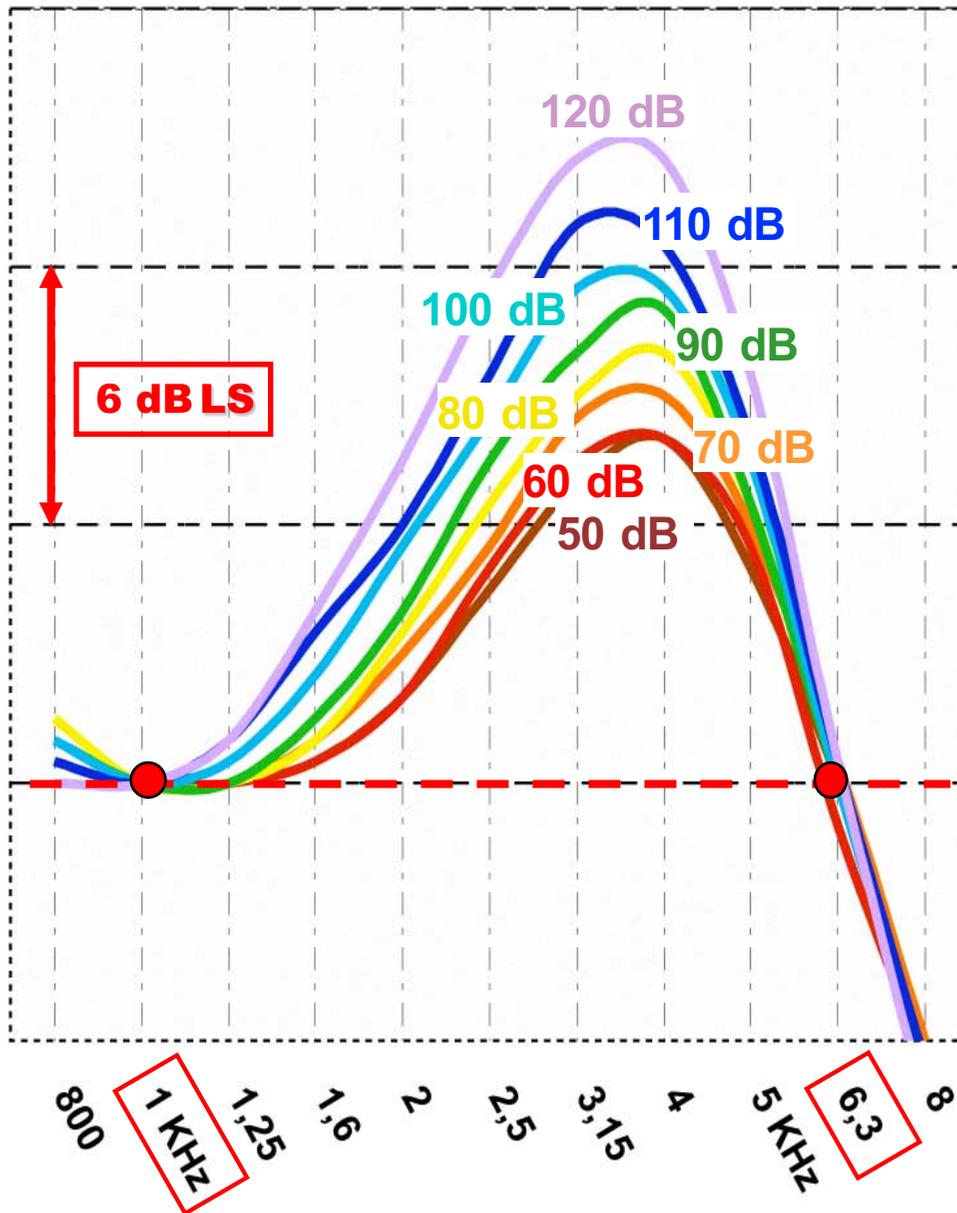
Ces seuils sont ramenés sur une échelle relative de **0 dB LS** ...

Pour les basses fréquences jusqu'à 1 KHz...



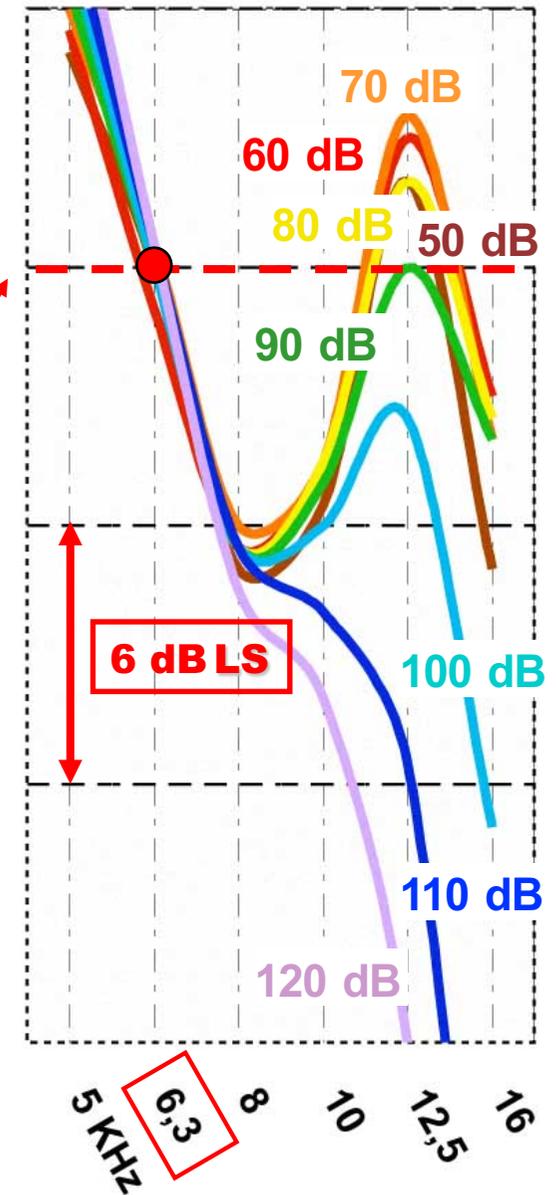
Augmentation du niveau SPL \Rightarrow Linéarisation dans les basses fréquences...

De 1 KHz à 6,3 KHz



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

> à 6,3 KHz



Max pour **70 dB SPL**

Réflexe stapédien ?

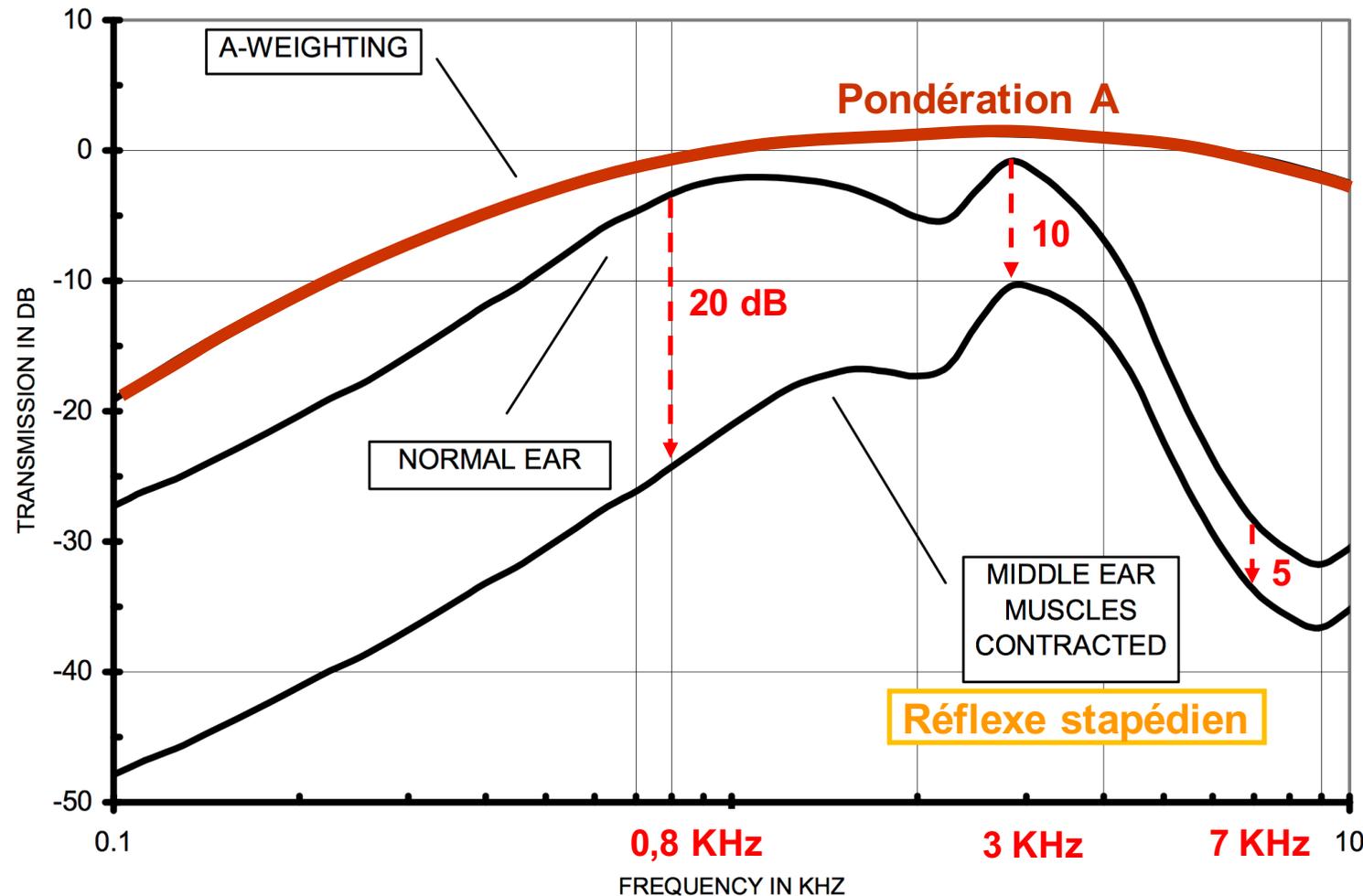
A New Method for Rating Hazard from Intense Sounds: Implications for Hearing Protection, Speech Intelligibility, and Situation Awareness

G. Richard Price

AHAnalysis

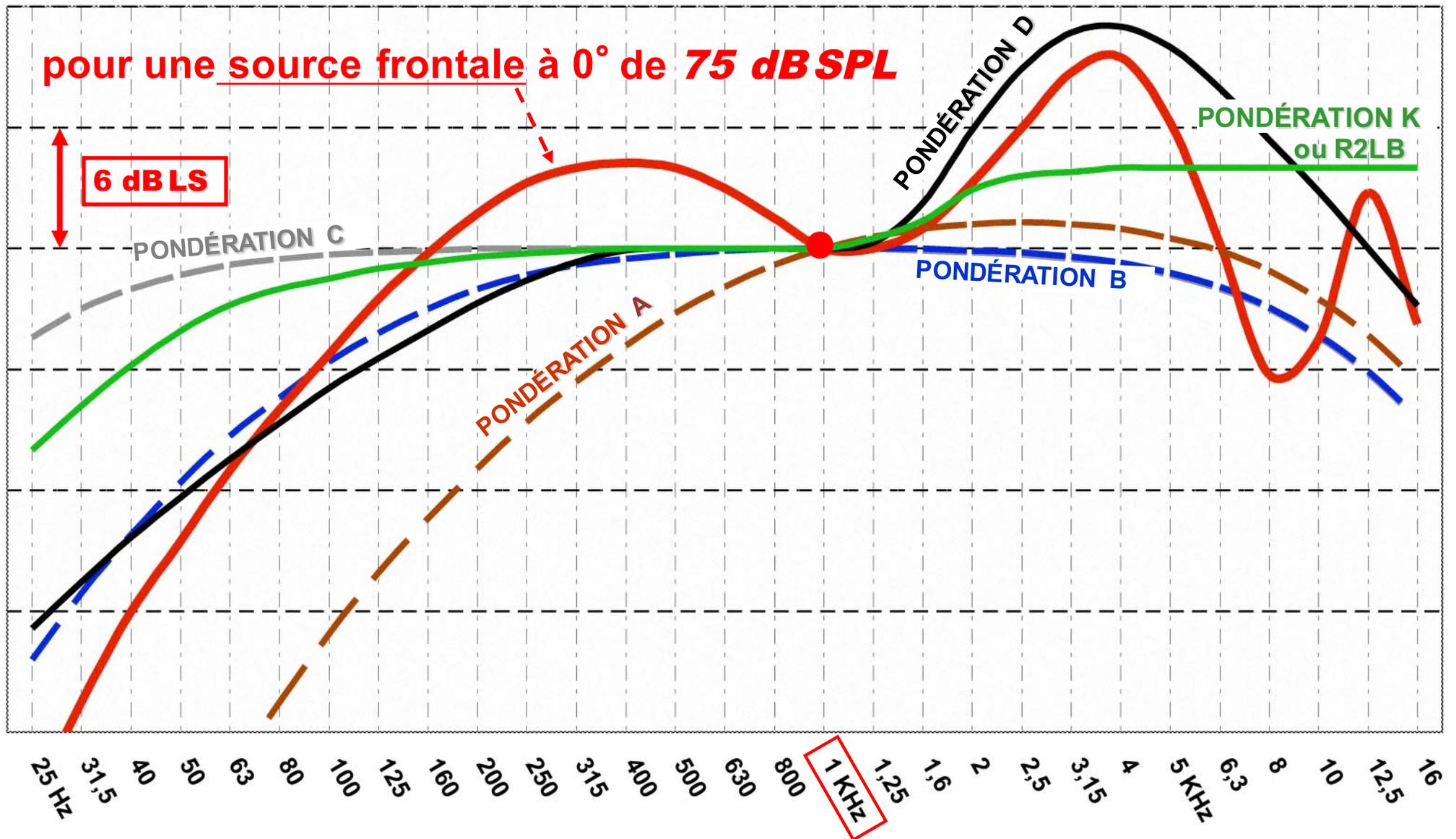
125 Conestoga Street, POB 368
Charlestown, MD 21914
USA

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

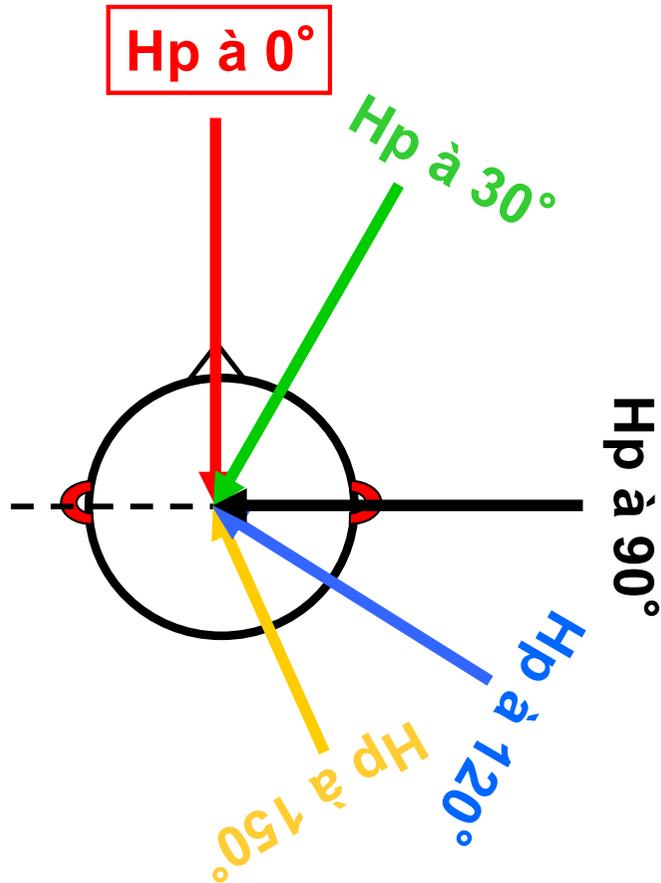
LES DIVERSES PONDÉRATIONS



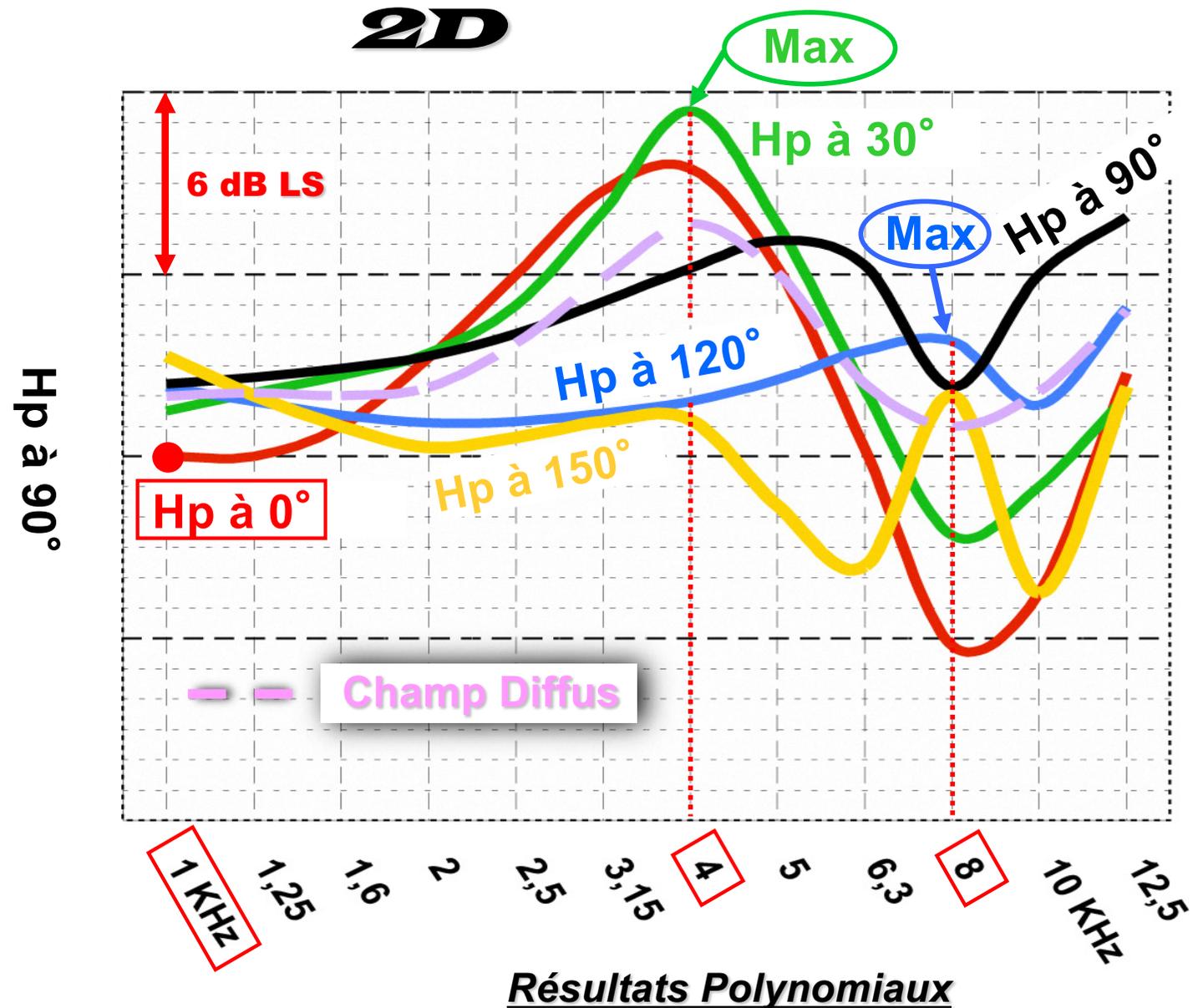
La pondération **K** ou **R2LB** est calquée sur la diffraction de la tête...
(Elle est le moteur de la norme **R128** pour évaluer le **LU**...)

Les Hauts parleurs (Hp) 7.0 dans le plan azimutal

Sensation sonore pour 75 dB SPL sur du Bruit Rose :

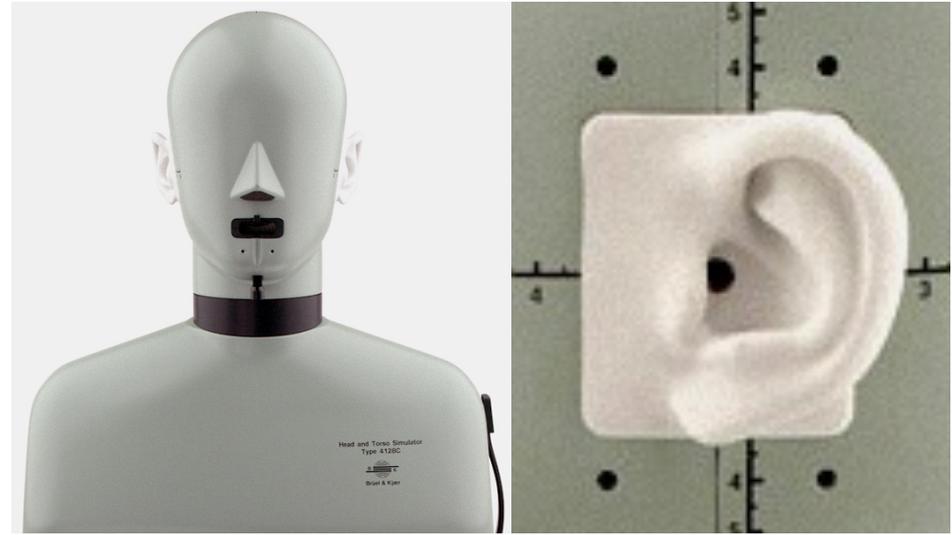
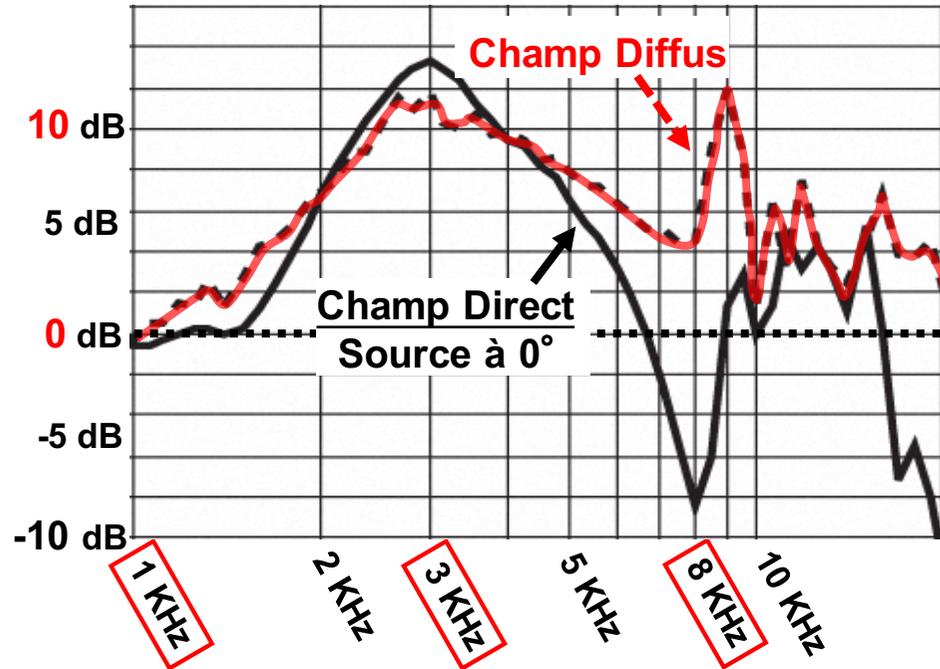


Mono
Stéréo
5.0 7.0

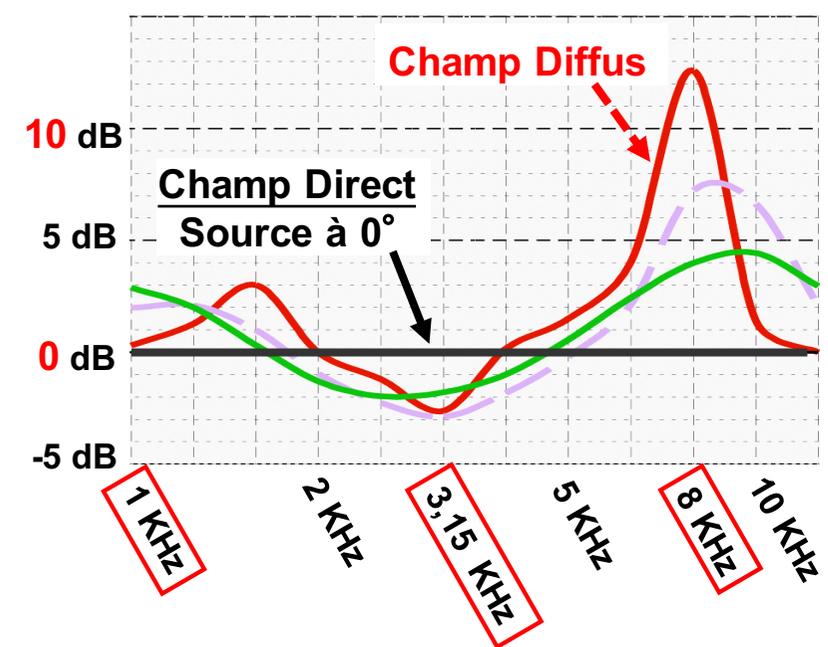


Brüel & Kjær

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 égaliser 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'égalisation 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'égalisation 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 ?

