

sweepNM\_12chan.wav

**BRIR**

# Binaural Room Impulse Responses

**HRTF.sofa**

Bernard Lagnel

**Mai 2023**

# **Service payant à la personne**



## **Protocole de mesure de BRIR personnalisée**

Noise Makers / Décembre 2021

Contact : [charles.verron@noisemakers.fr](mailto:charles.verron@noisemakers.fr)

-----

- 1) Récupérer les sweeps (7.1.4 **sweepNM\_12chan.wav**, 5.1.4 **sweepNM\_10chan.wav** et Stéréo **sweepNM\_2chan.wav**) en 48 KHz / 32 bit...

**Note** : Sweep = balayage sinusoïdal de 30 Hz à 20 KHz au même niveau, permettant d'enregistrer une réponse impulsionnelle.

- 2) Créer une session d'enregistrement en 24 (ou 32) bit / 48 KHz
- 3) Se placer au centre du système multicanal avec 2 micros miniatures dans les oreilles, garder la tête droite et tournée vers le HP central.
- 4) Jouer le sweep 7.1.4 ou 5.1.4 et enregistrer le résultat (entrée stéréo)

**Note** : Essayer d'avoir un bon rapport signal/bruit. Eviter que le HP sature. Pas la peine de mettre le volume trop fort, garder un niveau d'écoute raisonnable. Conserver le même niveau pour toute la session.

- 5) Exporter le fichier binaural obtenu et le nommer **Sweep\_NomSujet\_NomMic\_NomSalle\_7p1p4.wav**



6) Facultatif pour expe "headtracking" :

- fixer le HP de gauche et recommencer l'opération, exporter  
**Sweep\_NomSujet\_NomMic\_NomSalle\_7p1p4\_L.wav**

- fixer le HP de droite et recommencer l'opération, exporter  
**Sweep\_NomSujet\_NomMic\_NomSalle\_7p1p4\_R.wav**

7) Facultatif pour expe "inversion réponse du casque" :

- se mettre le casque sur les oreilles, jouer le sweep stéréo et enregistrer le résultat. **Attention** à ne pas créer de Larsen lors de cette opération !

- exporter le fichier binaural et le nommer  
**Sweep\_NomSujet\_NomMic\_NomSalle\_NomDuCasque.wav**

8) Prendre 2 ou 3 photos de la salle, des micros dans les oreilles du sujet, du casque, des HPs et si possible documenter leur position (azimut, élévation, distance)

9) Répéter les opérations 2 à 8 pour toutes les Salles / Mics / Sujets / Casques à tester.

10) Envoyer le tout à [charles.verron@noisemakers.fr](mailto:charles.verron@noisemakers.fr) pour conversion au format SOFA

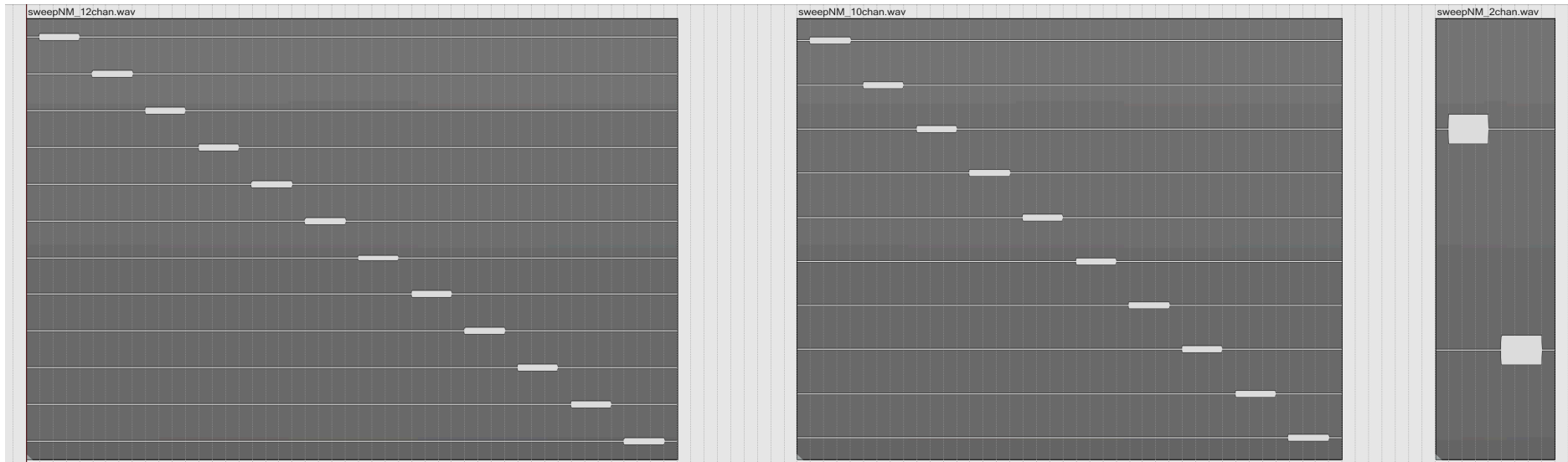
**Attention** : Les BRIR marchent avec le **Binauralizer STUDIO** (HPs virtuels), très mal avec le **Cropac** de Sparta...