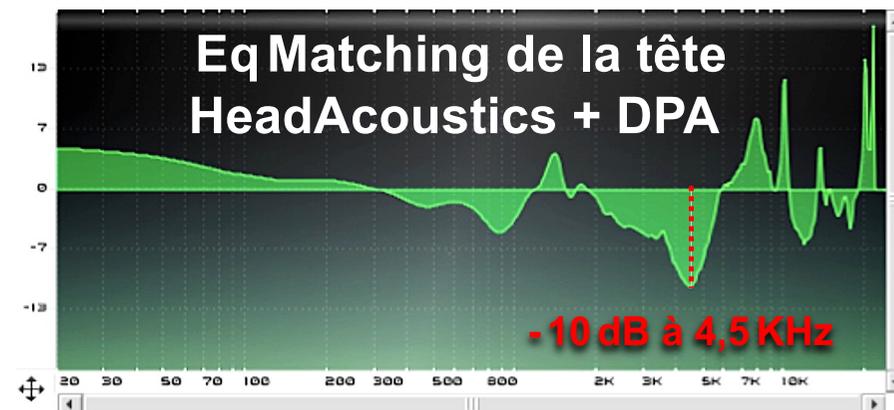
S'il s'agissait d'un microphone standard, il suffirait de mesurer sa réponse en fréquence avec un bruit large bande, une enceinte de qualité elle-même linéarisée et des conditions anéchoïques. Le son de référence serait un bruit rose et l'outil d'eqMatching compenserait les défauts de réponse de microphone 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'égalisation qui en résulte est dite « champ diffus » puisqu'elle découle des contributions de tout l'espace (vu comme le champ diffus).

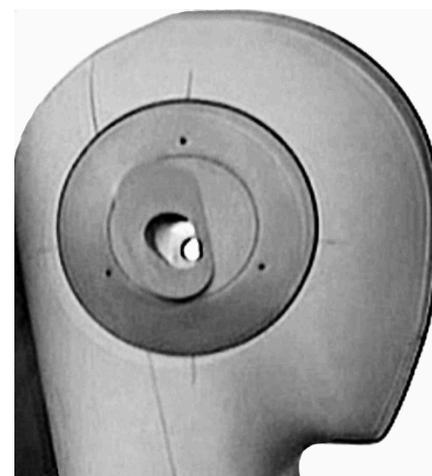
La mesure d'HRTF a fait des progrès et, au-delà de l'approche acoustique, des solutions plus abordables devraient être opérationnelles à court terme (calcul à partir d'un scan 3D, par exemple). <https://www.binaural.fr/binaural/?p=625>
L'égalisation champ diffus est une bonne manière de normaliser le 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](https://www.binaural.fr)

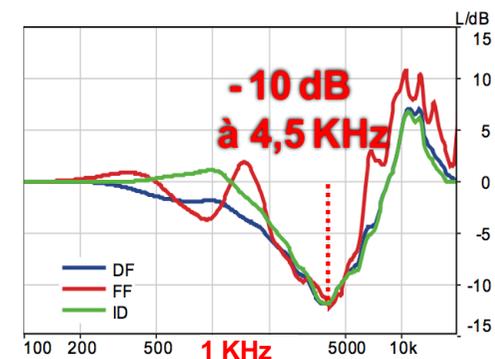
Technique Eq Match



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



HeadAcoustics
HSU III



DPA 4053

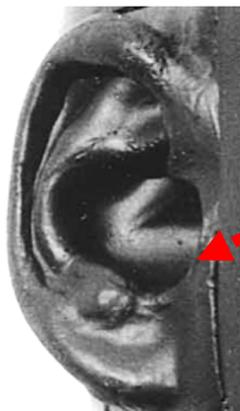


https://www.lesonbinaural.fr/EDIT/PDF/tetes_binaurales_oreilles_non_anthropometriques.PDF

En 1973 = NEUMANN KU 80



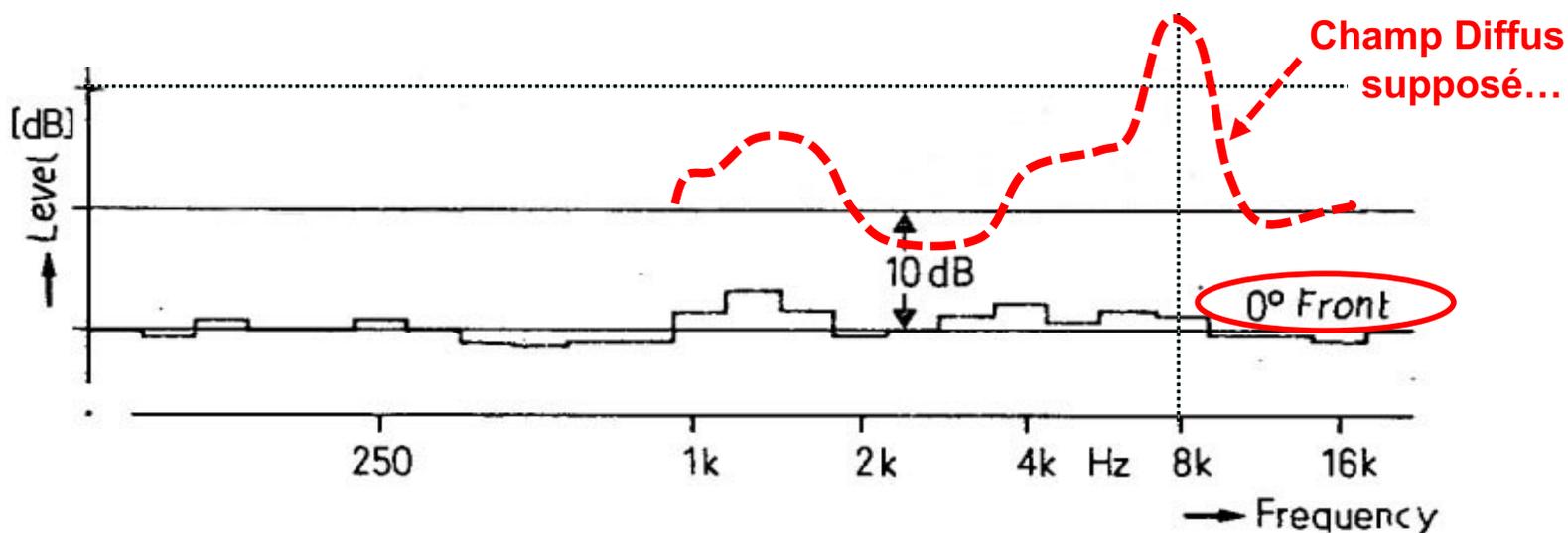
Cette oreille n'est pas anthropométrique !



pas de tragus ??



2 micros : **KM 83** modifiés



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

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)**

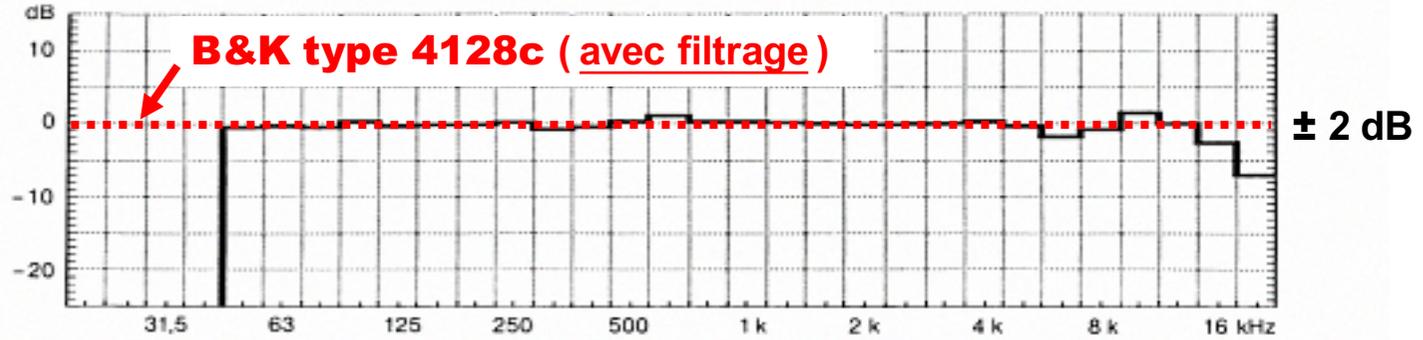
- Tête égalisée pour une réponse linéaire en champ diffus.

↳ Compatible avec haut-parleurs

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

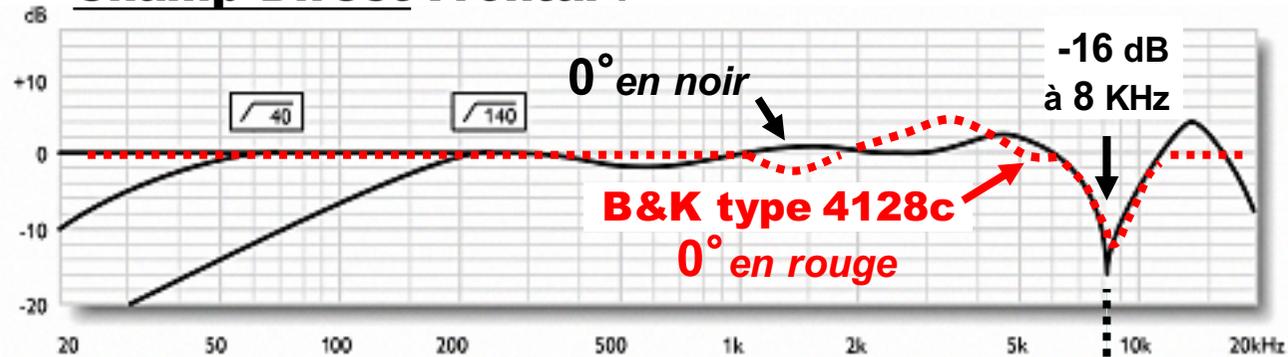
NEUMANN KU100

Champ Diffus :



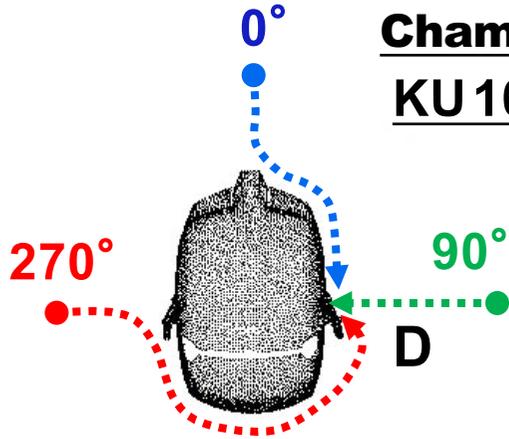
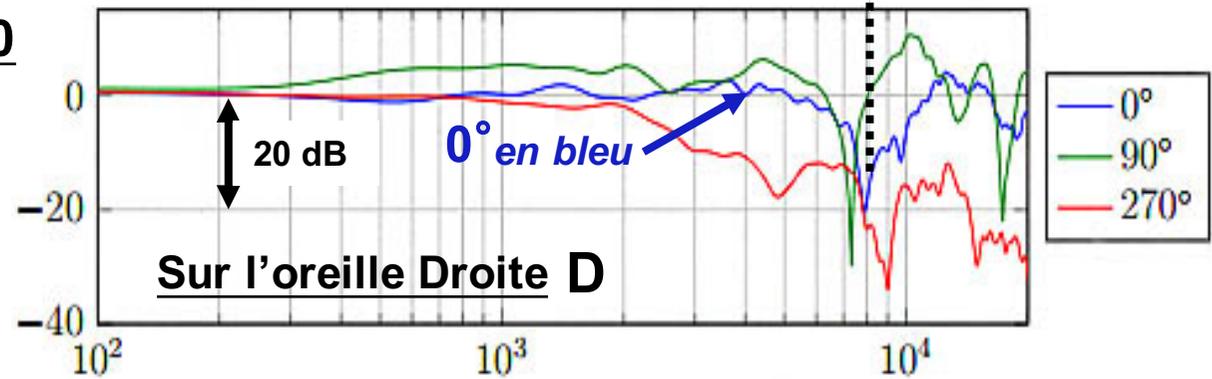
Documents Neumann
Documents B&K

Champ Direct Frontal :



Champ Direct Frontal :

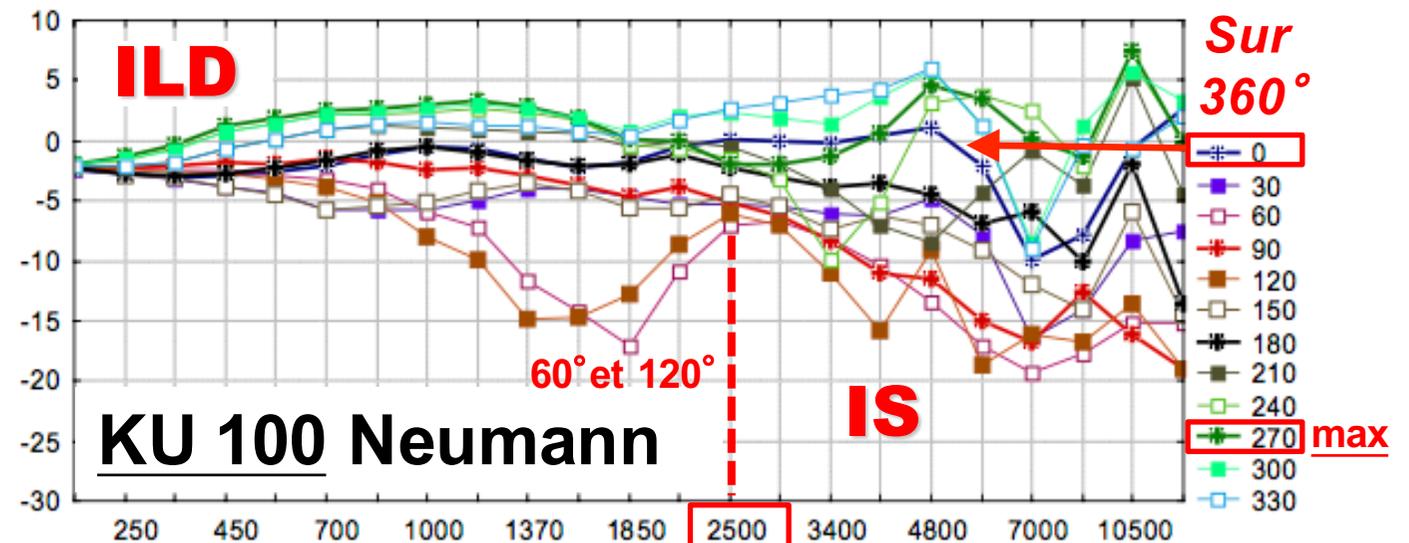
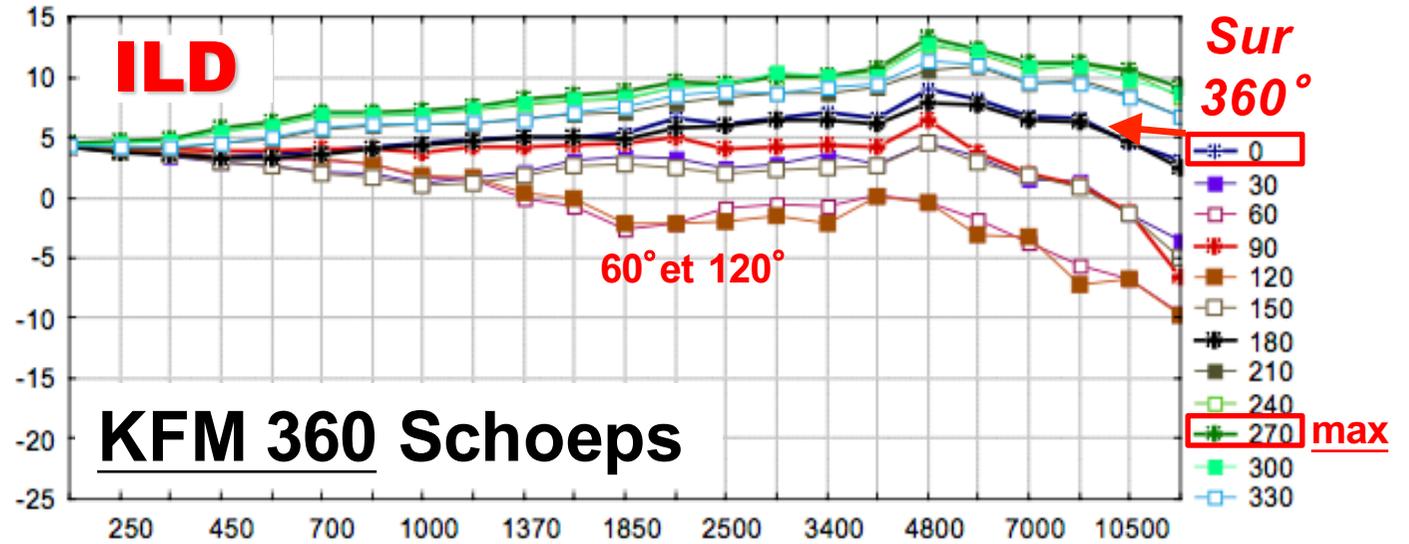
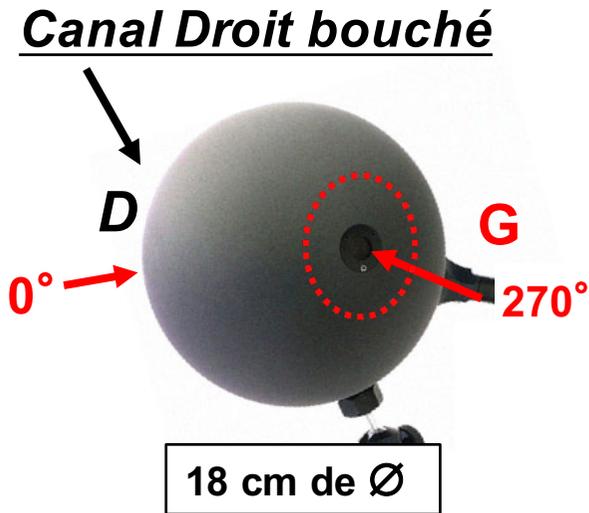
KU100



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

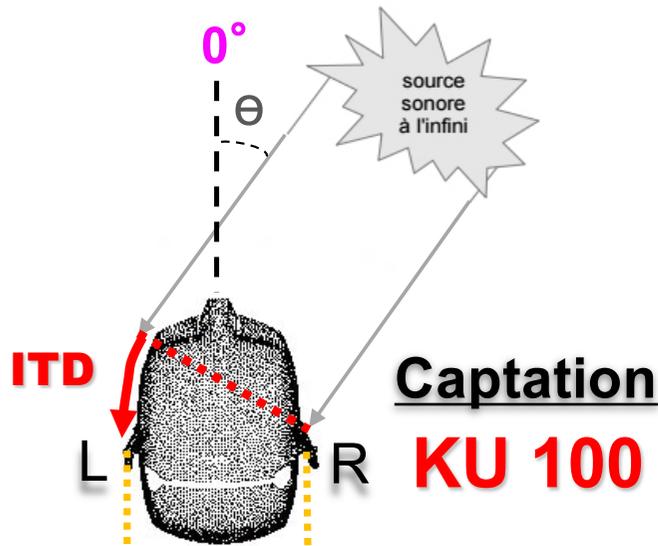


Pour du Binaural natif avec la KU 100 :

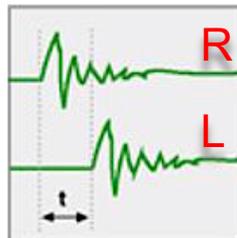
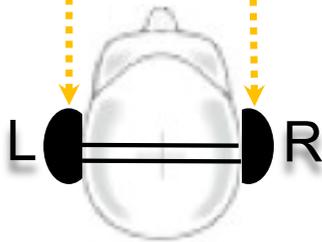


Résultats de la Campagne Nationale de Mensuration

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



Restitution



ITD

Écoute Binaurale
au casque

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



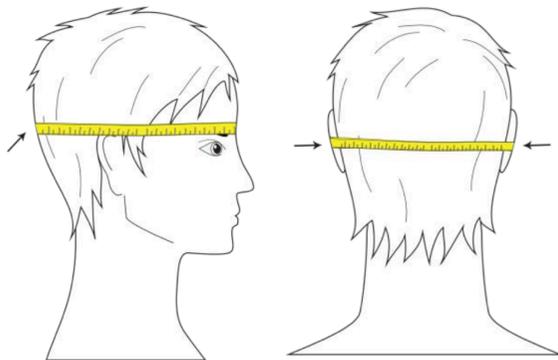
Waves Abbey Road Studio 3 + Nx Track

<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)



Orbit Plug-in

SENNHEISER
2017

GRATUIT
AMBEO

KU 100

3D
Elevation
0°

Up
Down

Front
Left
Azimuth
Right
Back

« binauraliser »

Reflections

Level Size Room

-15.0 dB 11.0 m Drapes

Clarity

0%

Width

50%

v0.1.1 BETA

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.

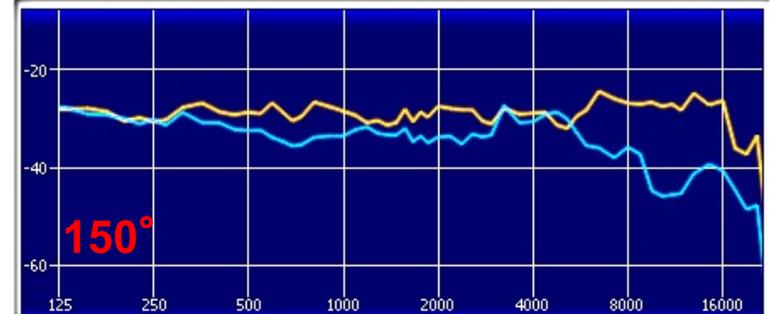
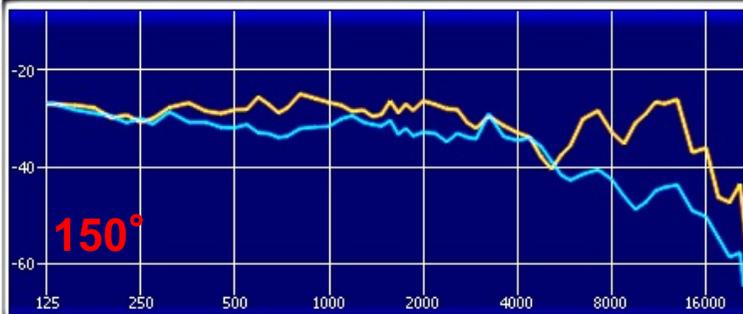
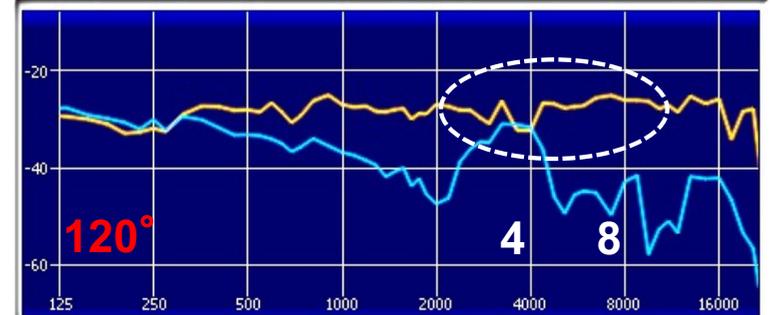
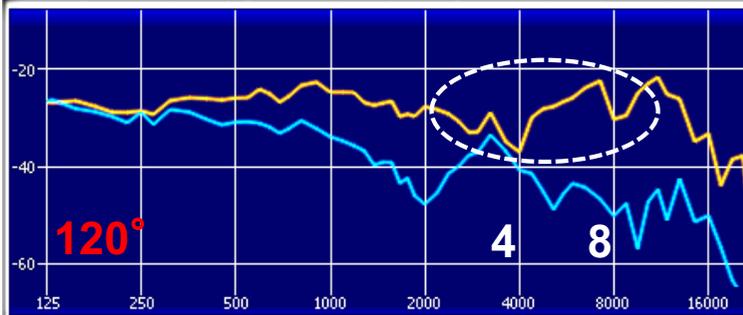
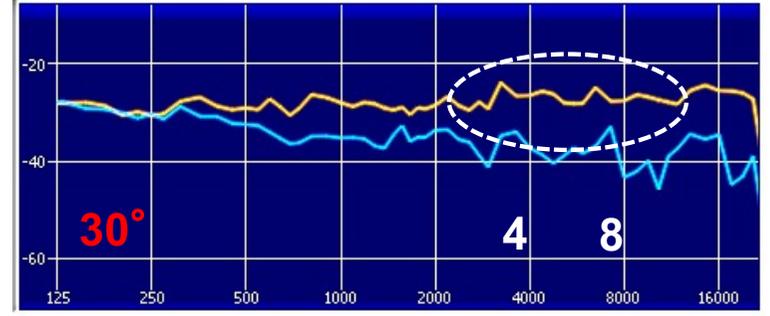
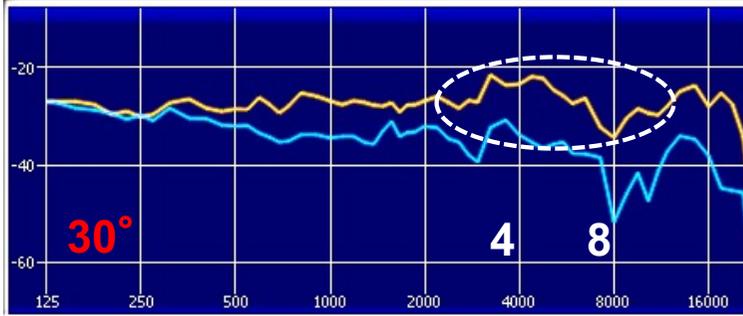
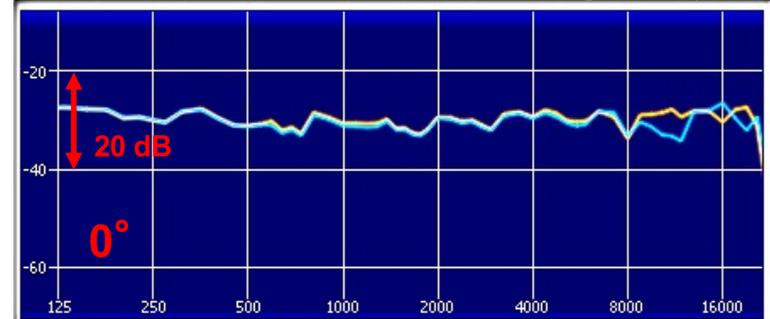
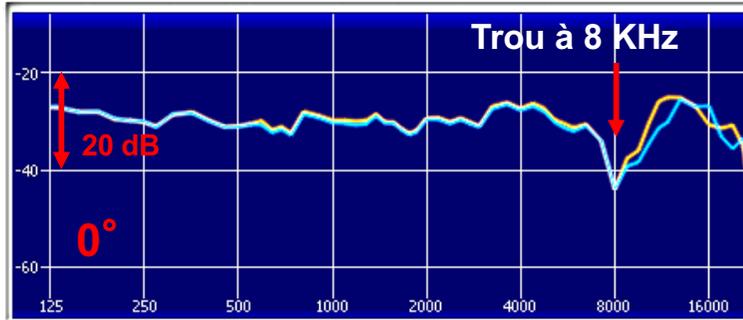
Le plugin AMBEO Orbit est disponible aux formats AAX, VST, VST3 et AU pour Mac et Windows.