## Ma configuration de Haut-Parleurs en (5.0.3)

**BRIR = écoute comparable au casque BEYER 880 !!**



#### 7.1.4 **sweepNM\_12chan.wav**, 5.1.4 **sweepNM\_10chan.wav** et Stéréo **sweepNM\_2chan.wav**



Configuration ITU 5.1.2 dans l'ordre (les 8 premiers Sweep) :

- Sweep 1 = HP Gauche Genelec 8030 + Sub : Azimut  $+30^\circ$  , élévation  $0^\circ$  (à 1,60m HP / auditeur)
- Sweep 2 = HP Droit 8030 + Sub : Azimut  $-30^\circ$  , élévation  $0^\circ$  (à 1,60m HP / auditeur)
- Sweep 3 = HP Centre Avant 8020 : Azimut  $0^\circ$  , élévation  $0^\circ$  (à 1,45m HP / auditeur)
- Sweep 4 = HP Centre Arrière 8020 : Azimut  $+180^\circ$  , élévation  $+45^\circ$  (à 1,85m HP / auditeur)
- Sweep 5 = HP Arrière Gauche 8030 : Azimut  $+110^\circ$  , élévation  $+10^\circ$  (à 1,60m HP / auditeur)
- Sweep 6 = HP Arrière Droit 8030 : Azimut  $-110^\circ$  , élévation  $+10^\circ$  (à 1,60m HP / auditeur)
- Sweep 7 = HP Haut Avant Gauche 8020 : Azimut  $+60^\circ$  , élévation  $+45^\circ$  (à 1,60m HP / auditeur)
- Sweep 8 = HP Haut Avant Droit 8020 : Azimut  $-60^\circ$  , élévation  $+45^\circ$  (à 1,60m HP / auditeur)

## Ma configuration Multicanale de Haut-Parleurs en (5.0.3) :

Pour une petite pièce  $< 15 \text{ m}^2$  :