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**

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

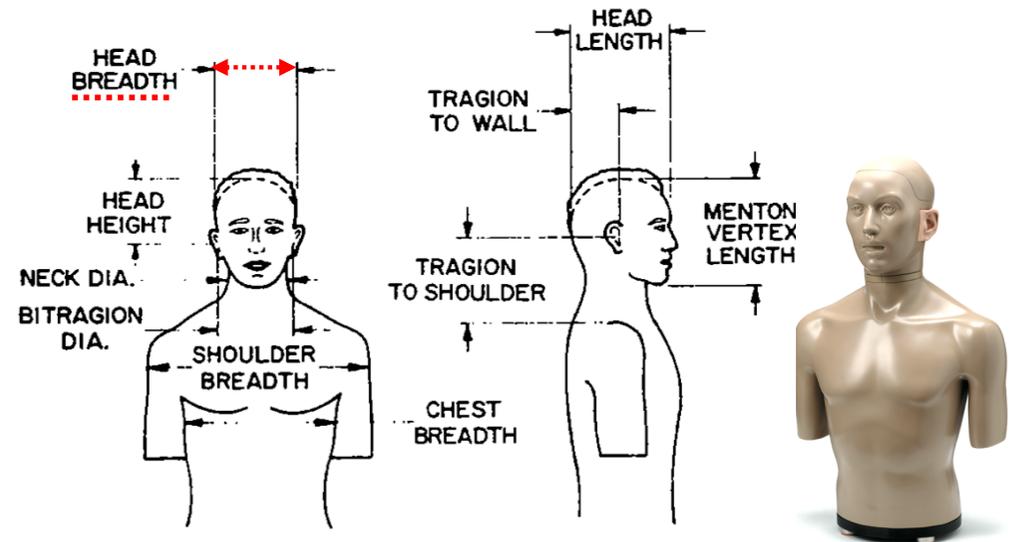


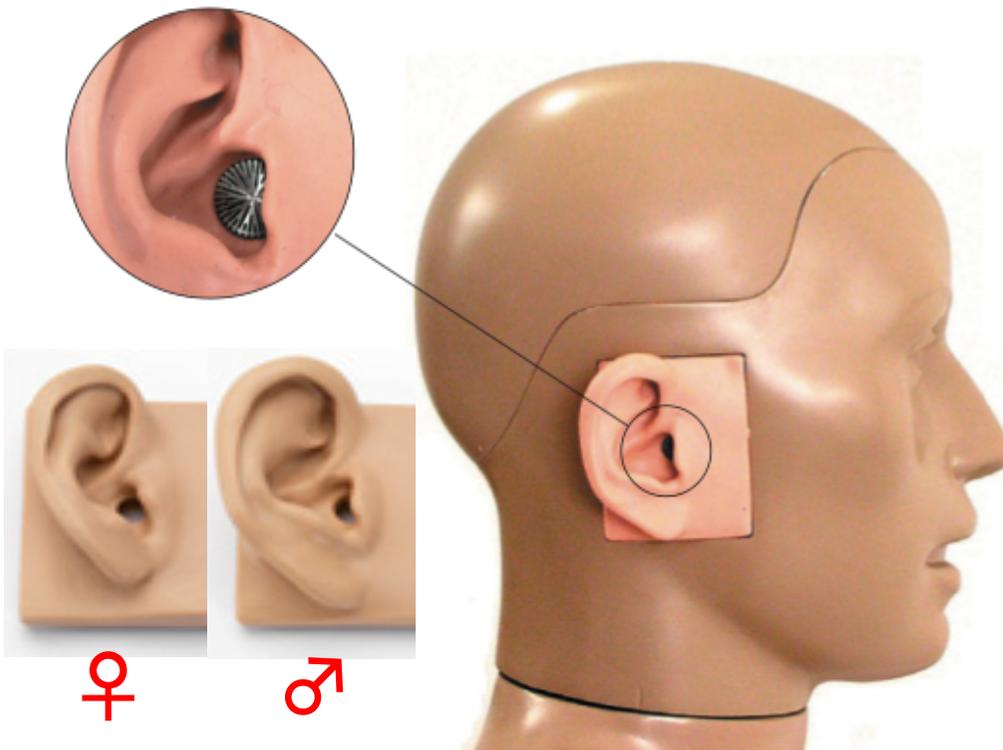
FIG. 1. Anthropometric measures used in design of KEMAR.

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
Bitracion diameter	14.2	13.5	13.85	14.3
Tracion to wall	10.2	9.4	9.8	9.65
Tracion 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

^aAdjustable over ± 1.27 cm.

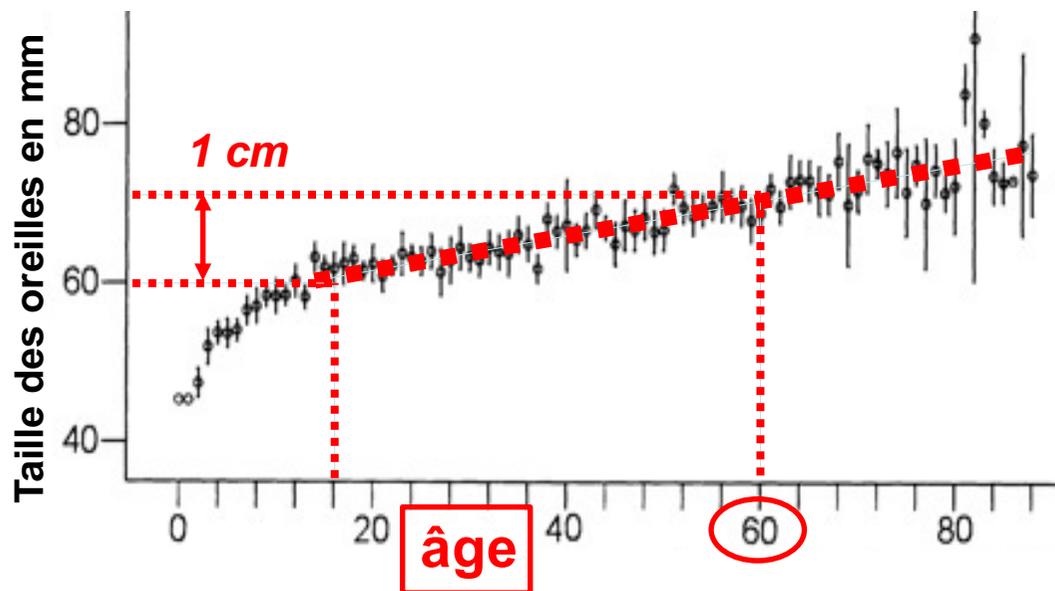
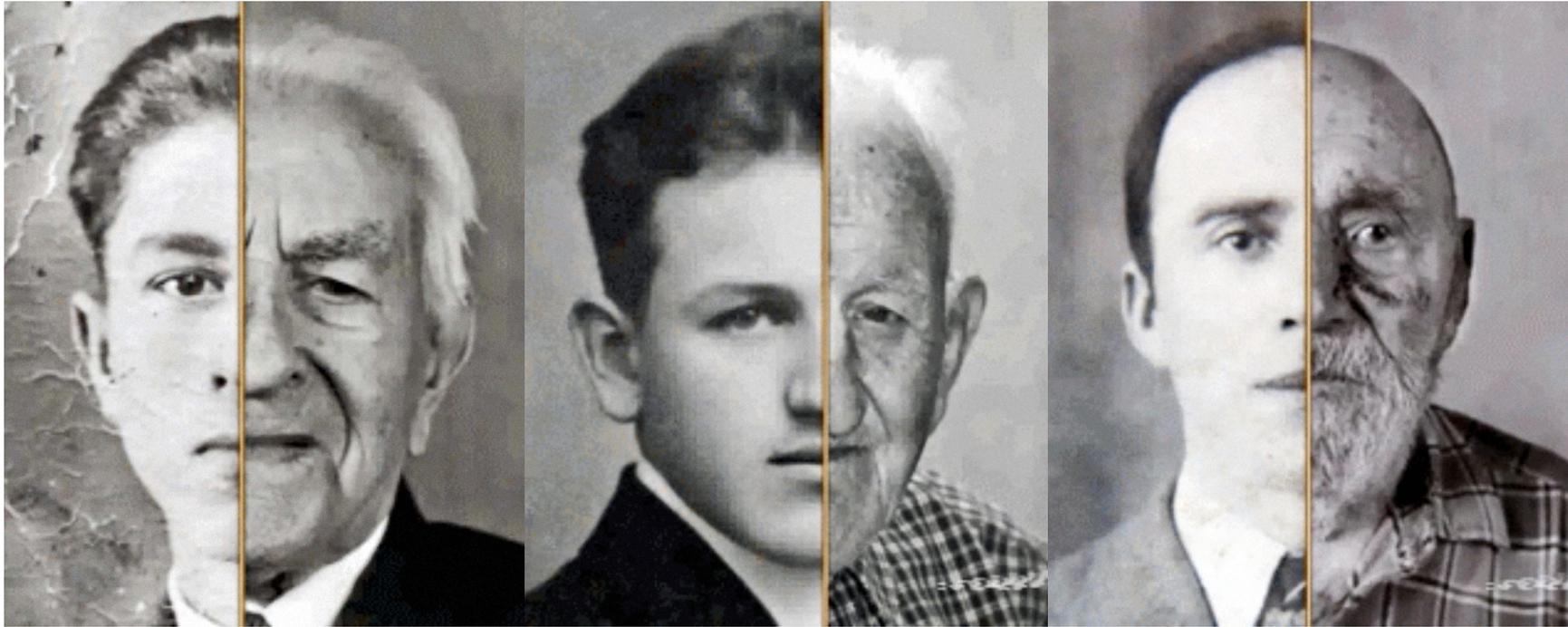
Photos : www.gras.dk



L'oreille ne cesse de grandir...

L'oreille grandit pour compenser la presbyacousie ?

bigbrowser.blog.lemonde.fr

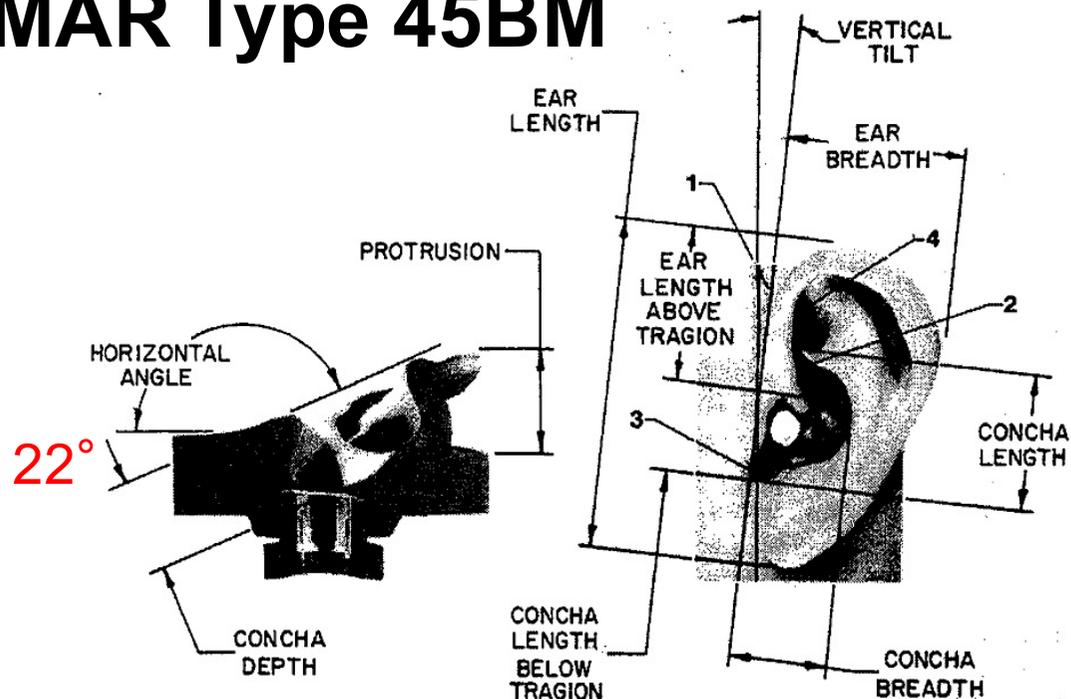


Une équation linéaire de régression fut tirée des données recueillies :

$$\text{Taille des oreilles} = 55.9 + (0.72 \times \text{âge})$$

Niemitz, C., et al. 2007

KEMAR Type 45BM



Dimension		Averages			Standard deviation			KEMAR	50% Male ^a	50% Female ^a	Average
		12 Male	12 Female	Overall	12 Male	12 Female	Overall				
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 tragon	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, tragon 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 tragon 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			

Dimensions
externes de
l'oreille

Oreille Gauche selon
ITU-T P.57 Type 3.3

^aDreyfus (1967).

^bFour males and four females.

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 1



IEC 60711 Ear Simulator

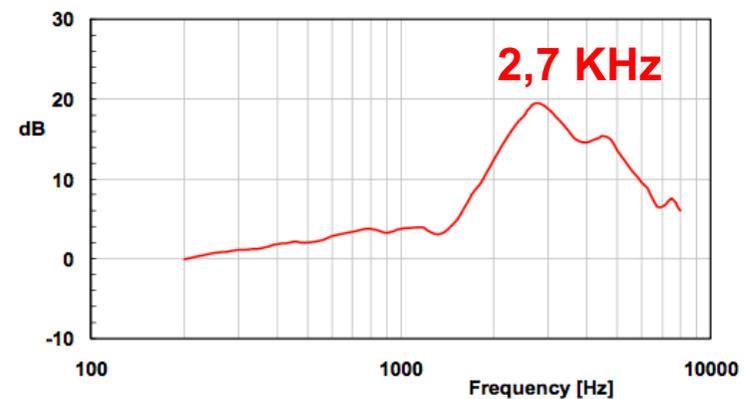
KEMAR

- 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 23

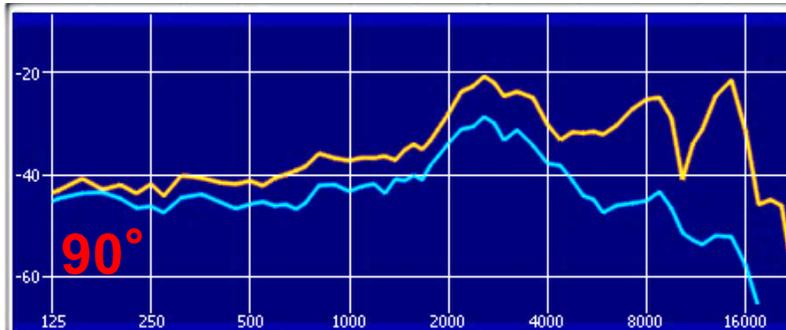
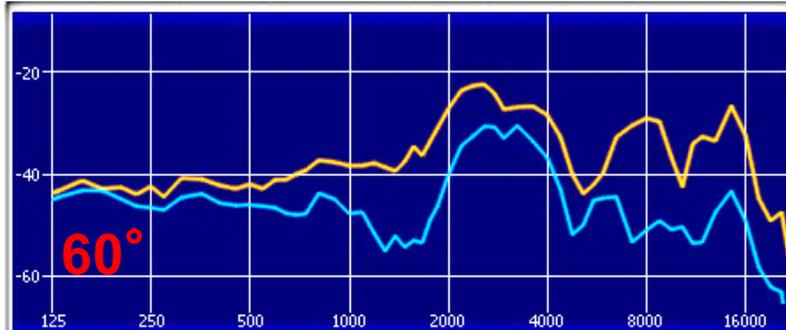
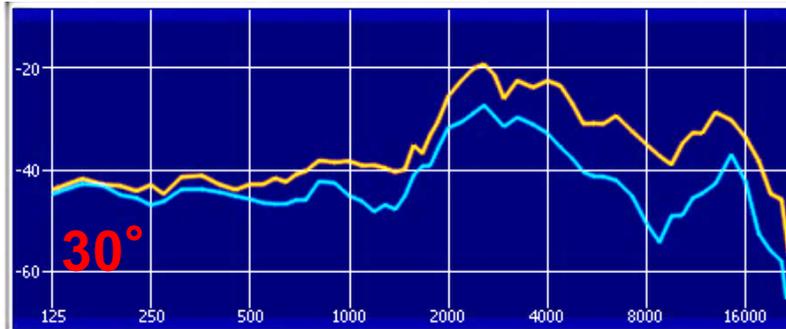
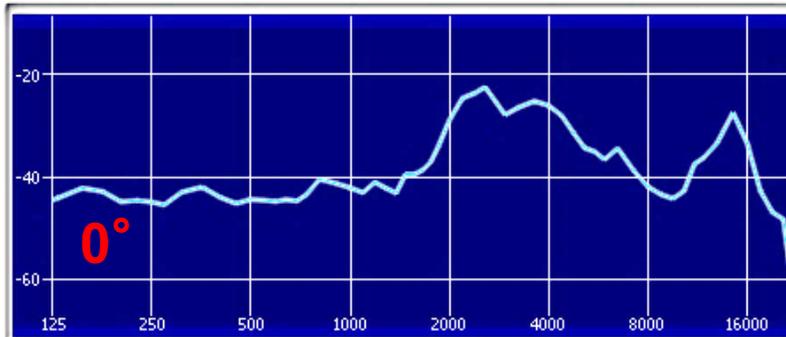
KEMAR Free Field Response with Zwislocki Coupler



■ © Copyright 2009 CJS Labs – San Francisco, CA USA – www.cjs-labs.com Email: cjs@cjs-labs.com 24

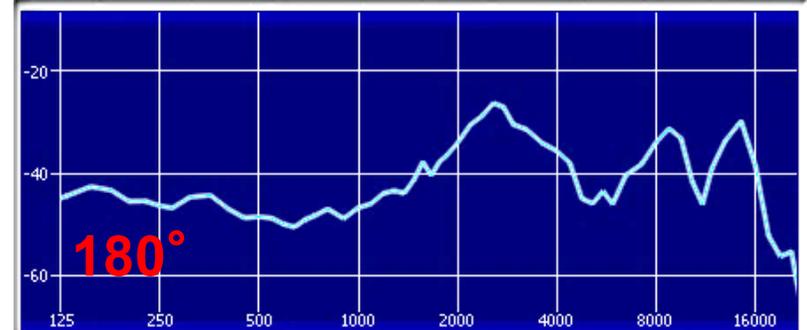
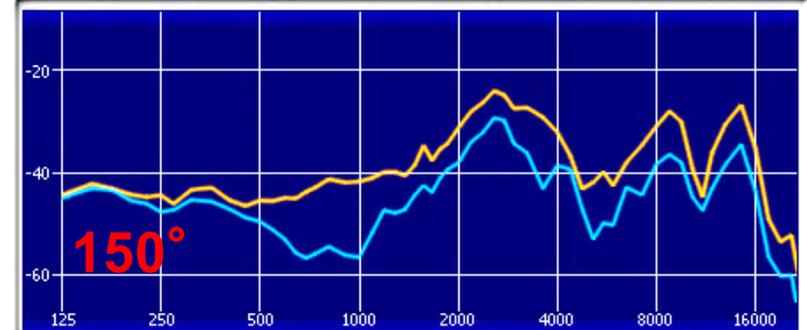
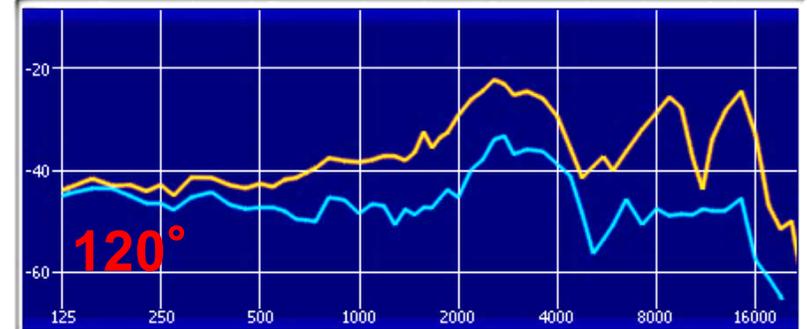
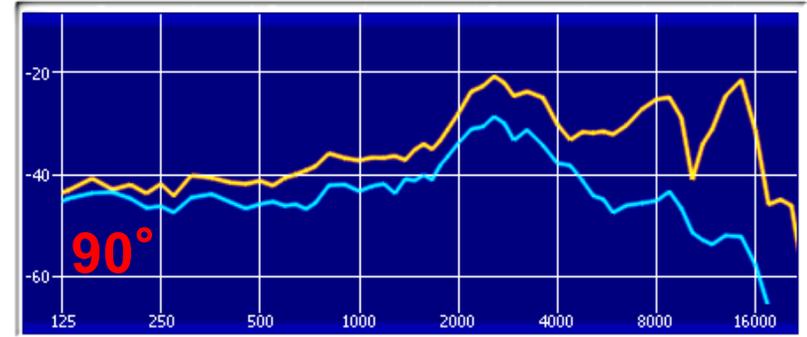
HRTF **KEMAR** du MIT Oreilles Normales ♀