**Configuration idéale pour un cercle ITU de  $\varnothing < 3,5 \text{ m}$  !!**

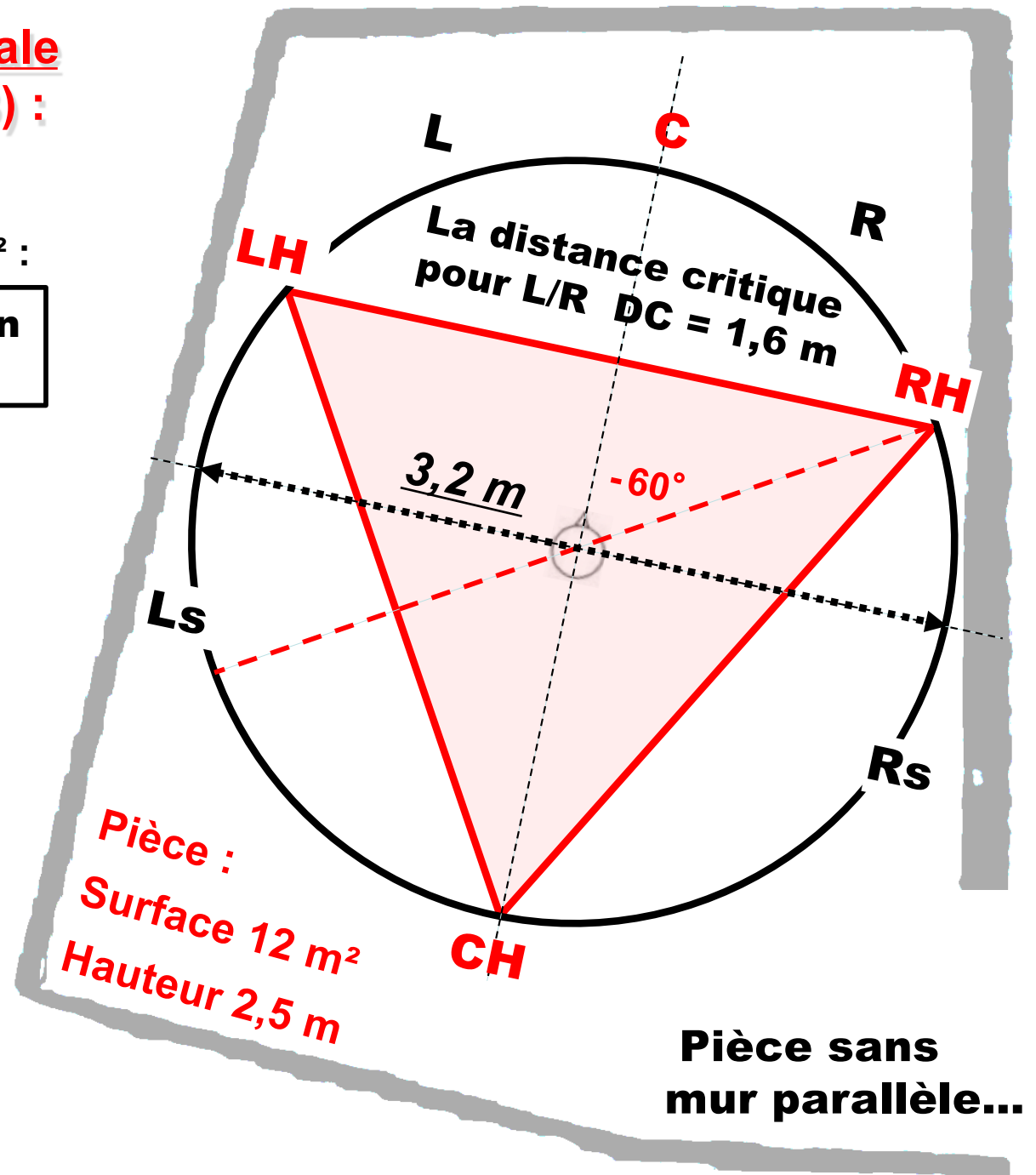
**L, R, Ls et Rs**  
Genelec 8030



**C, LH, RH et CH**  
Genelec 8020

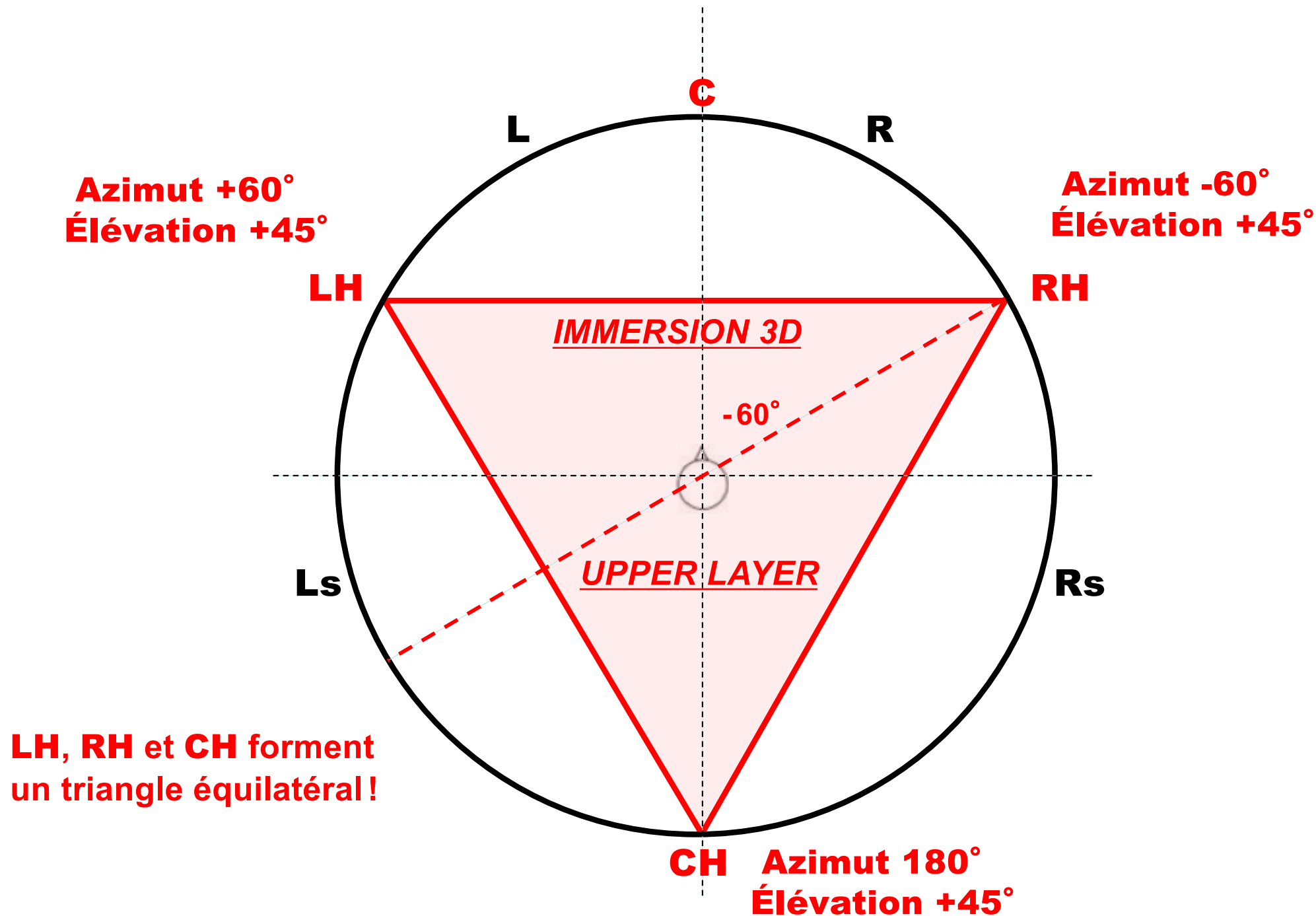


Le format 5.0.3 pourrait être très intéressant dans des petits locaux de montage et mixage TV, les HP sont suffisamment espacés et décorrélés sur les 2 couches (azimut et élévation), assurant une très bonne immersion 3D...





## Ma configuration Multicanale de Haut-Parleurs en (5.0.3)



# UIT-R

Secteur des Radiocommunications de l'UIT

<https://www.itu.int/rec/R-REC-BS.2051-3-202205-I/es>

**Recommandation UIT-R BS.2051-3**  
(05/2022)

**Système sonore évolué pour la production  
de programmes**

**Série BS**  
**Service de radiodiffusion sonore**

**New loudspeaker configuration  
for sound système ? (3+5+0)**



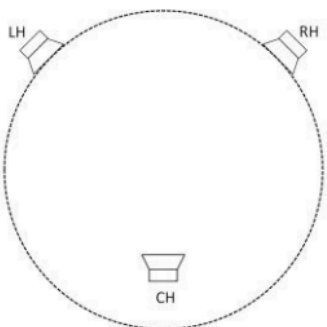
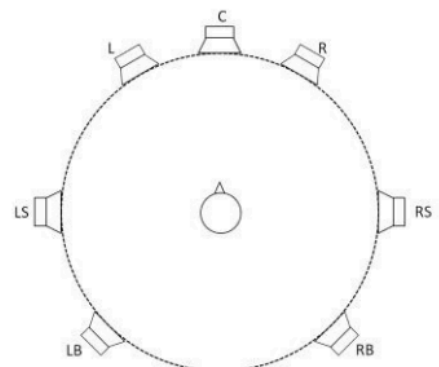
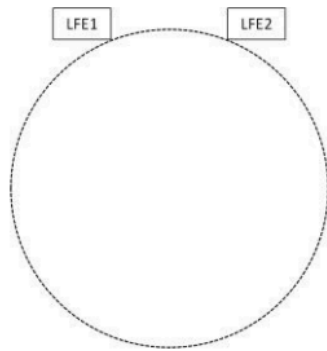
Union  
internationale des  
télécommunications