— Oreille Ipsilatérale
— Oreille Contralatérale



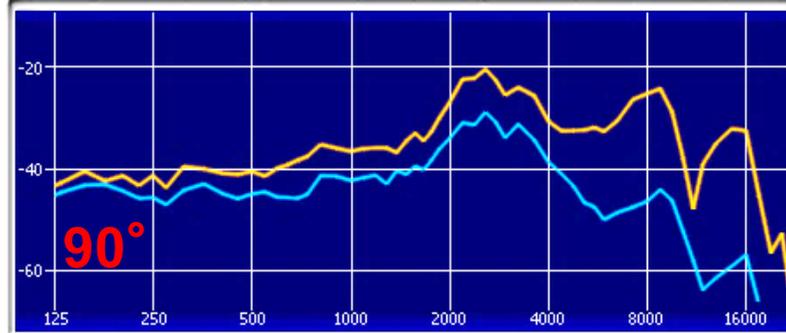
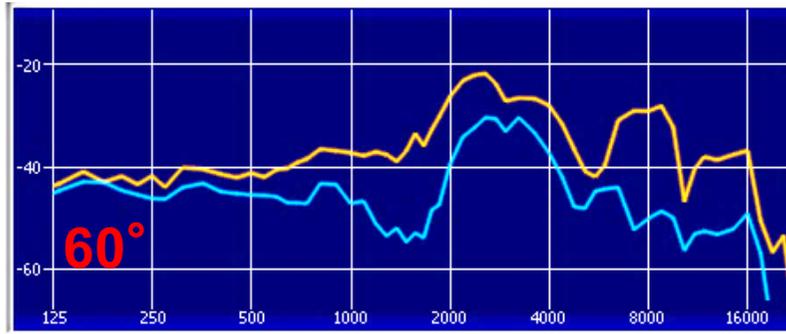
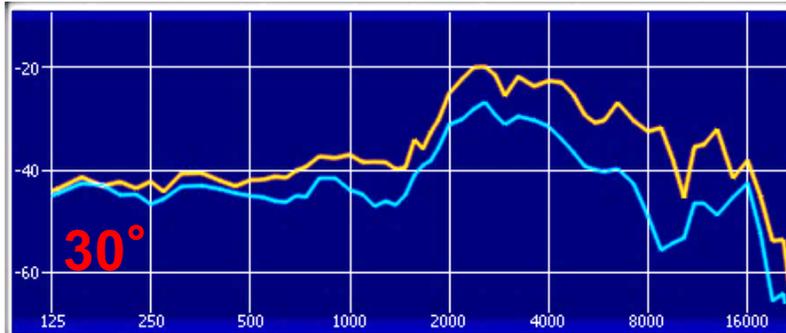
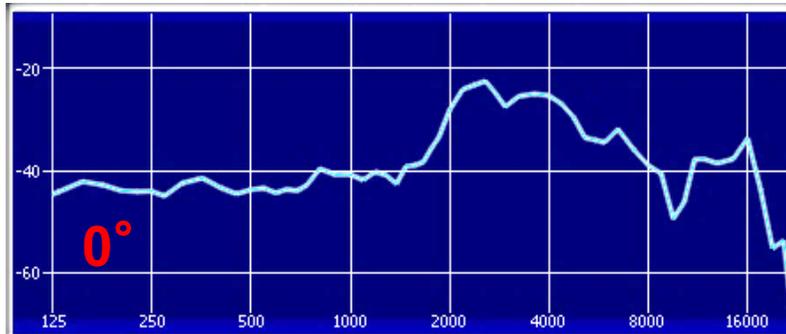
[Index of /data/database/mit](https://index.of/data/database/mit)

mit_kemar_large_pinna.sofa



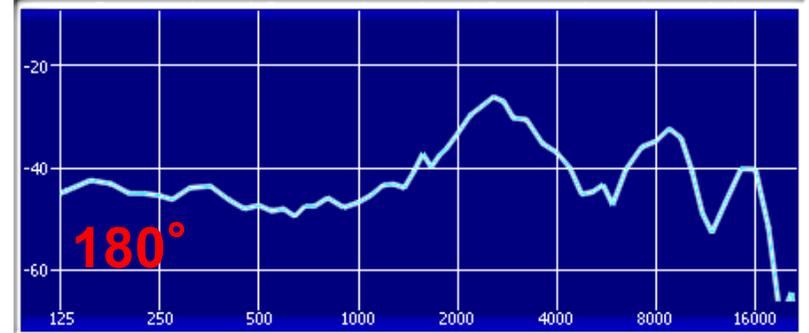
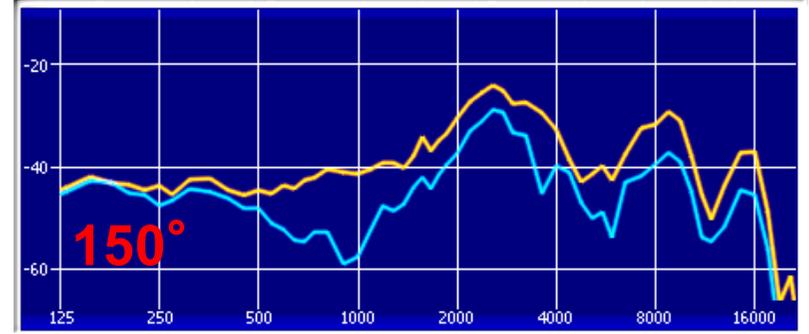
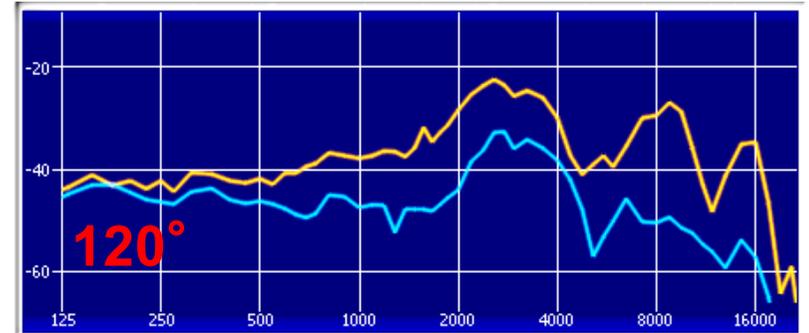
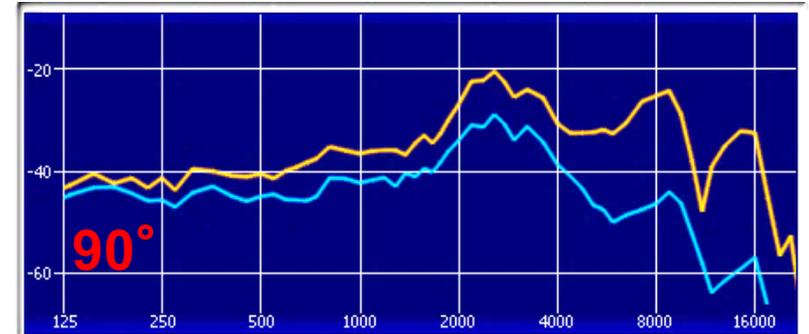
HRTF **KEMAR** du MIT Oreilles Larges ♂

— Oreille Ipsilatérale
— Oreille Contralatérale



[Index of /data/database/mit](https://index.of/data/database/mit)

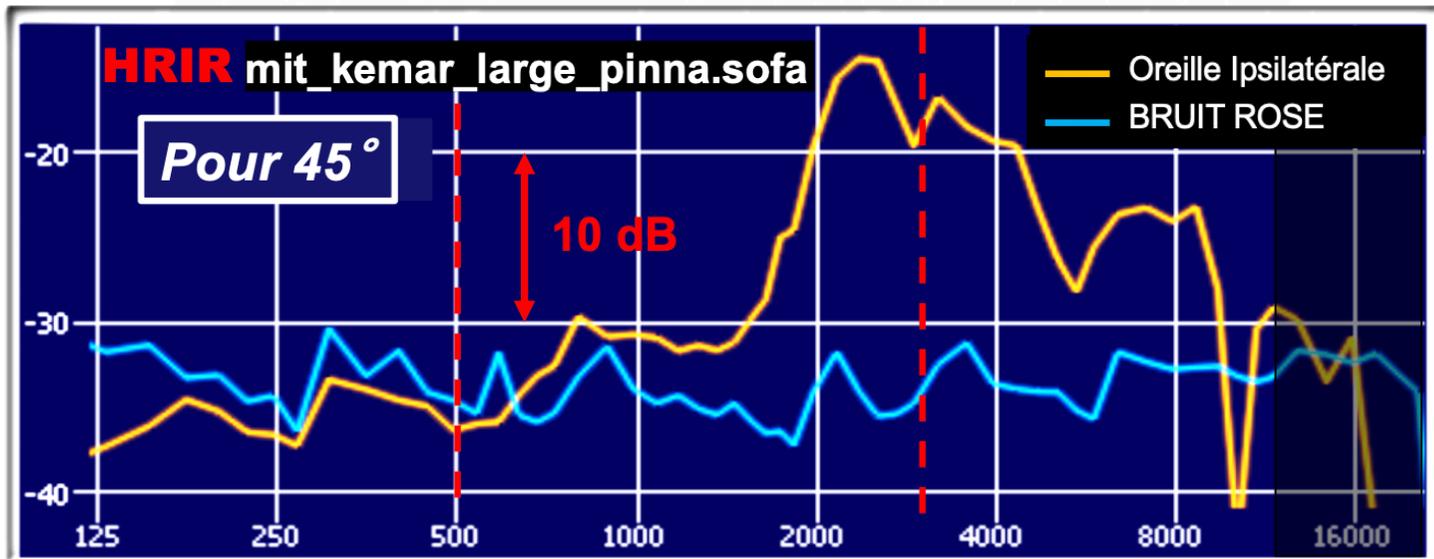
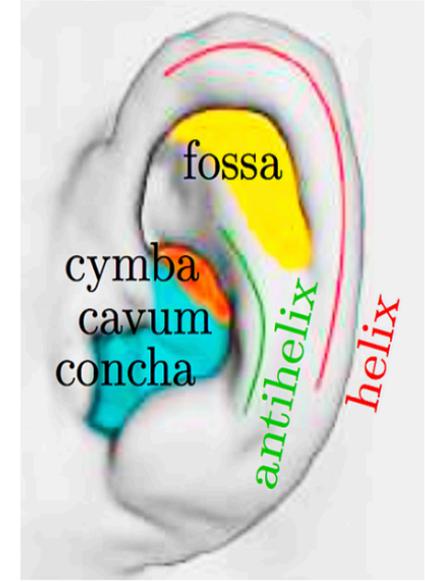
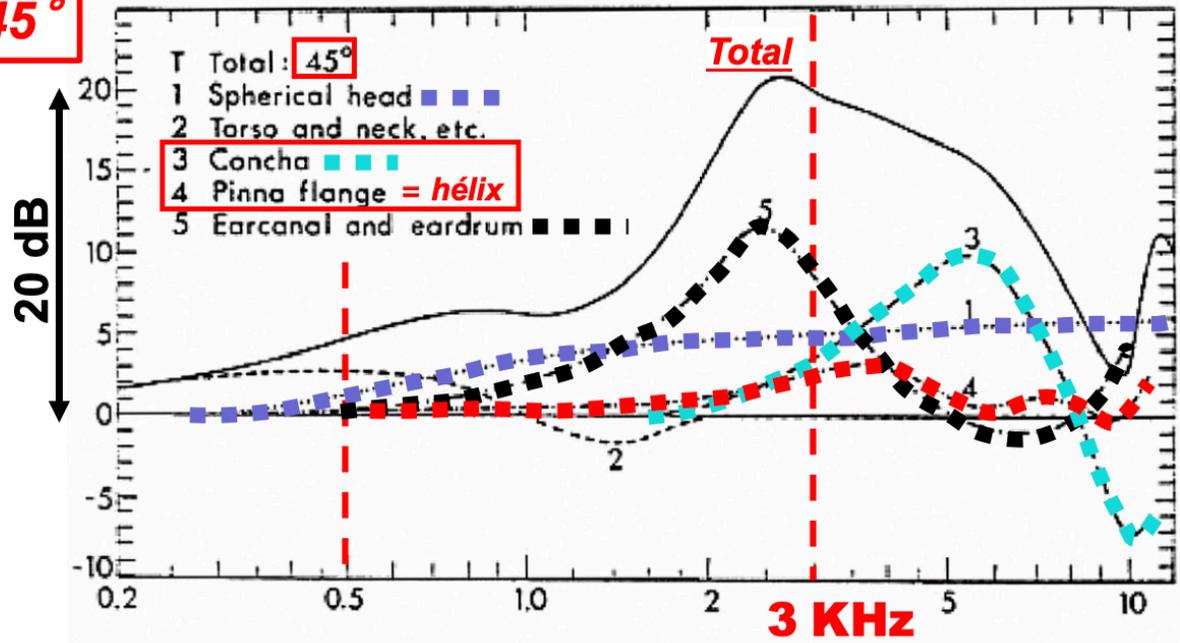
mit_kemar_large_pinna.sofa



2D

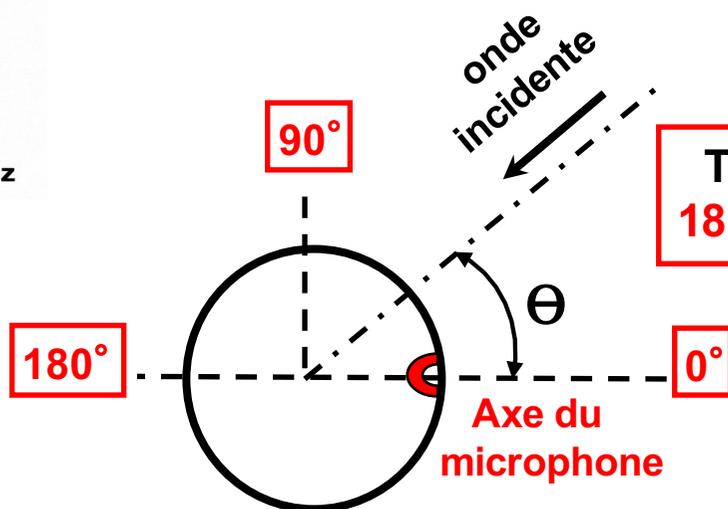
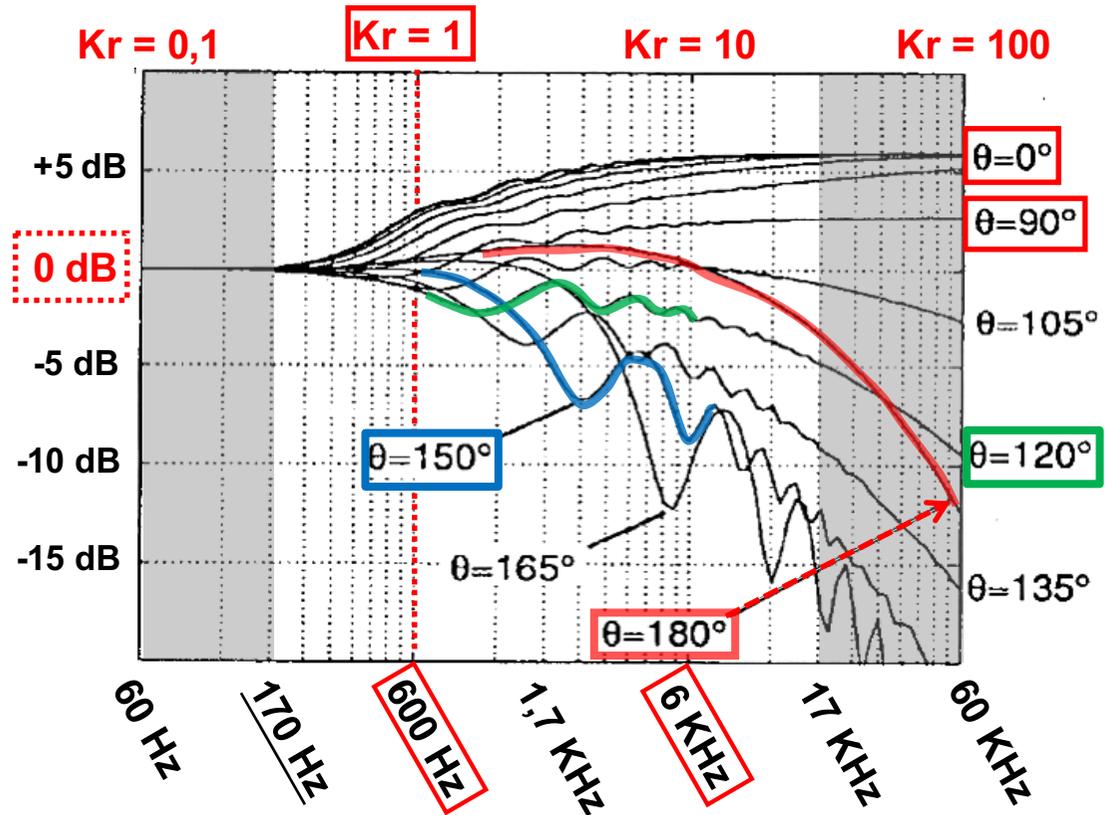
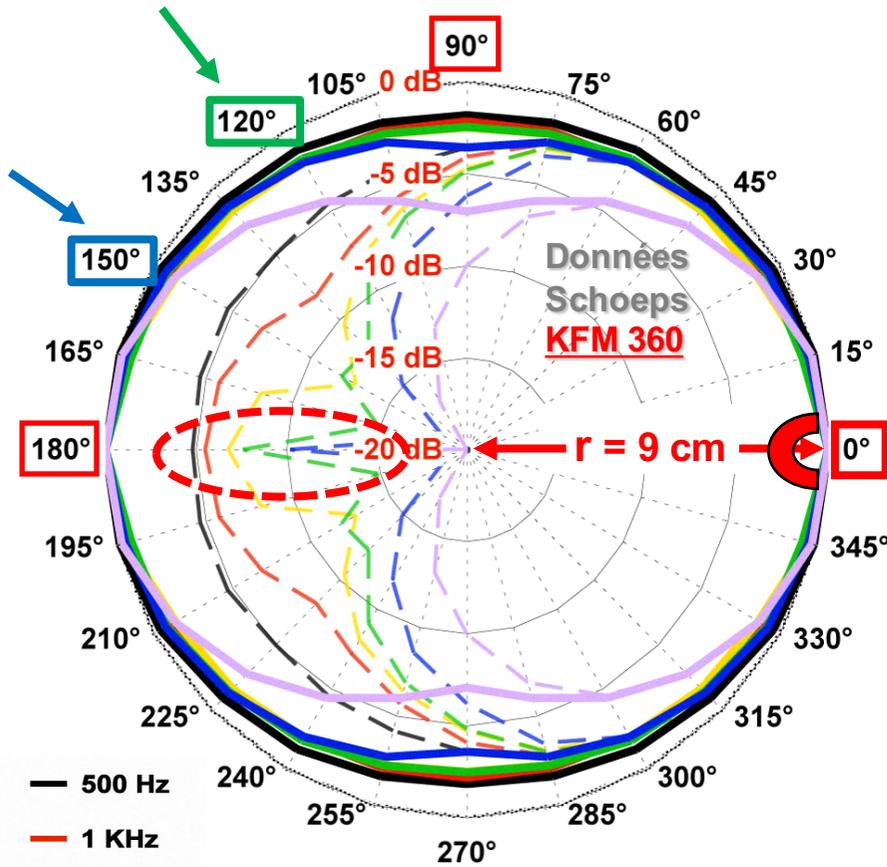
Gain acoustique, également appelé « gain étymotique » ou « Fonction de Transfert » **HRTF** de l'oreille externe

Pour 45°



DIFFRACTION DE LA TÊTE HUMAINE :

Modèle = Sphère de **18 cm** de \varnothing



Tour de tête pour
18 cm de $\varnothing = 56,5 \text{ cm}$

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

Pour $Kr = 1$:

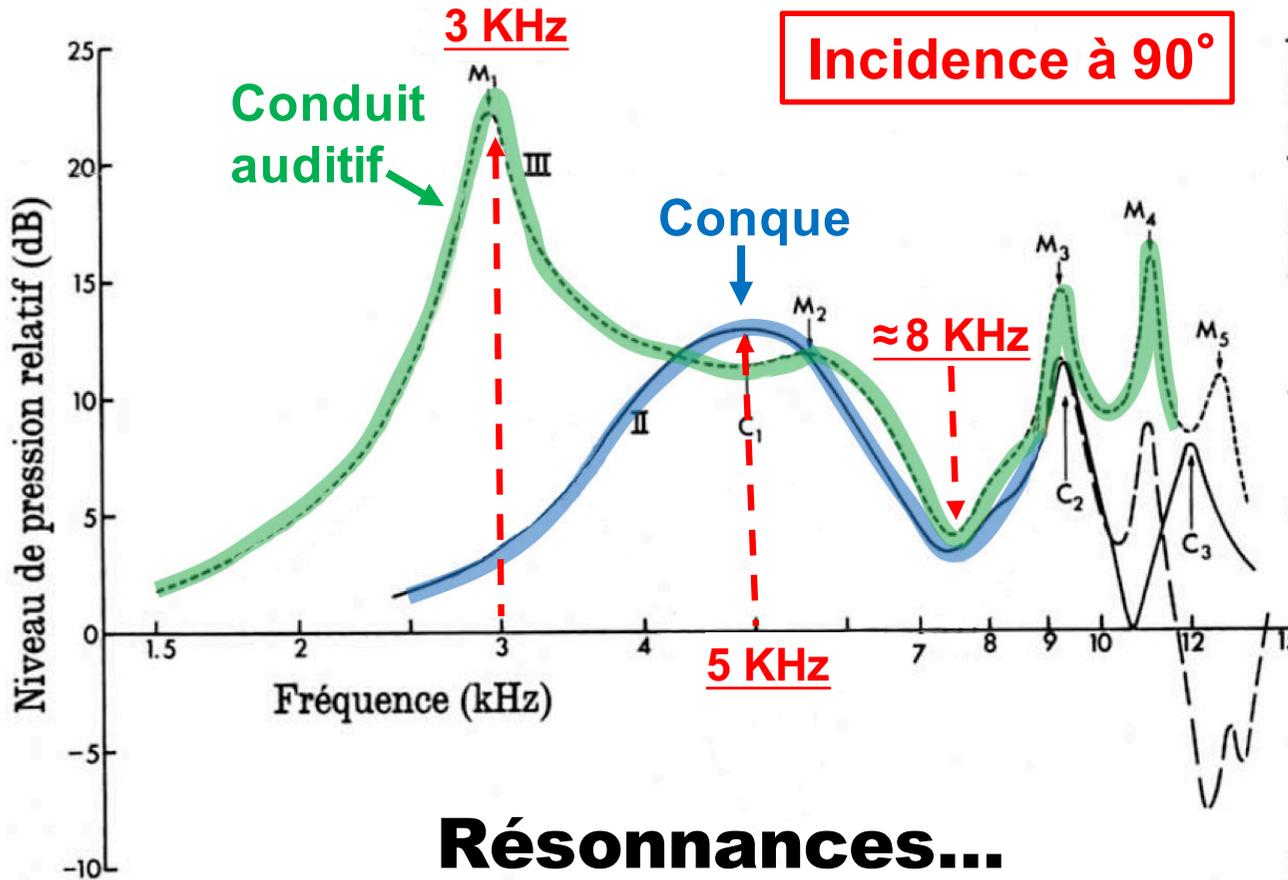
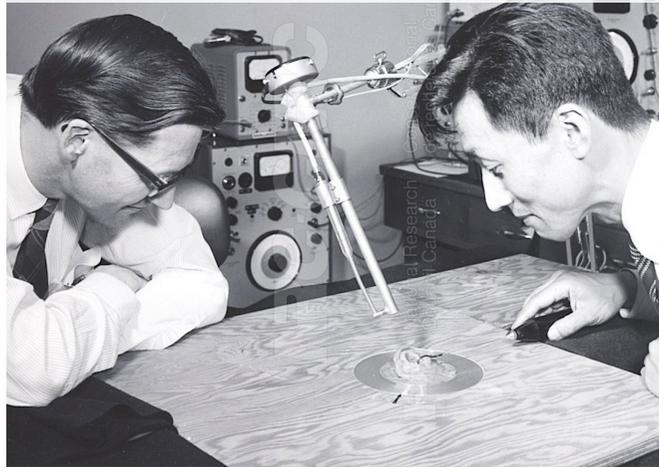
$$F = C / (2\pi r)$$

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

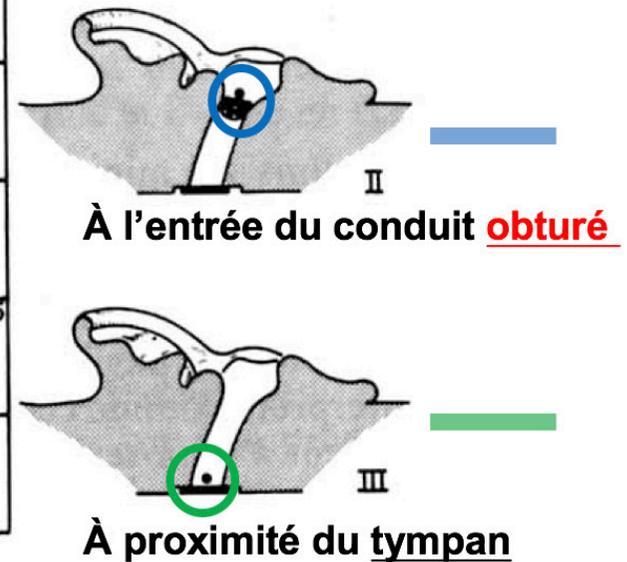
(C = Célérité du son)



Shaw et Teranishi, 1968

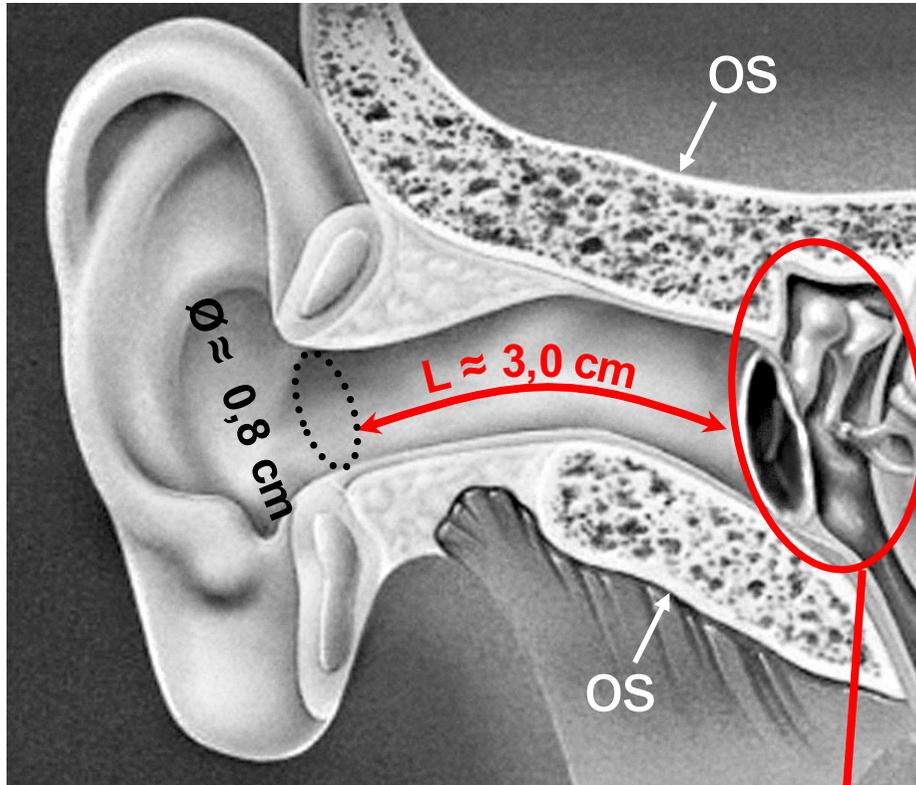


Shaw EAG, Teranishi R (1968). Sound pressure generated in an external-ear replica and real human ears by a nearby point source. J Acoust Soc Am 44:240-249



RÉSONNANCES DU CONDUIT AUDITIF EN $\lambda/4$:

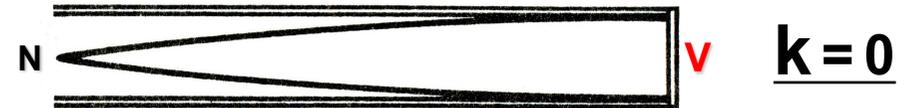
L'OREILLE EXTERNE



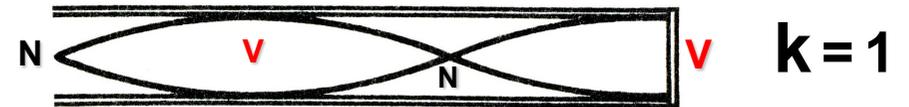
$$F = (2k+1) \frac{C}{4L + 0,82r}$$

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

Fondamental $F = 2,7 \text{ KHz}$



1^{ère} Harmonique $F = 8,3 \text{ KHz}$



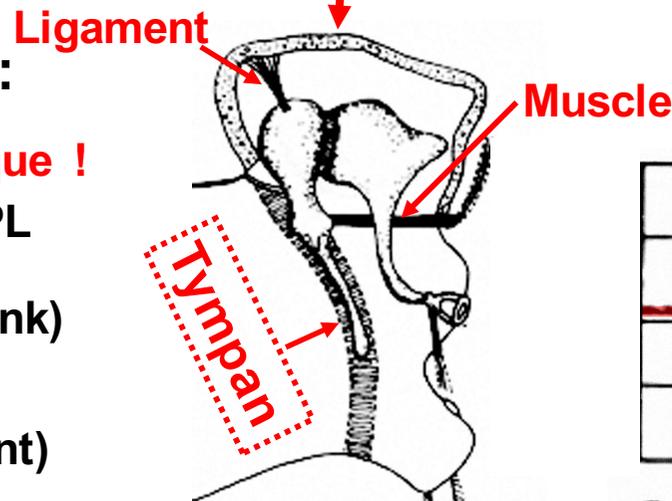
$V =$ [VENTRE DE PRESSION
MAX DE PRESSION

Le reflex stapédien :

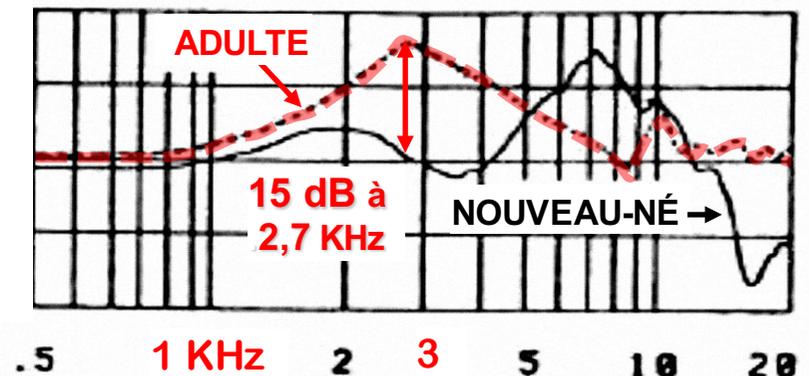
Limiteur Stéréo Organique !