## Loudspeaker configuration for Sound System F (3+7+0)

12 canaux

SP Label	Channel		Azimuth	Elevation
	Label	Name	Range	Range
M+000	C	Centre	0	0
M+030	L	Left	+30	0
M-030	R	Right	-30	0
U+045	LH	Left height	+30 .. +45	+30 .. +45
U-045	RH	Right height	-30 .. -45	+30 .. +45
M+090	LS	Left side	+60 .. +150	0
M-090	RS	Right side	-60 .. -150	0
M+135	LB	Left back	+60 .. +150	0
M-135	RB	Right back	-60 .. -150	0
UH+180	CH	Centre height	180	+45 .. +90
LFE1	LFE1	Left low frequency effects	+30 .. +90	-15 .. -30
LFE2	LFE2	Right low frequency effects	-30 .. -90	-15 .. -30

## configuration ( 7.0.3 ) ITU existante

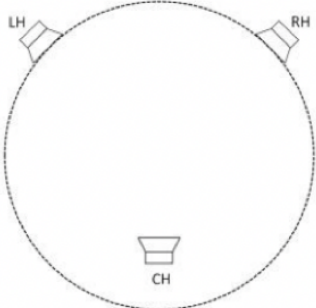
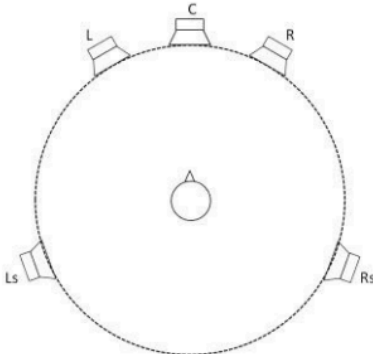
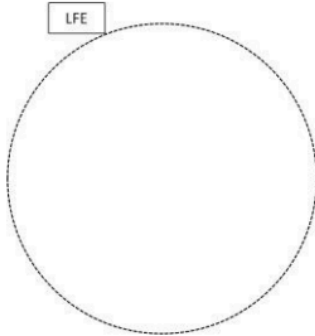
Sound system	Upper layer	Middle layer	Bottom layer
F (3+7+0)			
Upper layer 2/0/1			
Middle layer 3/2/2			
Bottom layer 0/0/0.2			

# New loudspeaker configuration for sound système (3+5+0)

9 canaux

SP Label	Channel		Loudspeaker location, Polar	
			Azimuth	Elevation
	Label	Name	Range	Range
M+030	L	Left	+30	0
M-030	R	Right	-30	0
M+000	C	Centre	0	0
LFE1	LFE	Low frequency effects	—	—
M+110	Ls	Left surround	+100 .. +120	0 .. +15
M-110	Rs	Right surround	-100 .. -120	0 .. +15
U+045	LH	Left height	+45 .. +60	+30 .. +45
U-045	RH	Right height	-45 .. -60	+30 .. +45
UH+180	CH	Centre height	180	+45 .. +90

**Configuration (5.0.3) ITU à créer !!** Modifications ?

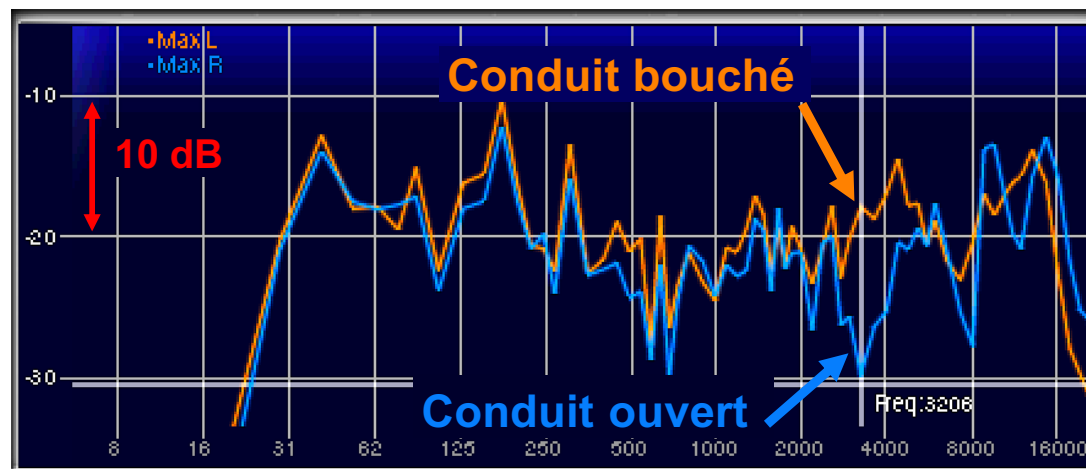
Sound system	Upper layer	Middle layer	Bottom layer
(3+5+0)			
Upper layer 2/0/1			
Middle layer 3/0/2			
Bottom layer 0/0/0.1			



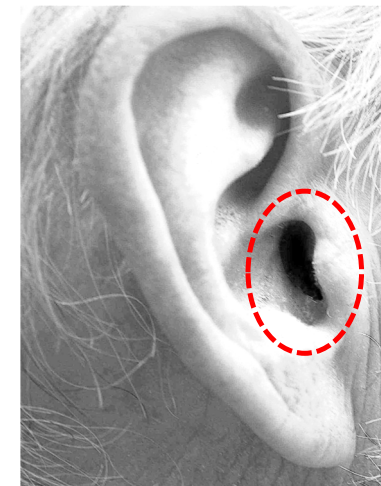
## Conduit bouché



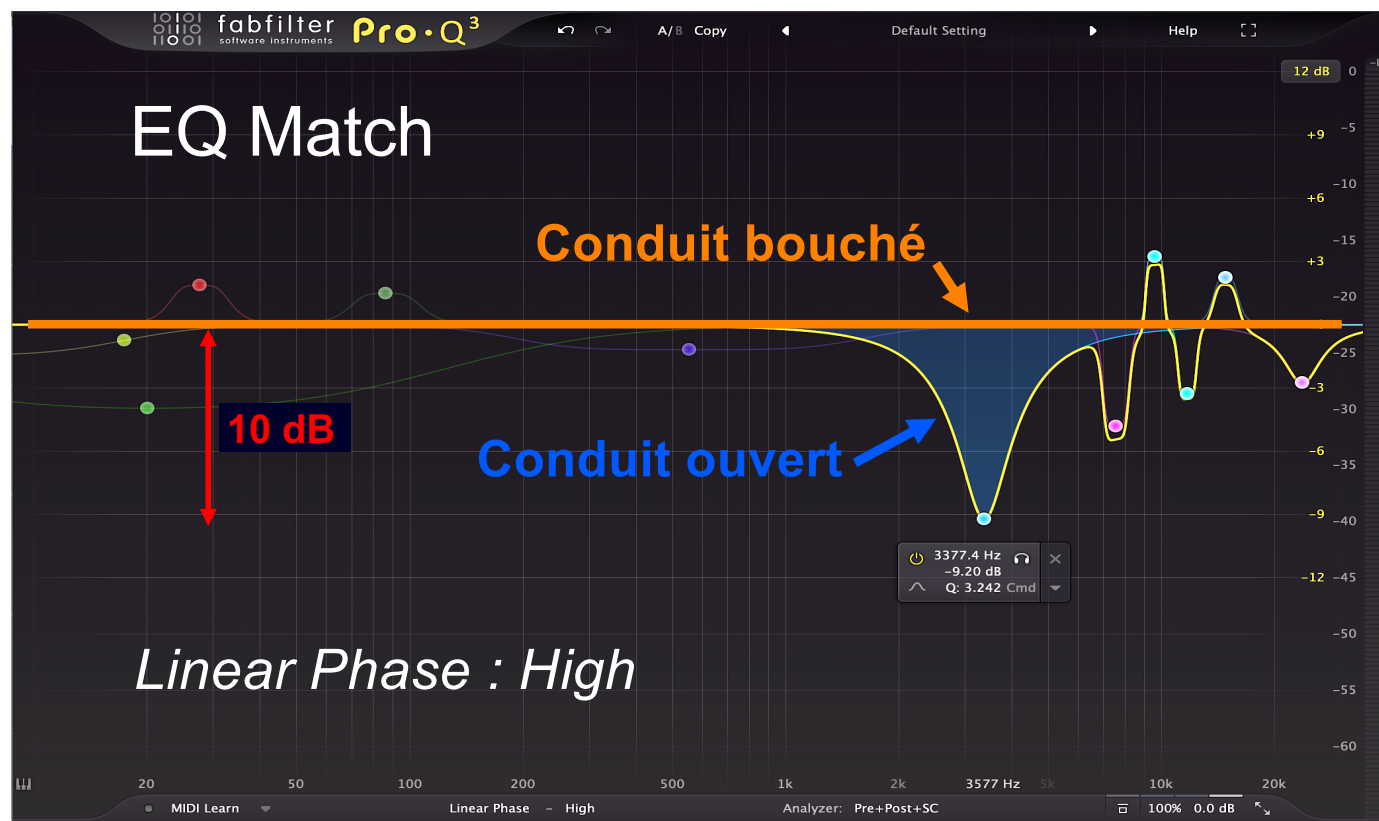
## HRTF du HP Droit égalisé Champ diffus