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



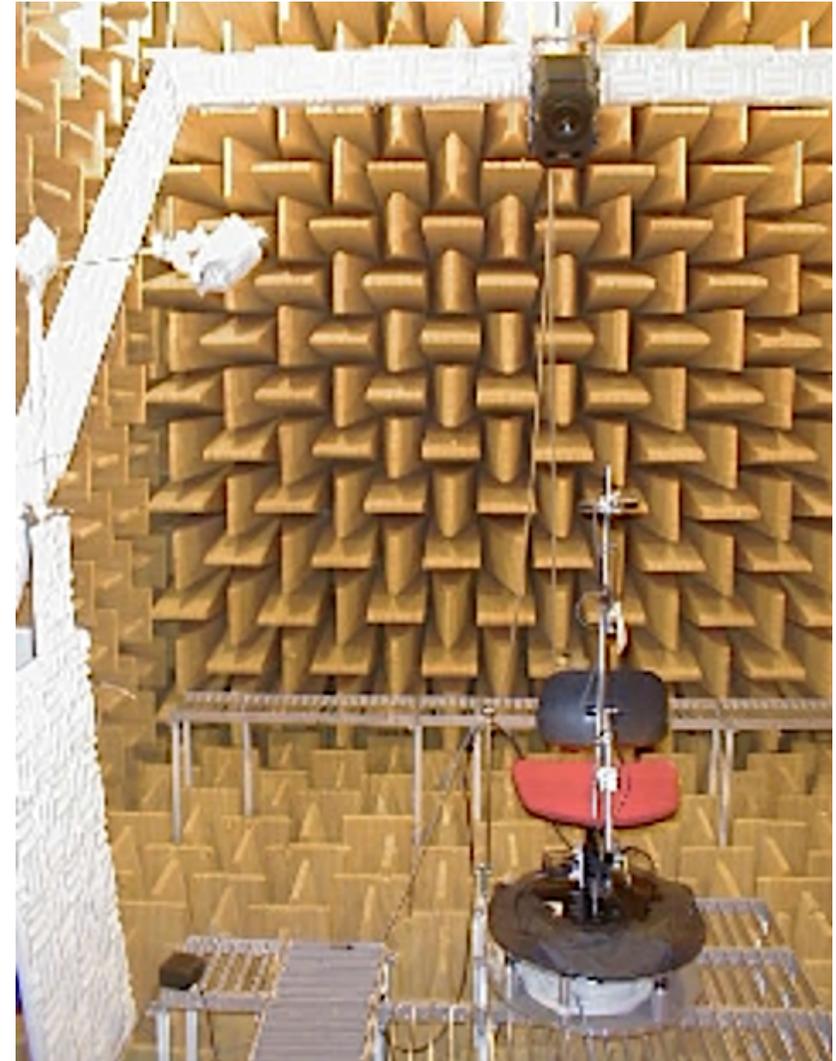
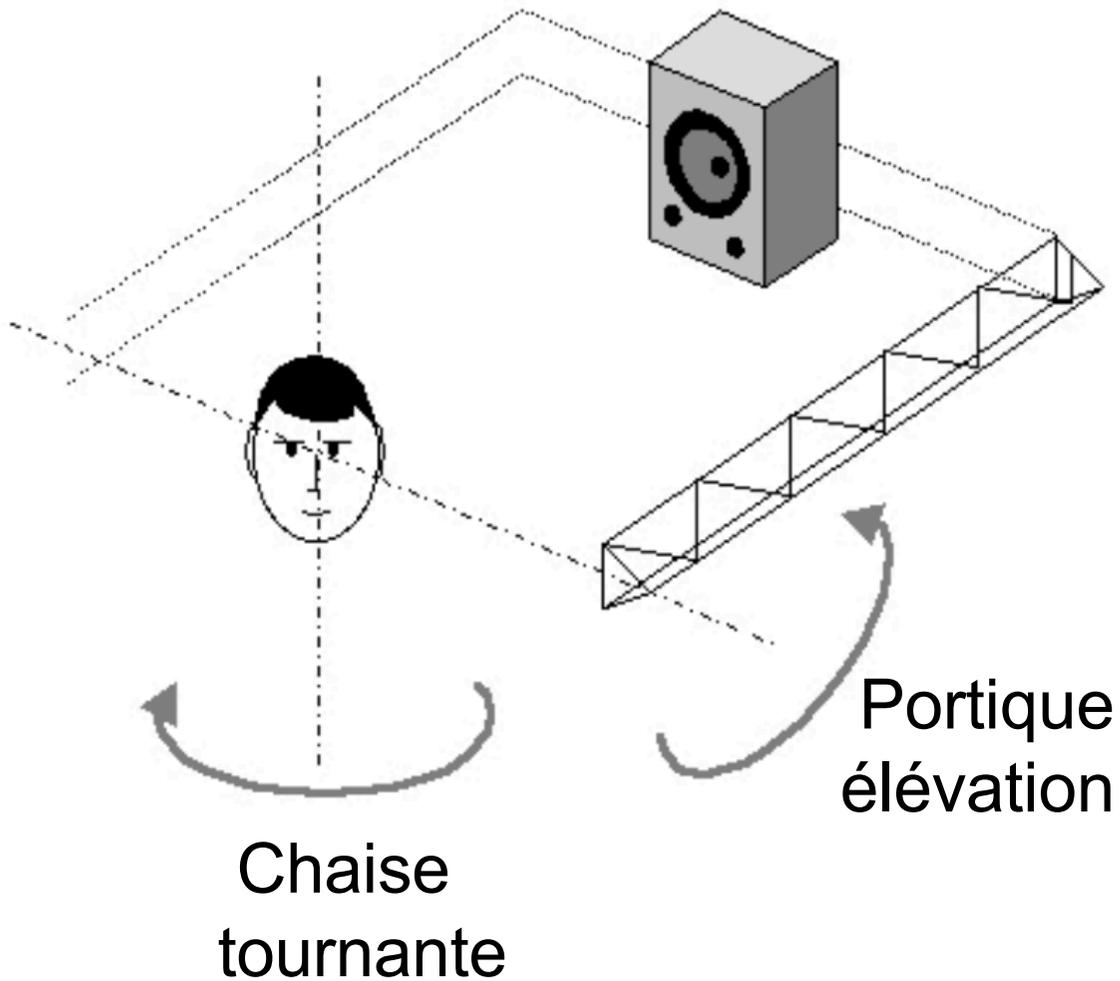
B. Kruger & R. Ruben, 1987



Mesures des Indices Spectraux (IS) = 3D

IRCAM

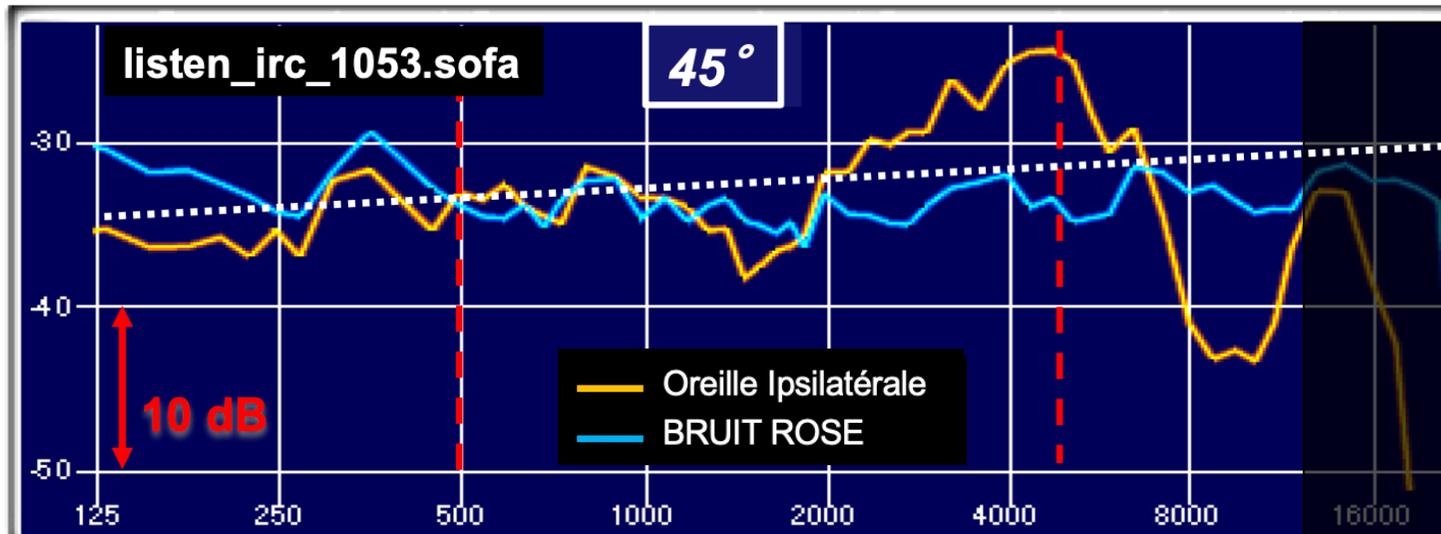
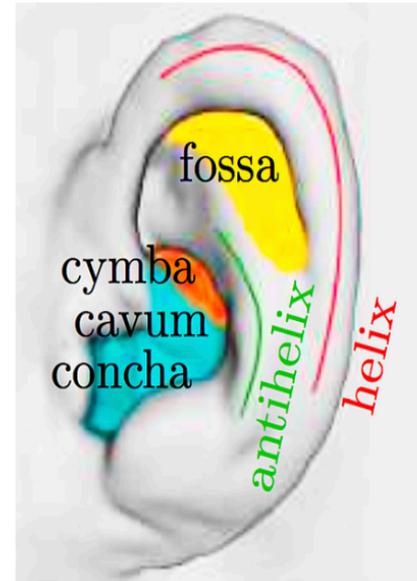
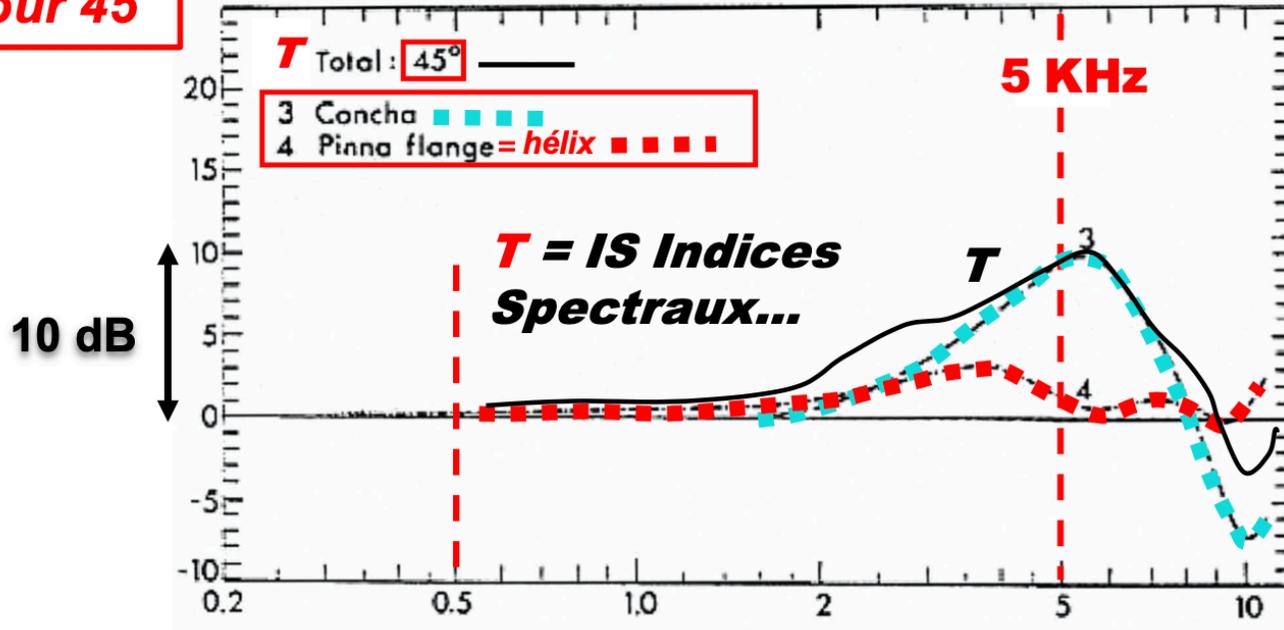
Configuration mécanique



2D

« Fonction de Transfert » **HRTF** de l'oreille externe
Conduit auditif bouché IRCAM [listen_irc_1053.sofa](#)

Pour 45°



IRCAM
Conduit bouché



IRC_1053

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

ID : IRC53

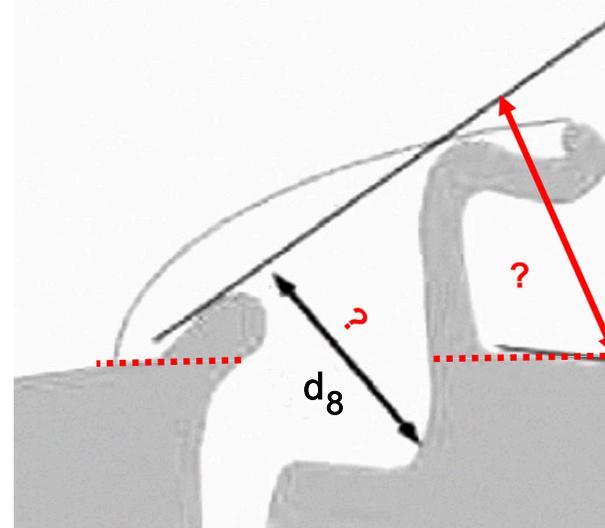
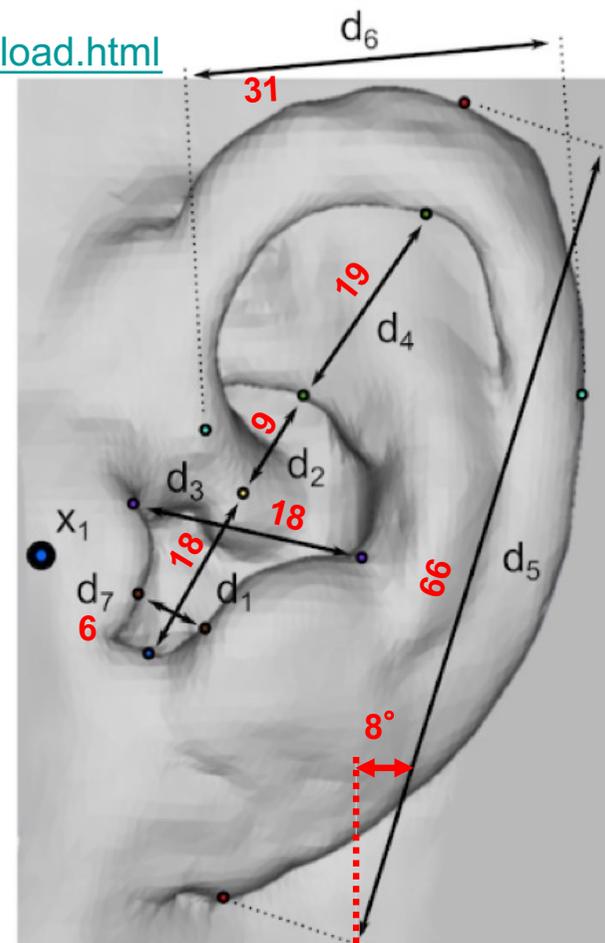
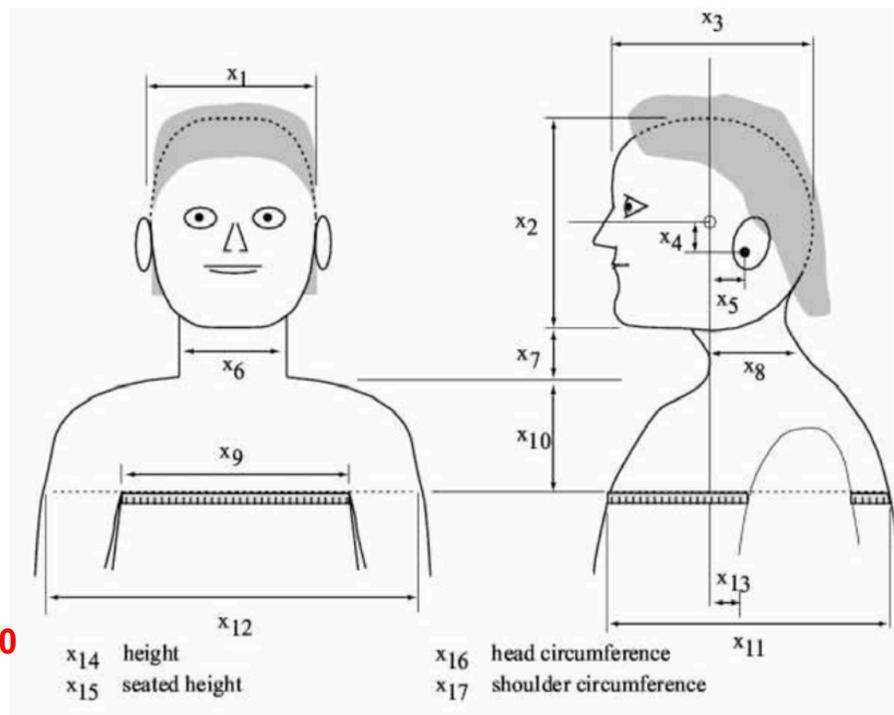
Automne 2002

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

Name	Last modified	Size	Description						
 Parent Directory									
 irc 1002.sofa	2014-03-20 16:26	701K		 irc 1025.sofa	2014-03-20 16:26	704K	 irc 1050.sofa	2014-03-20 16:26	702K
 irc 1003.sofa	2014-03-20 16:26	699K		 irc 1026.sofa	2014-03-20 16:26	699K	 irc 1051.sofa	2014-03-20 16:26	701K
 irc 1004.sofa	2014-03-20 16:26	696K		 irc 1028.sofa	2014-03-20 16:26	705K	 irc 1052.sofa	2014-03-20 16:26	699K
 irc 1005.sofa	2014-03-20 16:26	698K		 irc 1029.sofa	2014-03-20 16:26	702K	 irc 1053.sofa	2014-03-20 16:26	702K
 irc 1006.sofa	2014-03-20 16:26	698K		 irc 1030.sofa	2014-03-20 16:26	698K	 irc 1054.sofa	2014-03-20 16:26	699K
 irc 1007.sofa	2014-03-20 16:26	702K		 irc 1031.sofa	2014-03-20 16:26	703K	 irc 1055.sofa	2014-03-20 16:26	694K
 irc 1008.sofa	2014-03-20 16:26	698K		 irc 1032.sofa	2014-03-20 16:26	698K	 irc 1056.sofa	2014-03-20 16:26	703K
 irc 1009.sofa	2014-03-20 16:26	699K		 irc 1033.sofa	2014-03-20 16:26	700K	 irc 1057.sofa	2014-03-20 16:26	701K
 irc 1012.sofa	2014-03-20 16:26	699K		 irc 1034.sofa	2014-03-20 16:26	704K	 irc 1058.sofa	2014-03-20 16:26	704K
 irc 1013.sofa	2014-03-20 16:26	697K		 irc 1037.sofa	2014-03-20 16:26	698K	 irc 1059.sofa	2014-03-20 16:26	701K
 irc 1014.sofa	2014-03-20 16:26	697K		 irc 1038.sofa	2014-03-20 16:26	700K			
 irc 1015.sofa	2014-03-20 16:26	699K		 irc 1039.sofa	2014-03-20 16:26	697K			
 irc 1016.sofa	2014-03-20 16:26	705K		 irc 1040.sofa	2014-03-20 16:26	698K			
 irc 1017.sofa	2014-03-20 16:26	704K		 irc 1041.sofa	2014-03-20 16:26	699K			
 irc 1018.sofa	2014-03-20 16:26	703K		 irc 1042.sofa	2014-03-20 16:26	700K			
 irc 1020.sofa	2014-03-20 16:26	701K		 irc 1043.sofa	2014-03-20 16:26	698K			
 irc 1021.sofa	2014-03-20 16:26	704K		 irc 1044.sofa	2014-03-20 16:26	697K			
 irc 1022.sofa	2014-03-20 16:26	702K		 irc 1045.sofa	2014-03-20 16:26	699K			
 irc 1023.sofa	2014-03-20 16:26	703K		 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			

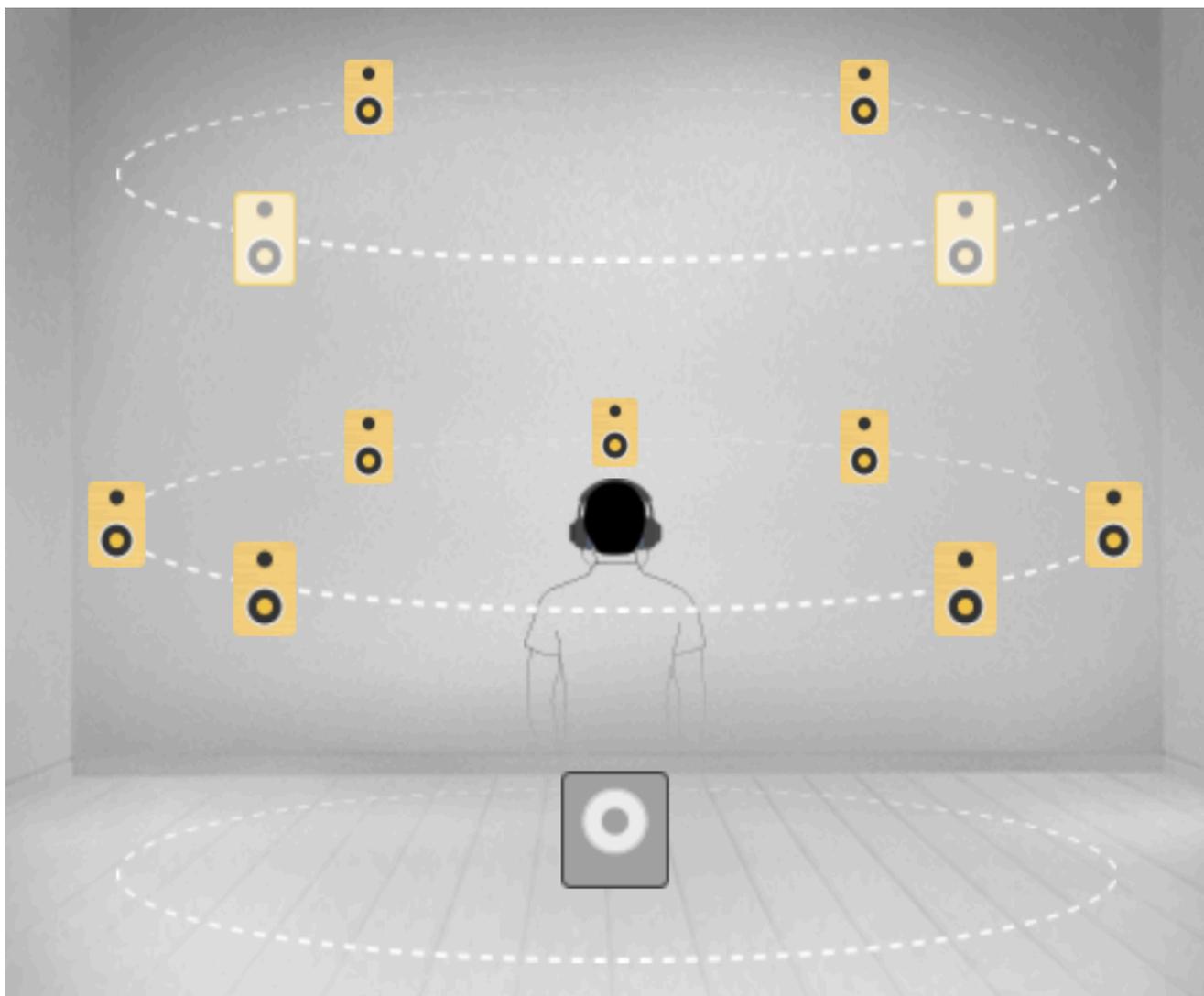
Apache/2.4.29 (Ubuntu) Server at sofacoustics.org Port 80

Écoute irc :

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

BINAURALISEUR STUDIO 2

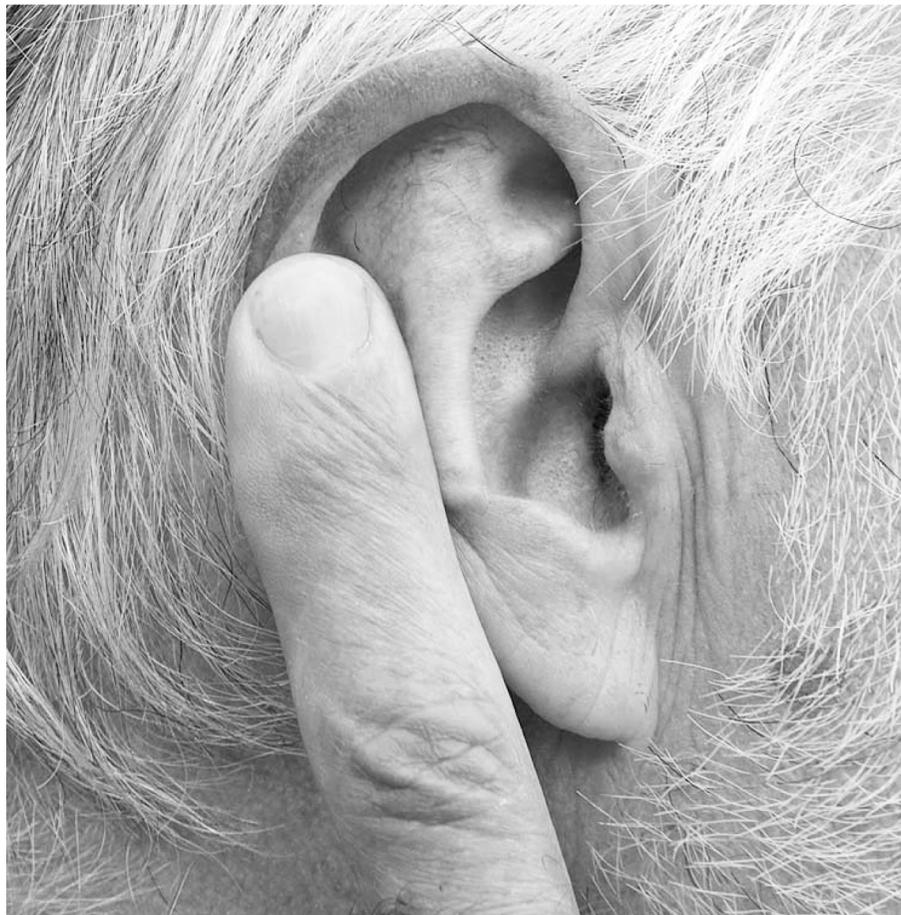
IN
HPs
7.1.4



OUT
Binaural 2.0
au casque...

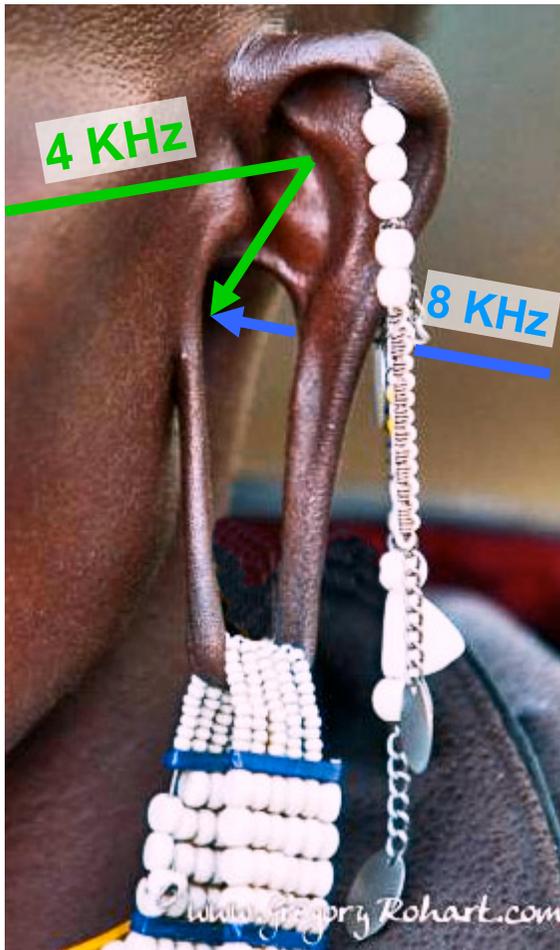
VOUS PARLEZ...

Modification des IS :
Indices Spectraux...



Modifications des **HRTF**.

Head Related Transfert Function = iS + Résonances + Diffractions...



Oreille de guerrier Maasäi.
(Optimisée dans le plan azimutal...)



L'oreille externe :

Réflexion (et diffusion) pour un objet de dimension $\geq 1/2 \times \lambda$



PAVILLON pour l'espace *frontal*

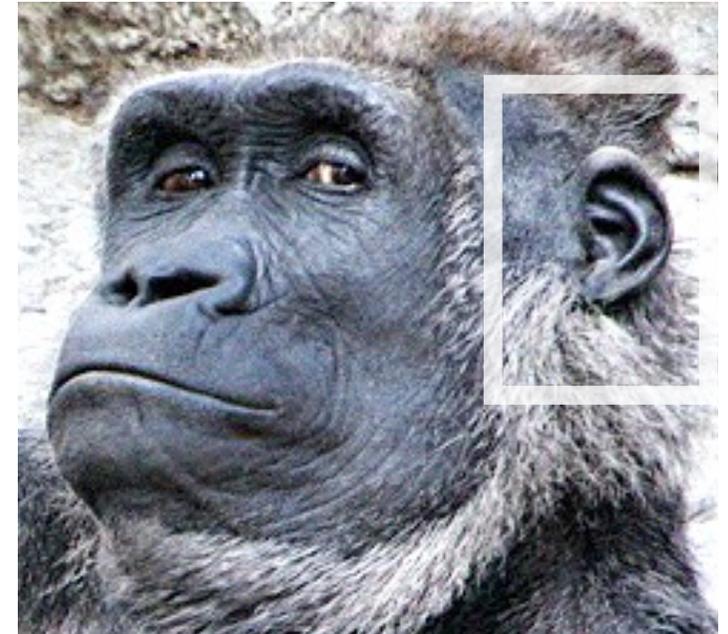
4 cm $\approx 1/2 \times \lambda$ à 4 kHz

2 cm $\approx 1/2 \times \lambda$ à 8 kHz

TRAGUS pour l'espace *dorsal*

Indices Spectraux (IS) = 3D

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

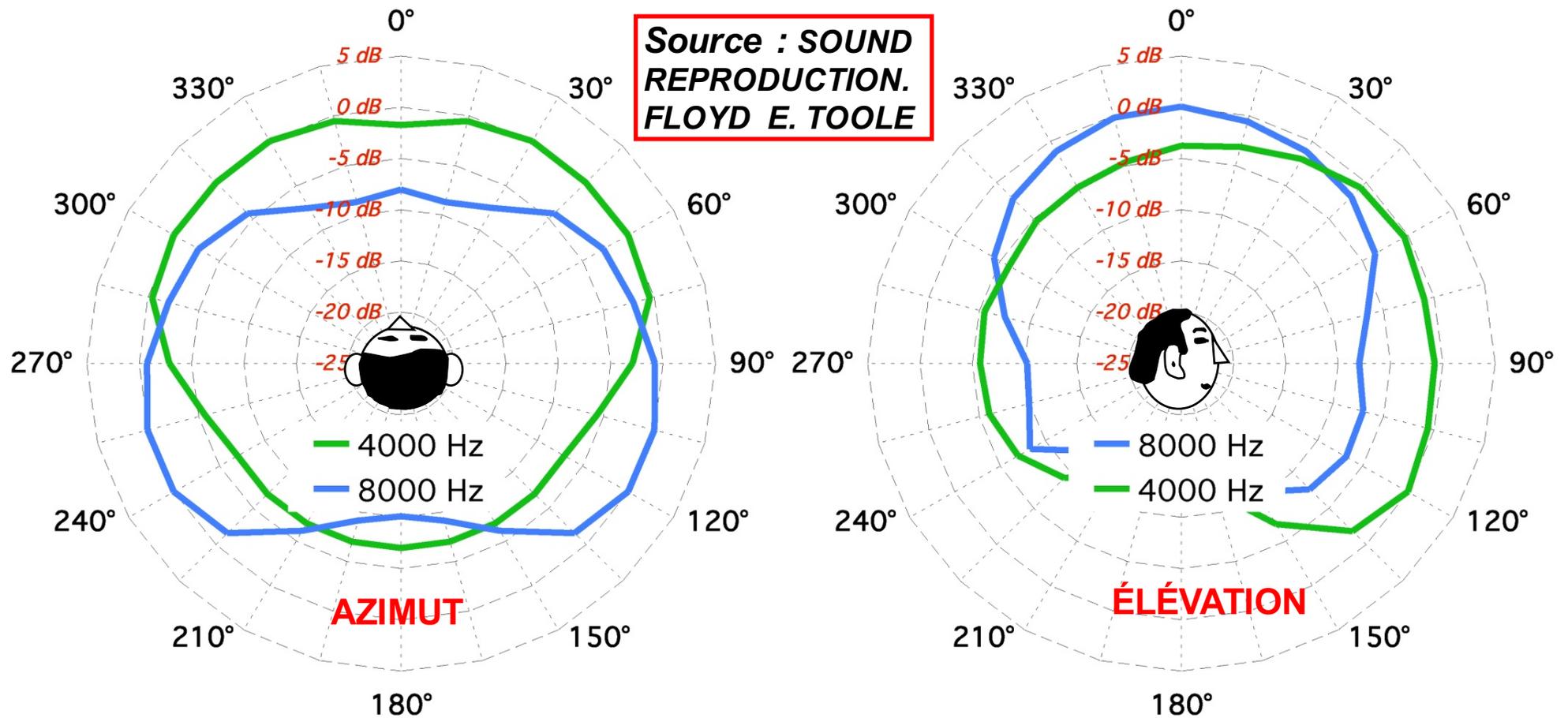


il y a + de 20 Ma !!



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>

438 CHAPTER 19 Psychoacoustics—Explaining What We Measure and Hear

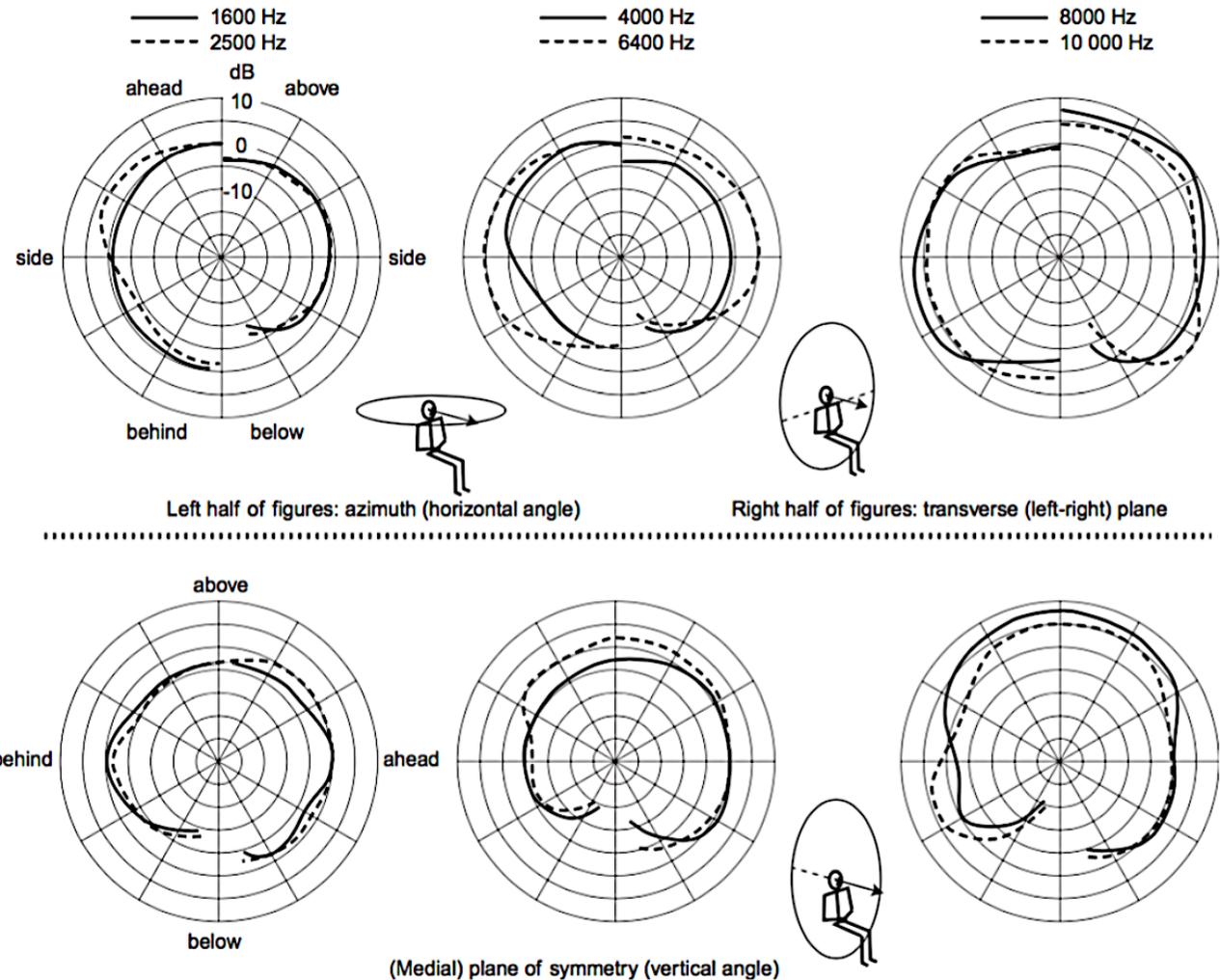
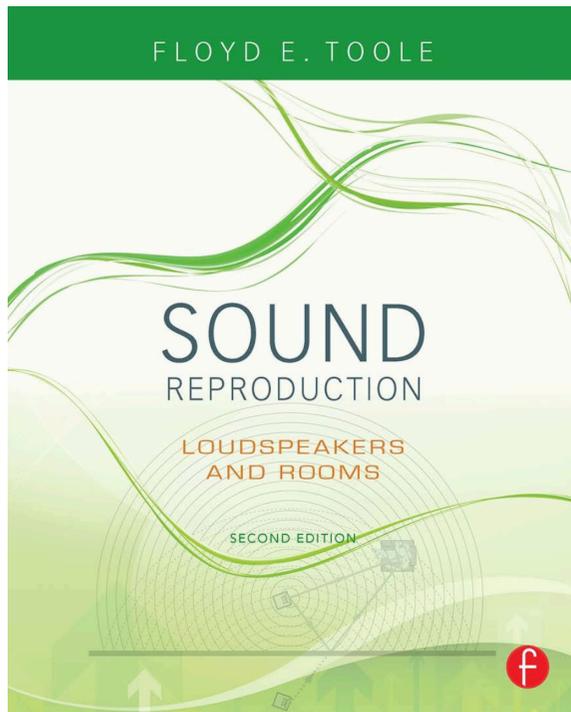
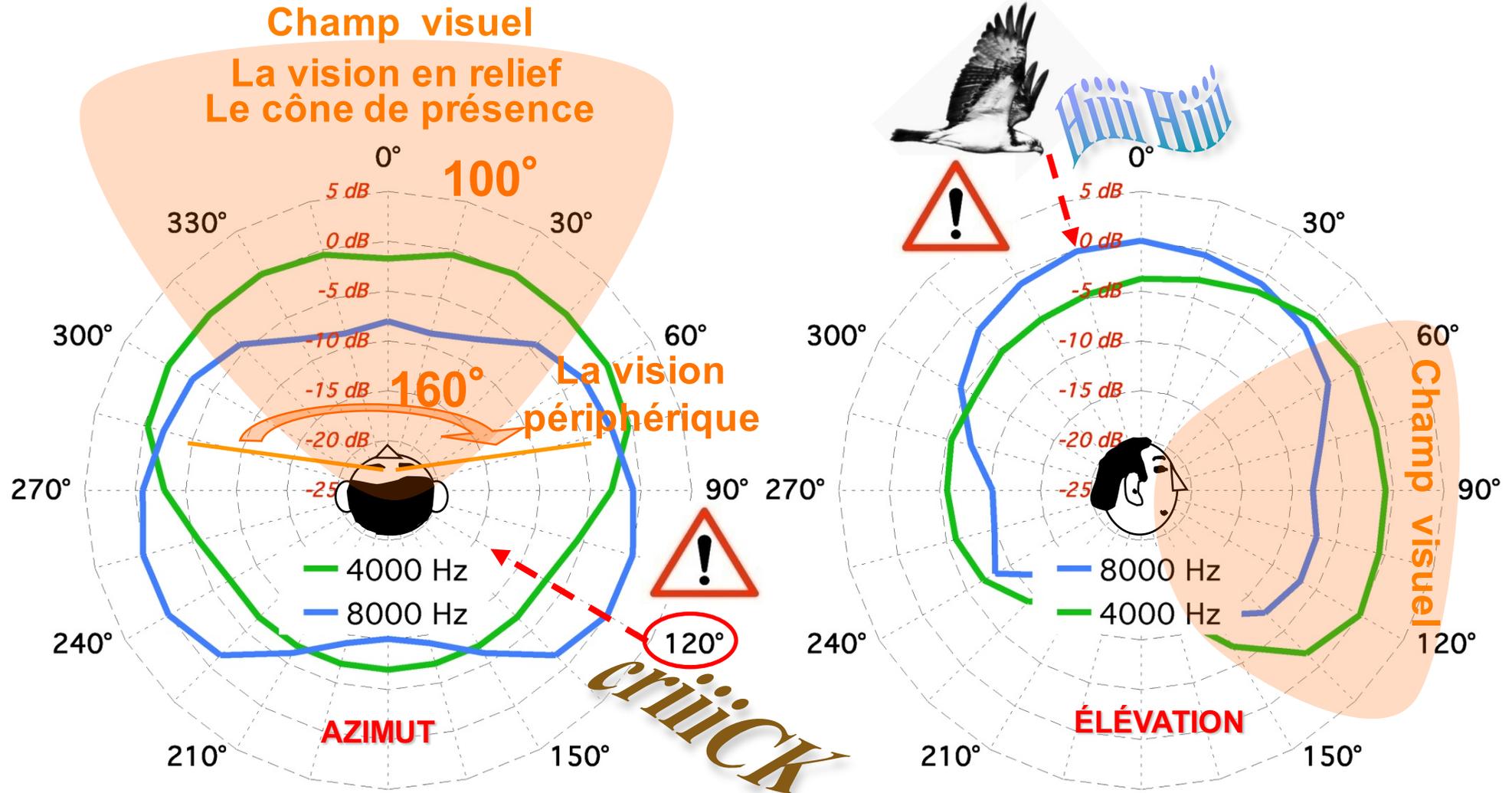


FIGURE 19.6 Hearing thresholds as a function of angle for three rotational axes. The greater the distance from the center of the polar plot, the greater is the perceived loudness. From Robinson and Whittle, 1960.

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...

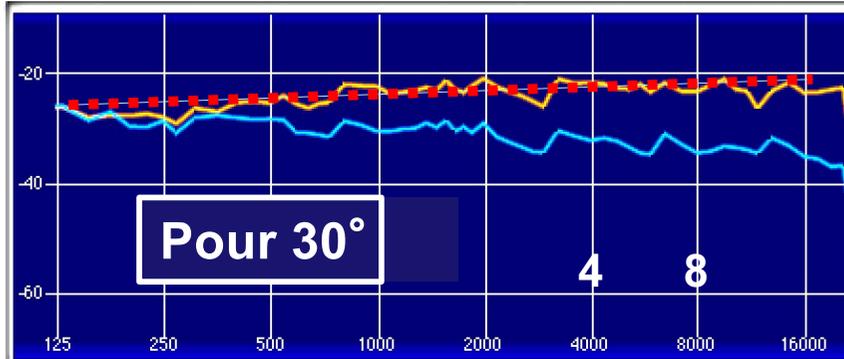
↔ 8 KHz

Rétine Périphérique :

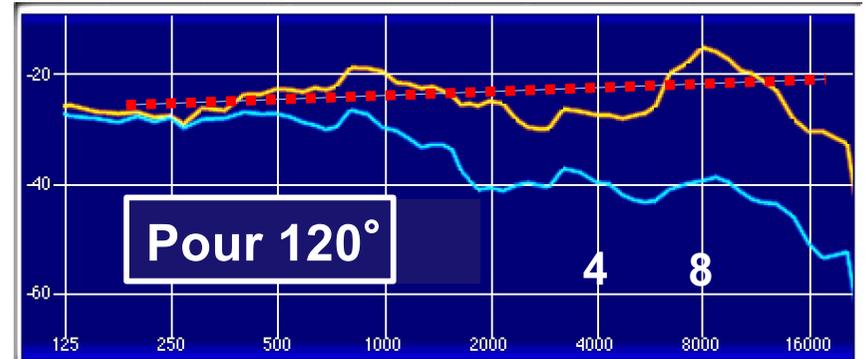
- Présence de bâtonnets
- Forte sensibilité
- Faible pouvoir de discrimination
- Traite les informations relatives au mouvement
- Rôle : Détection de l'information et du 

Le Plug-in **Nx** de WAVES

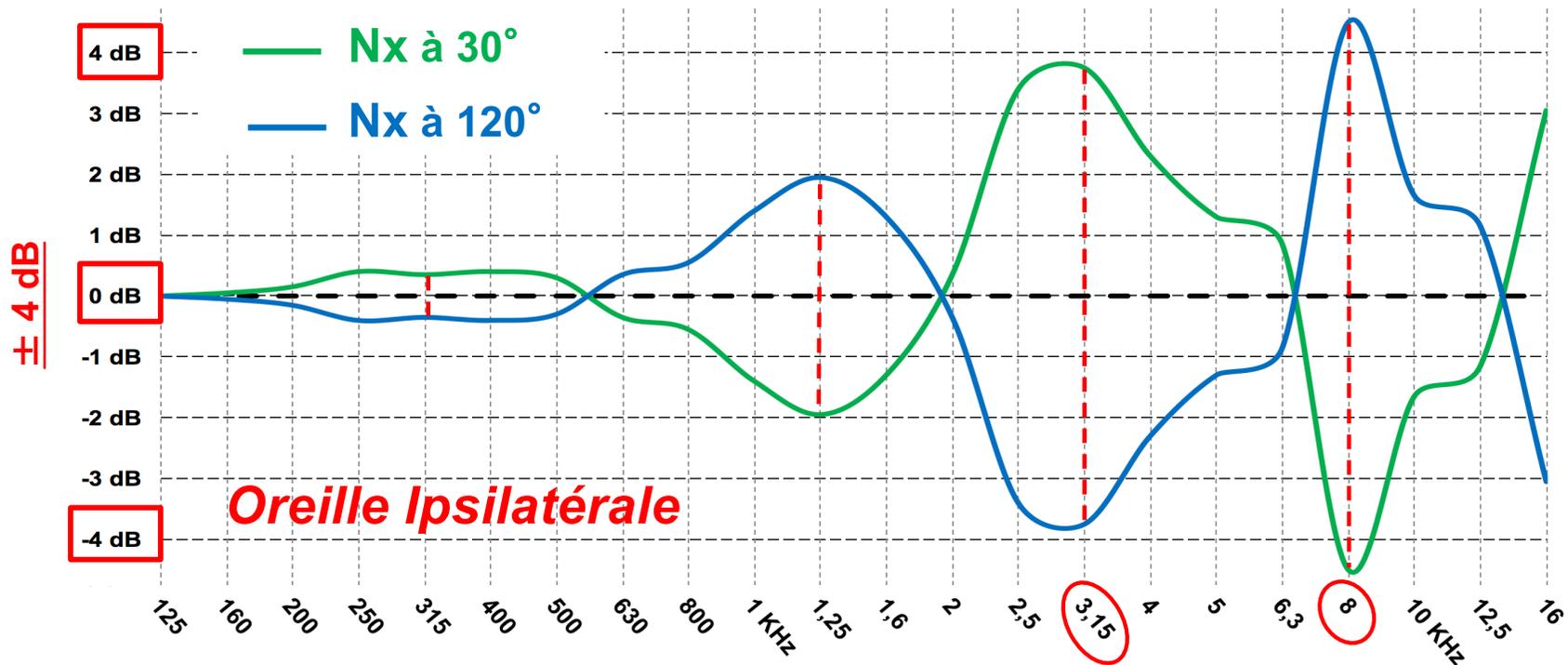
— Oreille Ipsilatérale
— Oreille Contralatérale