## Conduit ouvert

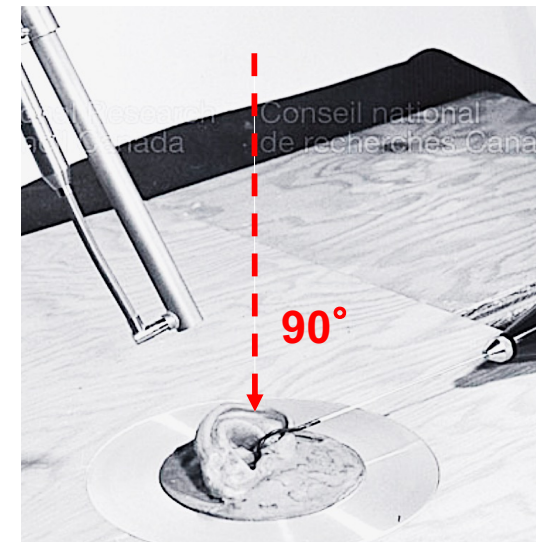


à 30°

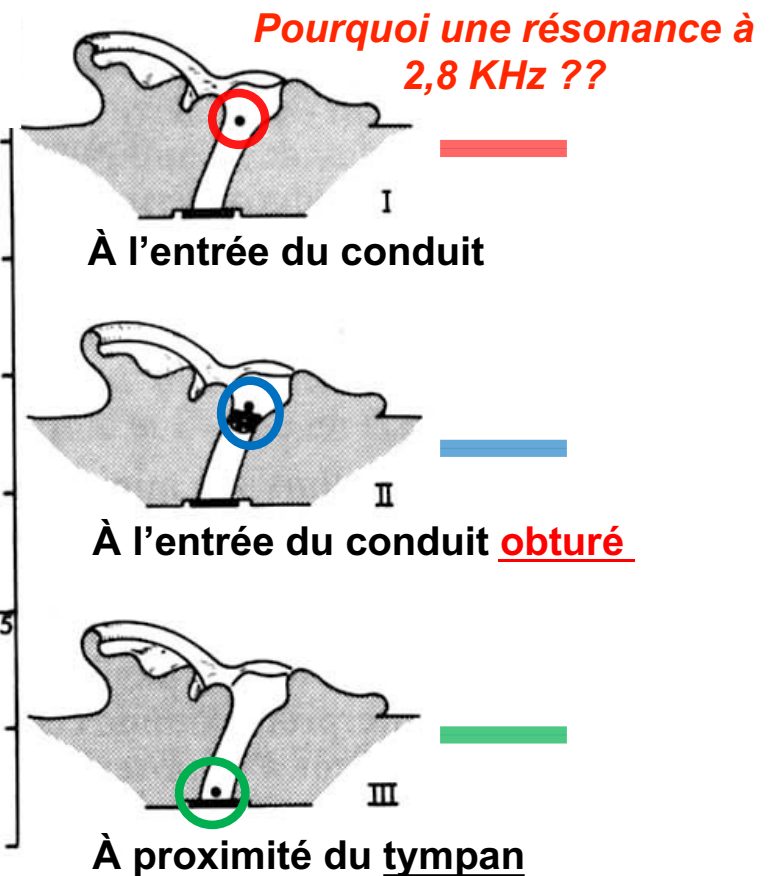