En 5.0



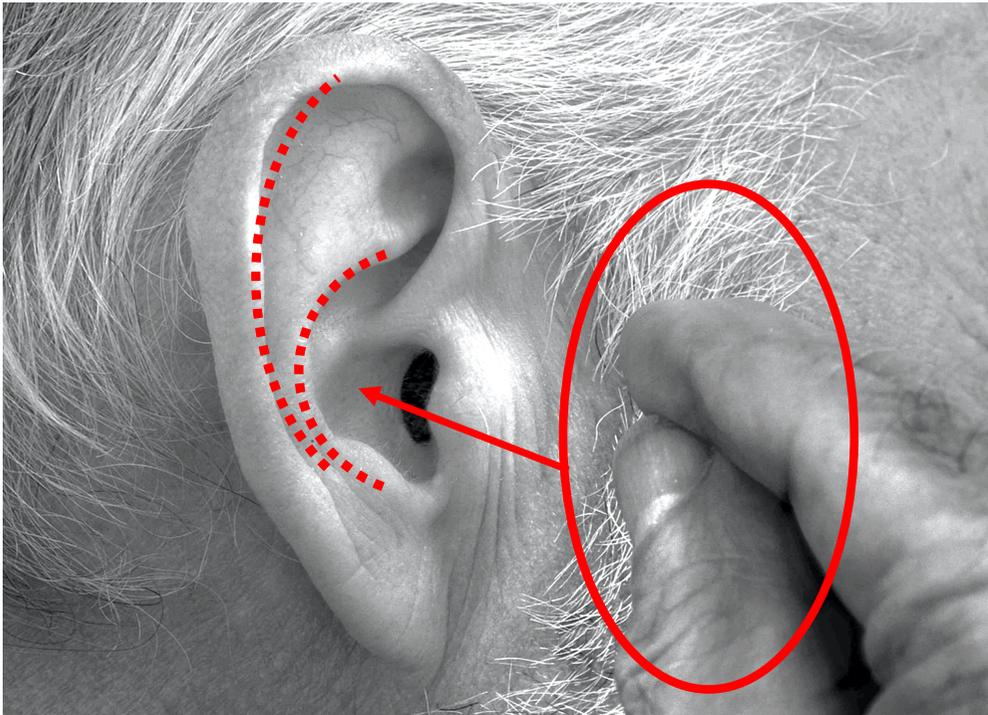
Corrections pour « **Binauraliser** » en **ILD** du **5.0** :



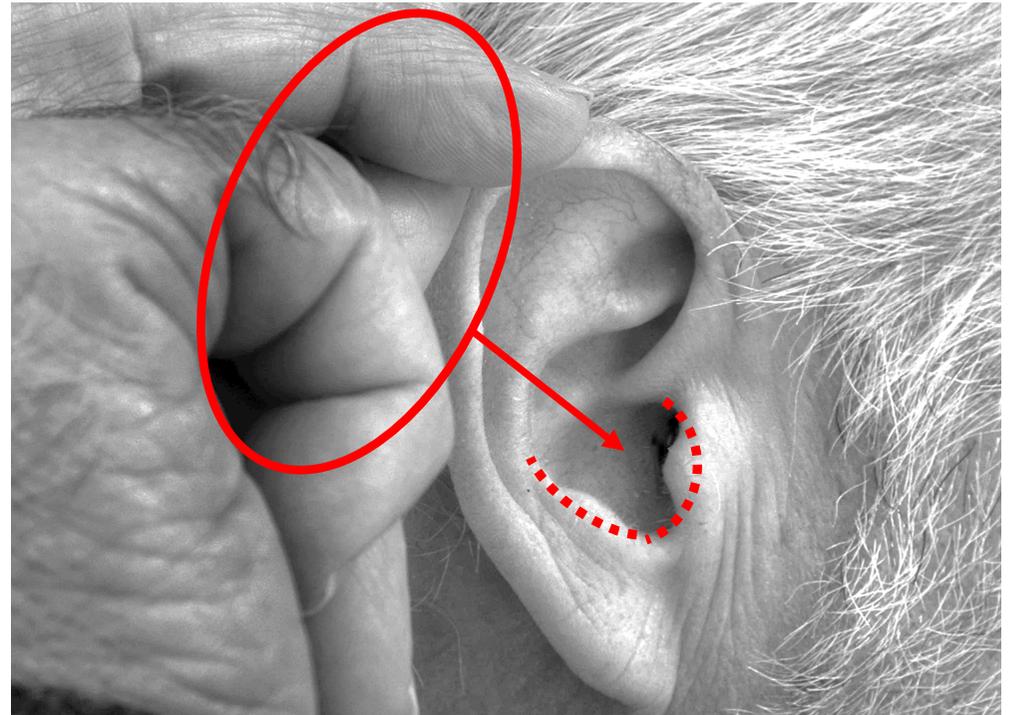
NX 9-91-63-8 Build E 122366 (Cocoa)

Frottement des doigts...

Devant

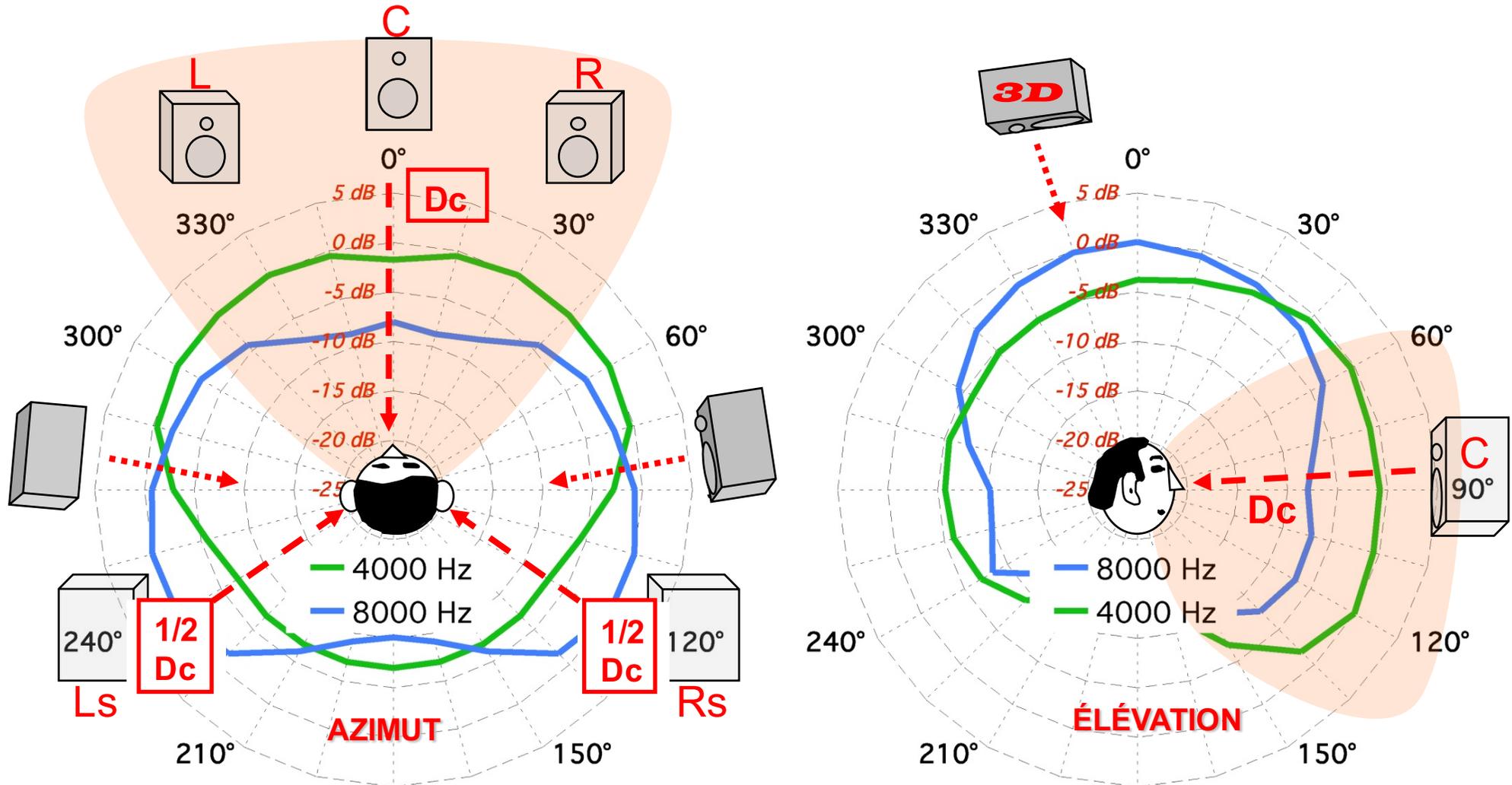


Derrière



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

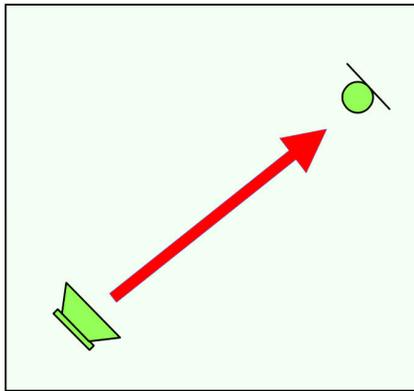
Les **HRTF** de Robinson & Whittle 1960 :



Localisation instable d'une source fantôme entre **R** et **Rs** \Rightarrow **7.0**

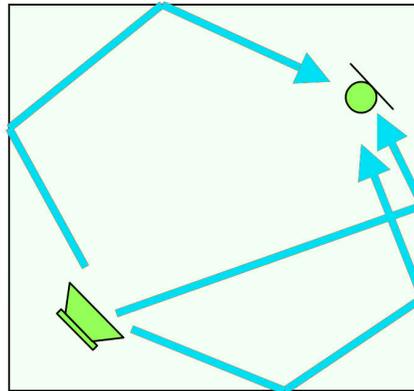
Dc est mal perçue à l'arrière (**Ls Rs**) \Rightarrow délai pour conformité ITU.

CHAMP DIRECT - CHAMP DIFFUS - DISTANCE CRITIQUE D_c



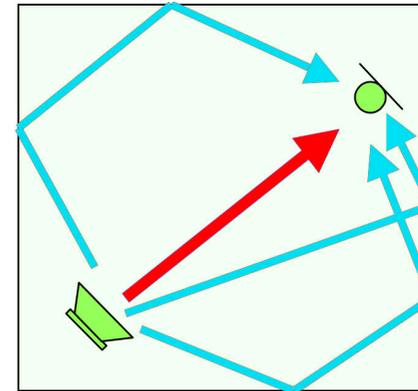
Champ direct

+

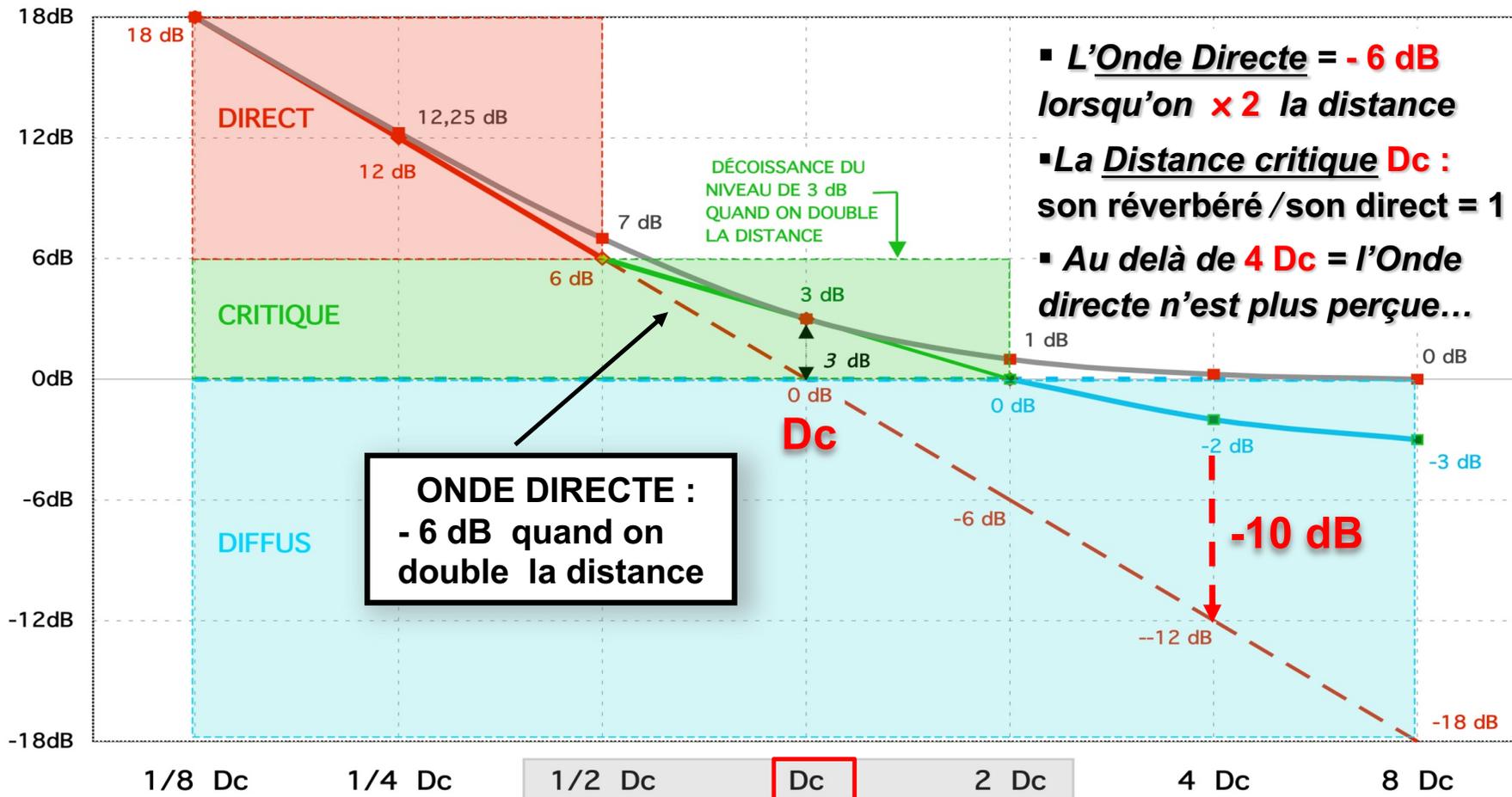


Champ diffus

=



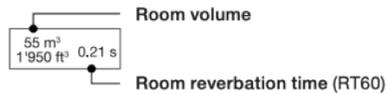
Propagation dans un local



$$D_c \approx 0,057 \cdot \sqrt{Q} \cdot \sqrt{(V / Tr)}$$

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.



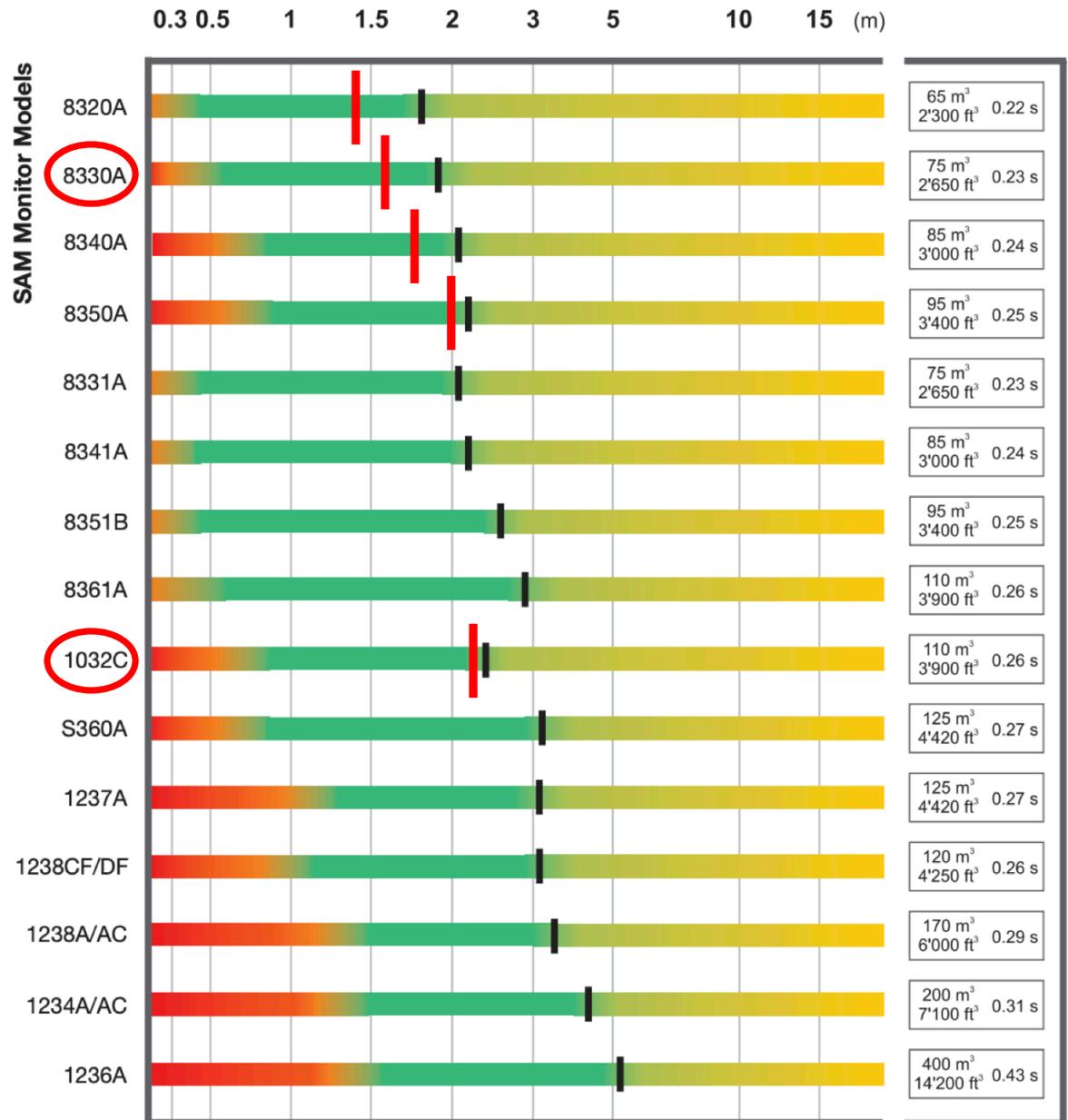
Not Recommended Distances
When the distance to the monitor is too short, summing of sound from multiple drivers is not happening as designed, and this affects the flatness of the frequency response. A flatter and more stable frequency response is obtained by a larger distance.

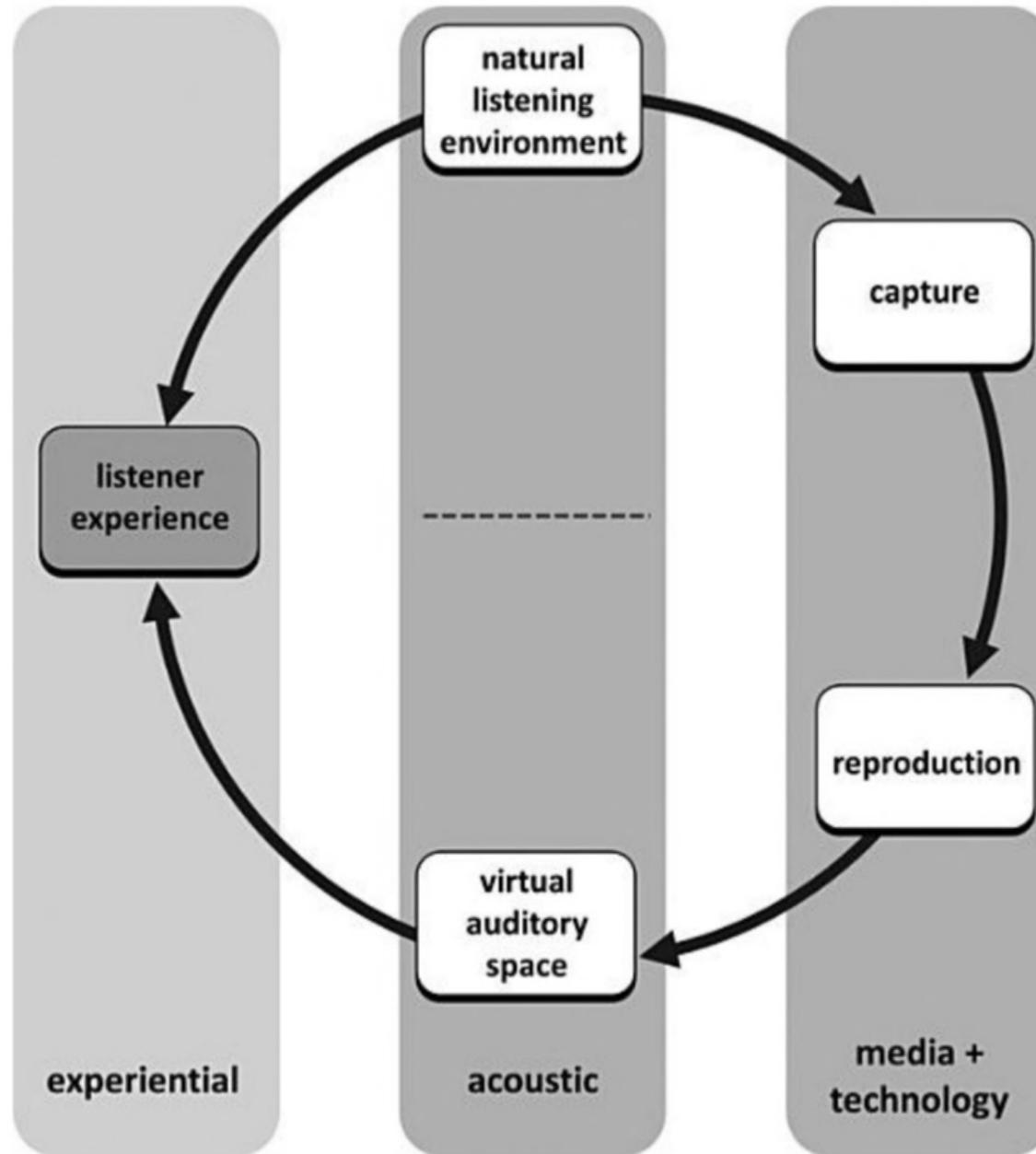
Direct Sound Dominates
Within this distance the direct sound from the monitor has a higher level than the reverberant sound in the room. Placing the monitor within this distance range is advantageous in minimizing the tendency of the room reverberation to change the character of the monitored sound colour 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.

D_c

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.

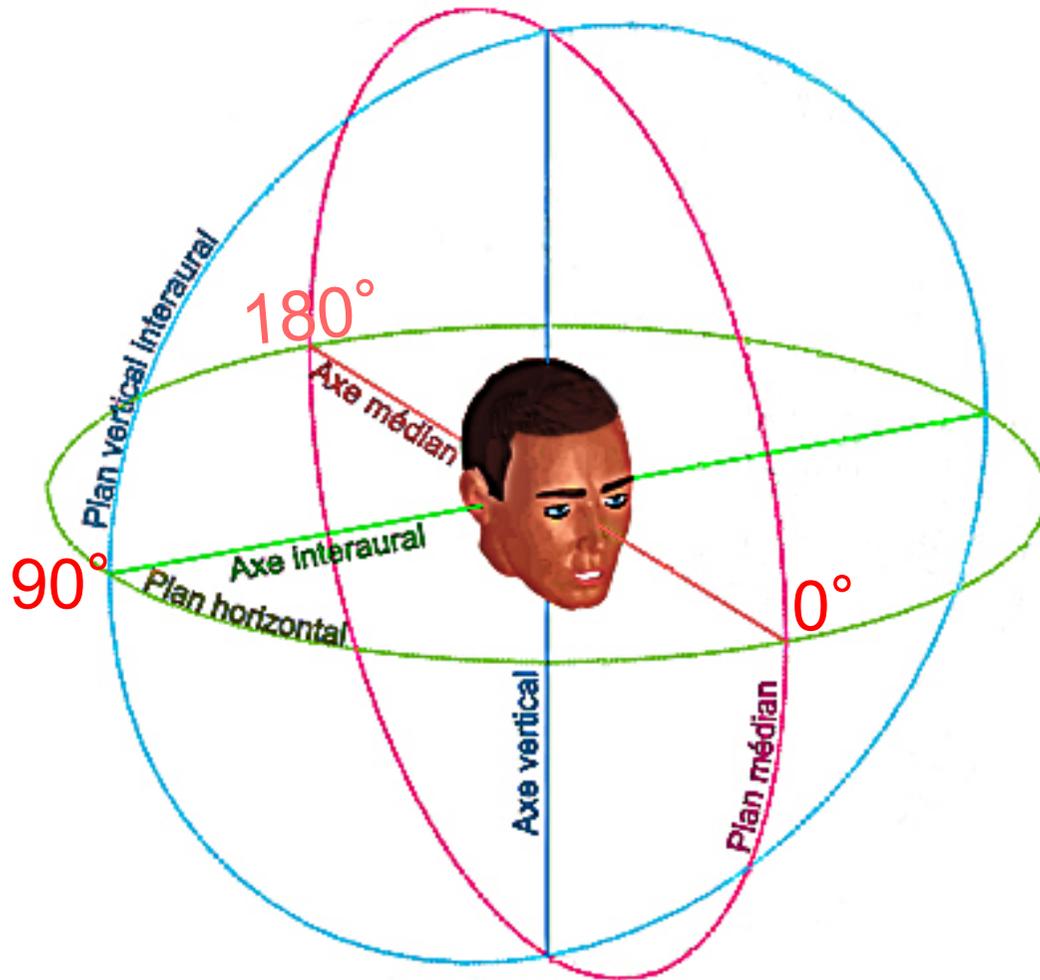




« La connaissance de l'homme ne peut aller au delà de son expérience » John Locke.



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 azimuthal :**

ILD ET ITD = MAX

dans l'axe interaural à 90°

IS L ≠ IS R

Externalisation

3. **Plan vertical ou interaural :**

ILD ET ITD = MAX

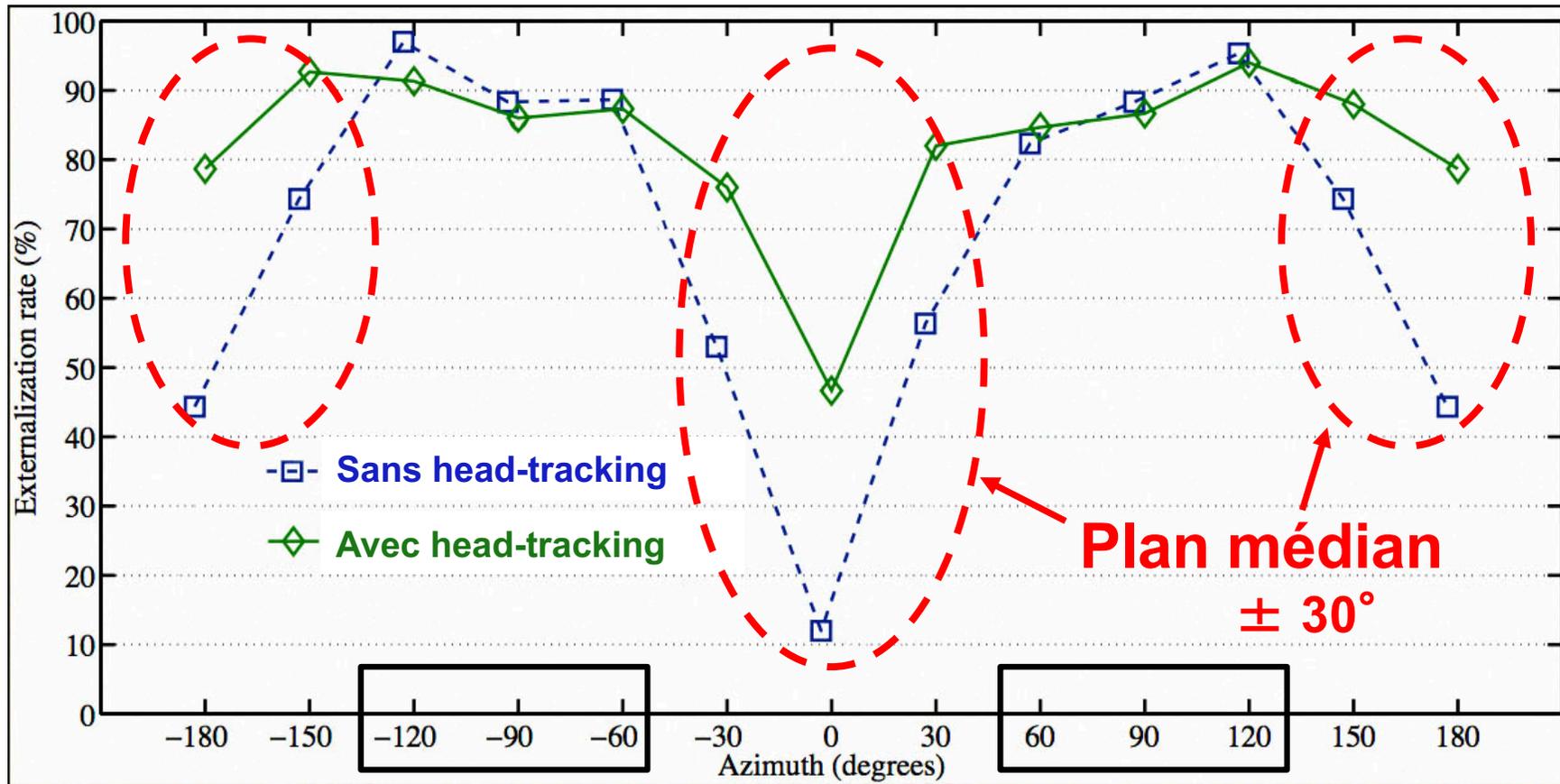
dans l'axe interaural à 90°

IS L ≠ IS R

Externalisation

QUELQUES REMARQUES SUR LE BINAURAL :

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

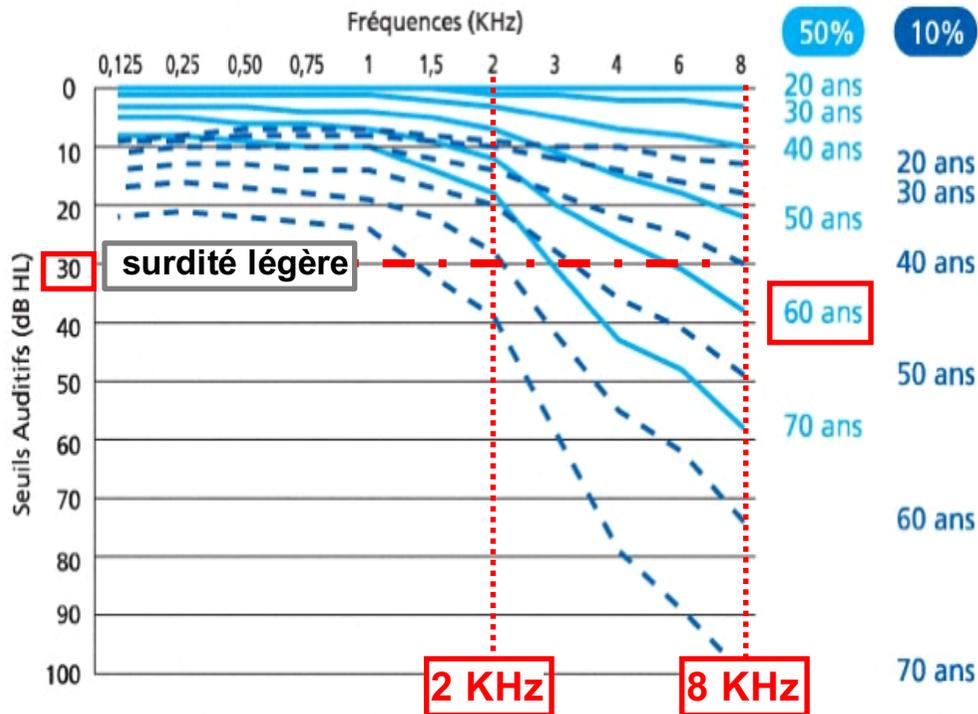


Influence du « **head-tracking** » sur l'**externalisation**
(en écoute binaurale non-individualisée)

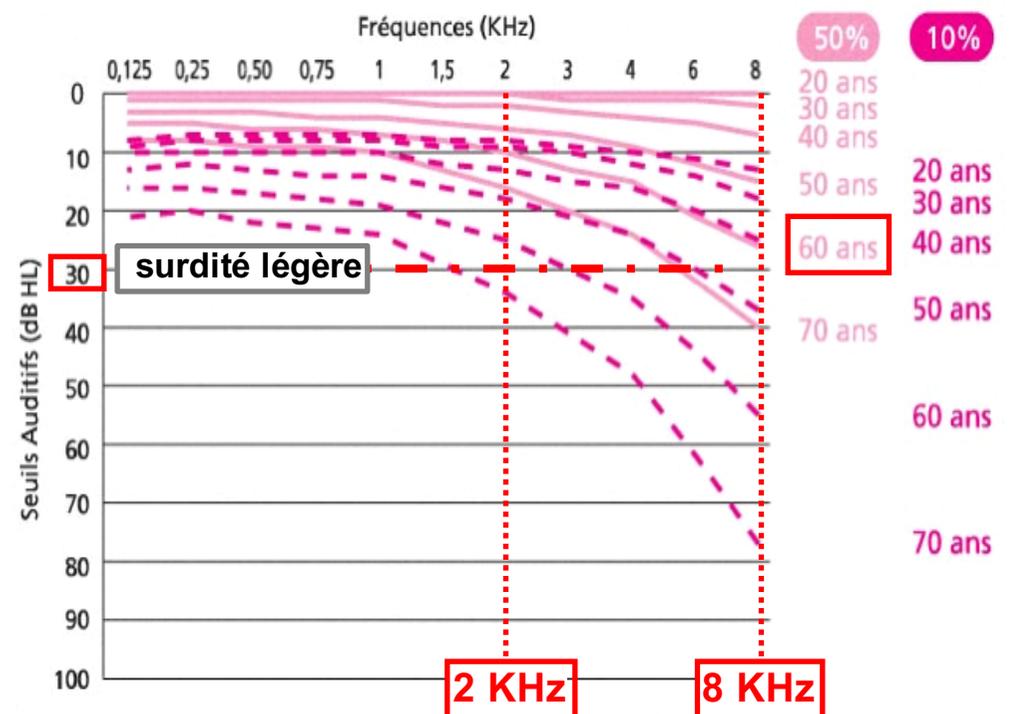
PRESBYACOUSIE norme ISO 7029

Audiogrammes :

Hommes

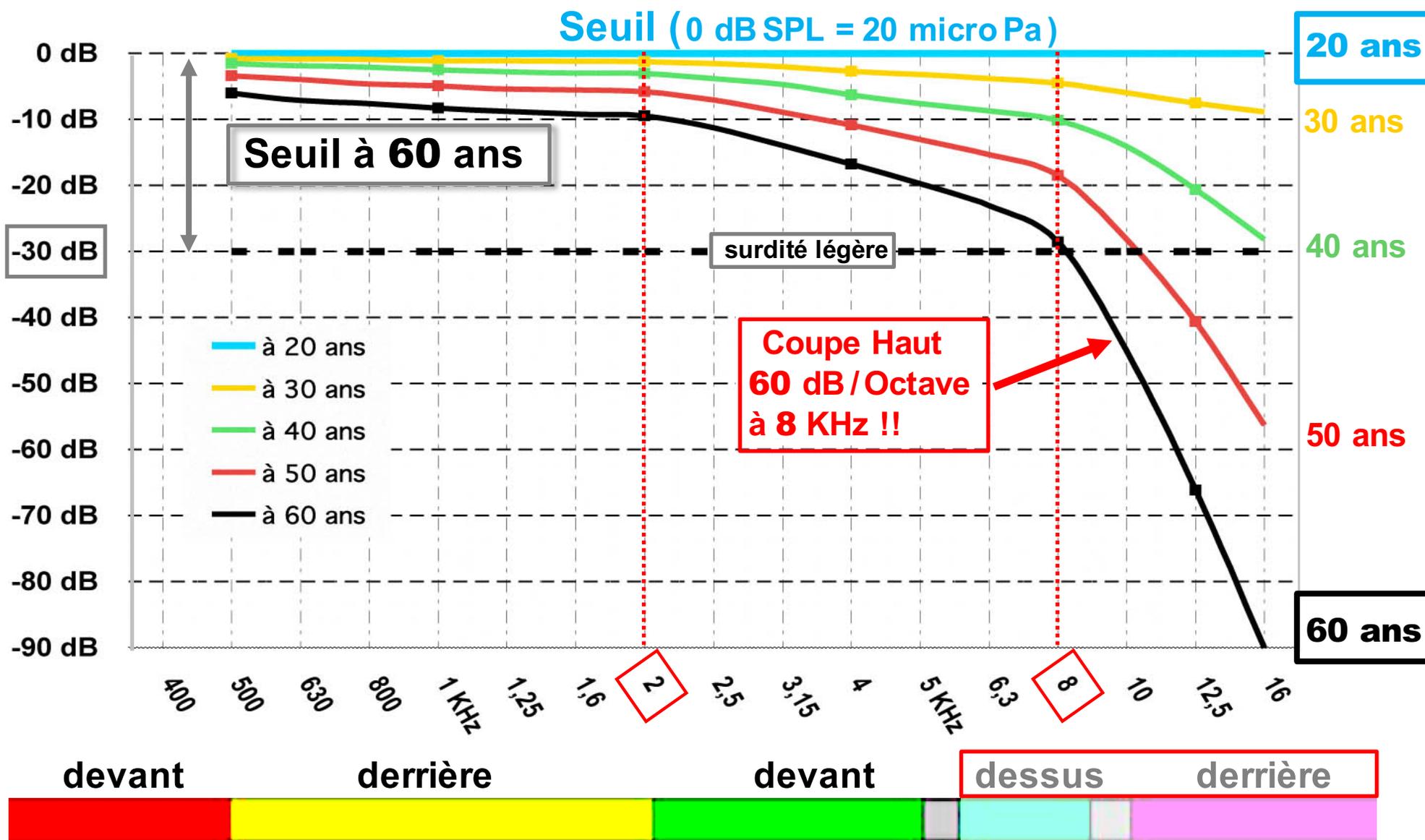


Femmes



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

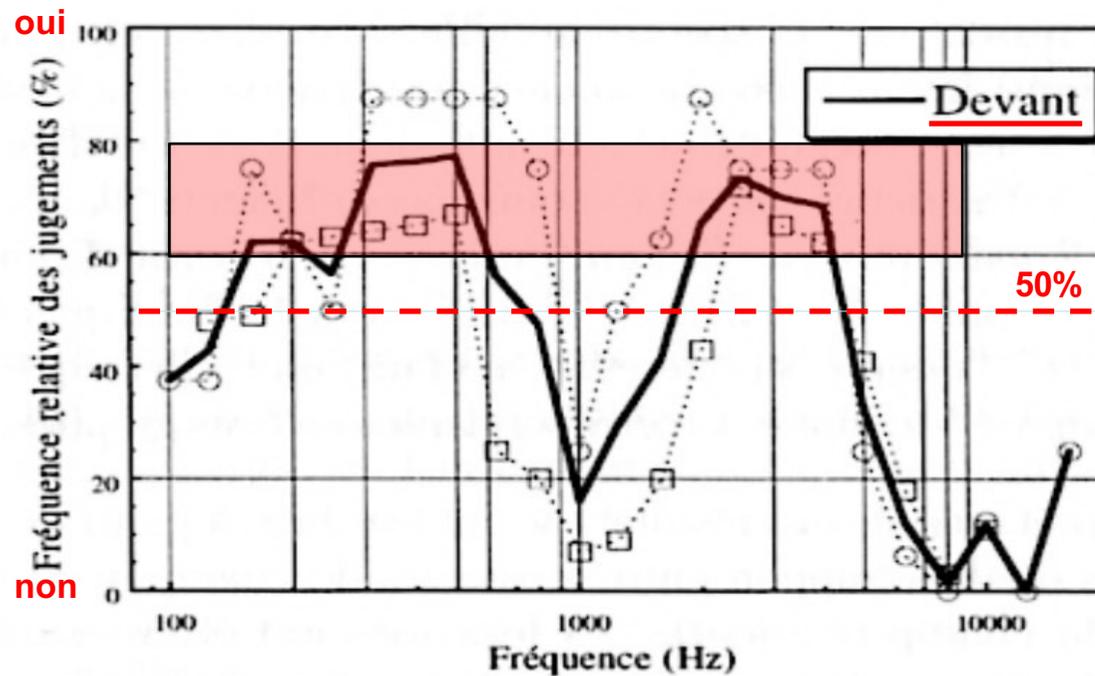
Technical Référence: **Presbyacousie** (Peter Mapp 1985)



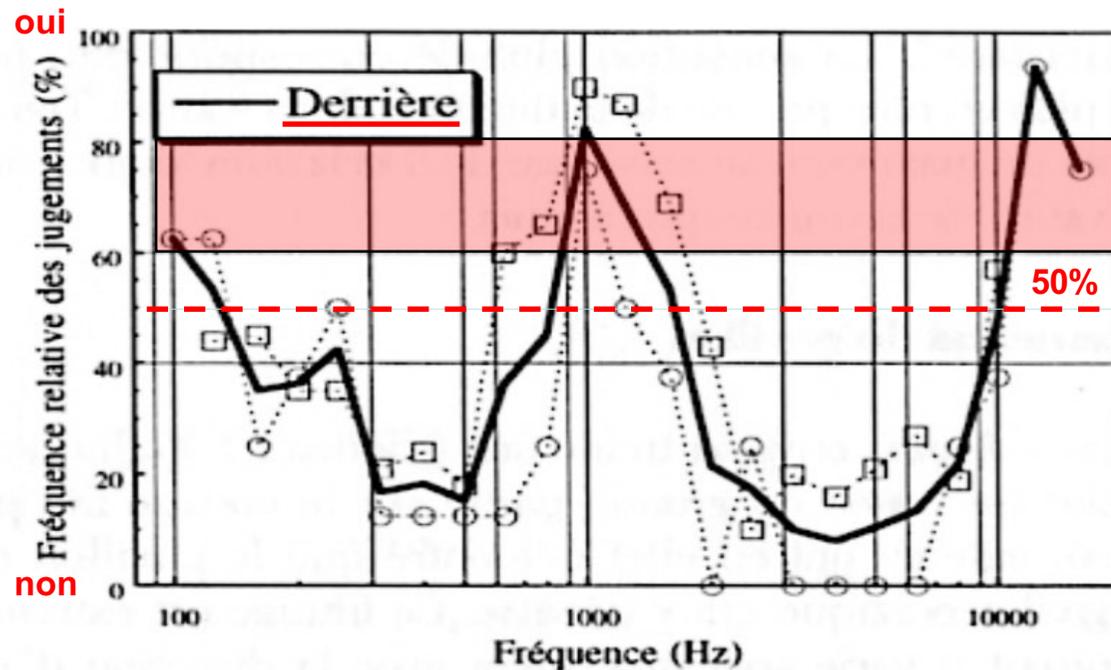
Bandes directionnelles d'après Blauert 1969
 (dans le **plan médian**)

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.



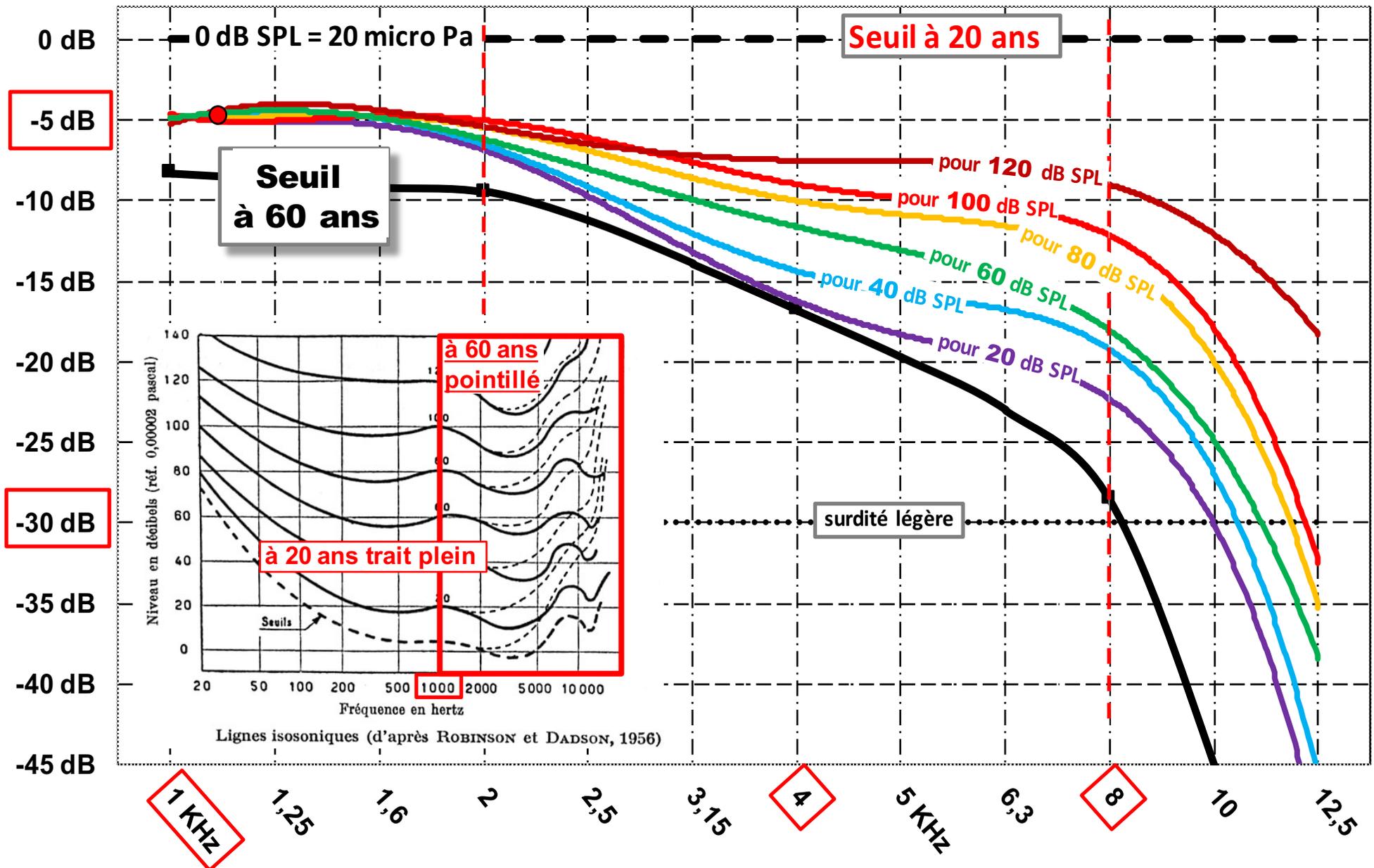
LE SON ET L'ESPACE

ALÉAS-GRAME

La localisation auditive des sons dans l'espace.

Par Georges Canévet

Presbycousie à 60 ans en fonction du niveau acoustique



Robinson et Dadson 1956

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 minimale 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.

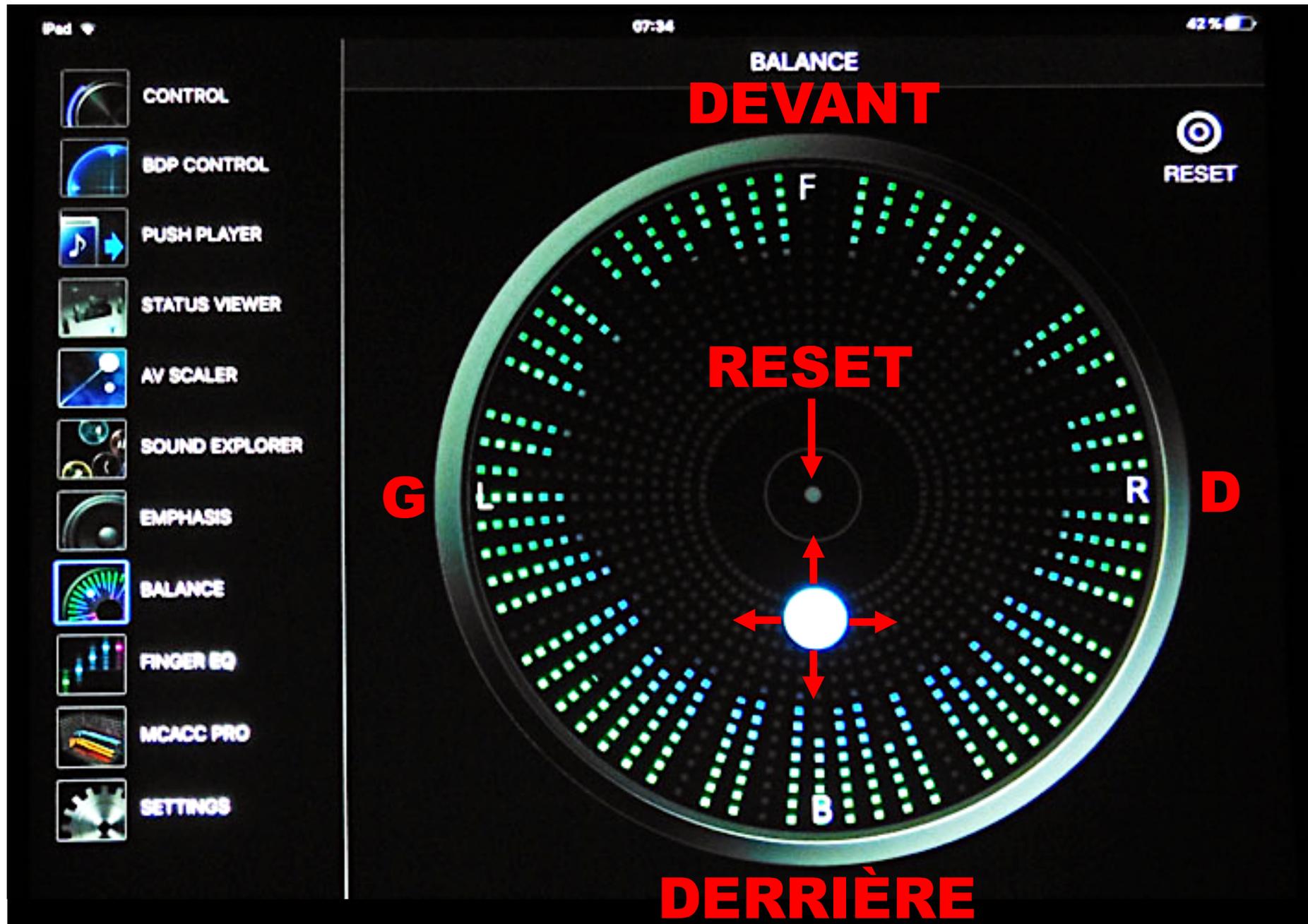
Au début on peut s'aider d'un masquage de l'acouphène par un discret fond sonore musical pour s'habituer à l'oublier.

Le point essentiel est de rassurer le patient pour favoriser la mise en place du filtre cérébral.

Amicalement

Application pour **IPAD**: **Pioneer** iControlAV5

Down Mix du 5.1 au Binaural ?



Plugin : ab Decoder Audio Brewers

ROTATION

DOMINANCE

INPUT **B-AmbiX**

OUTPUT **7.1.4**

DECODER

Surround 7.1.4

CHANNEL ↔ ↓↑

Front LR 30 0

Centre 0 0

Side LR 90 0

Rear LR 150 0

T.Front LR 45 45

T.Back LR 135 45

LFE 0.0dB

W
Y
Z
X

1 L
2 R
3 C
4 LFE
5 Lss
6 Rss
7 Lrs
8 Rrs
9 Ltf
10 Rtf
11 Lt看
12 ...

Devant

Derrière

G D

reset

Merci de votre attention

Site : <https://www.lesonbinaural.fr>

Mail : [**b.lagnel@gmail.com**](mailto:b.lagnel@gmail.com)