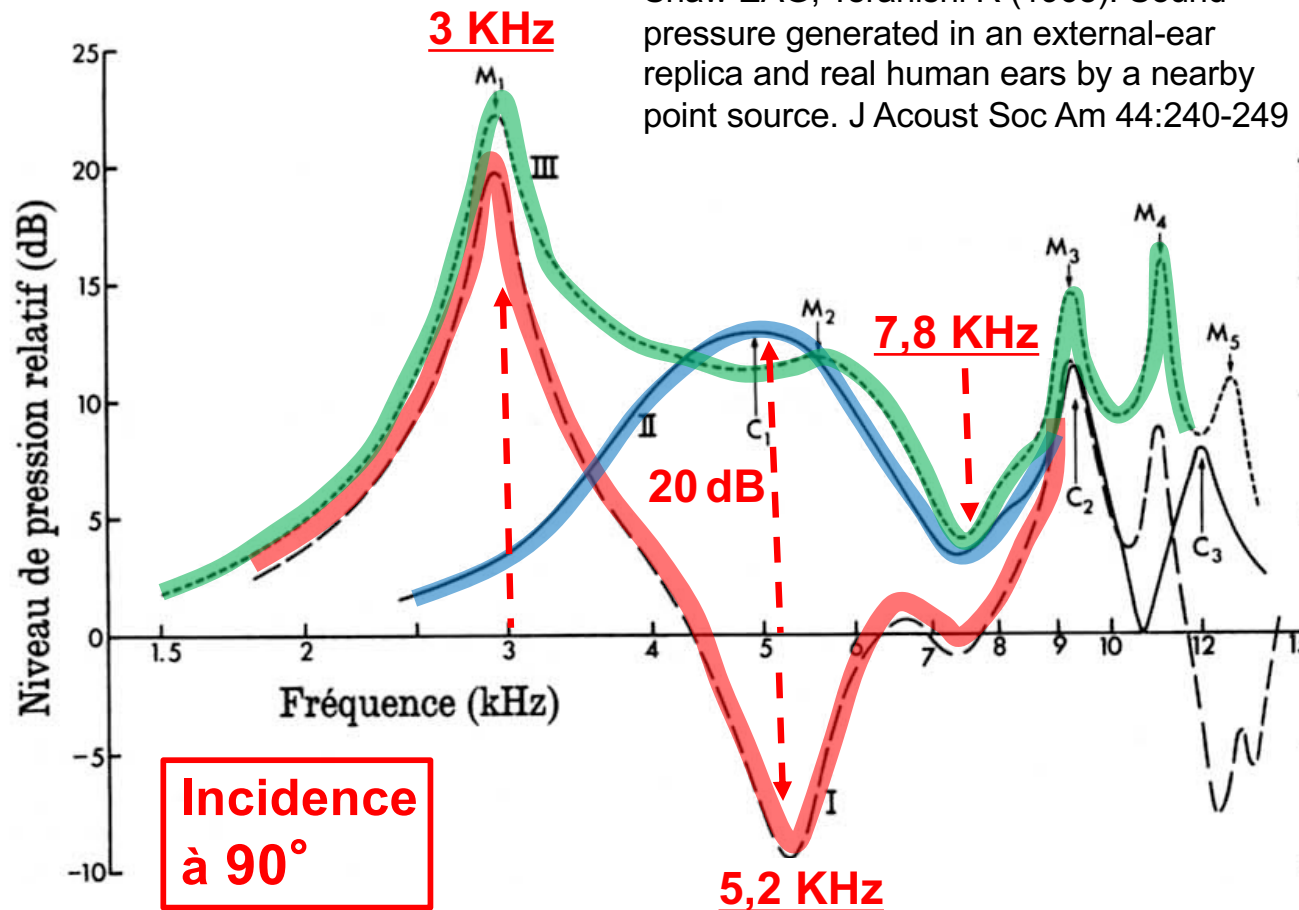




## Shaw et Teranishi, 1968



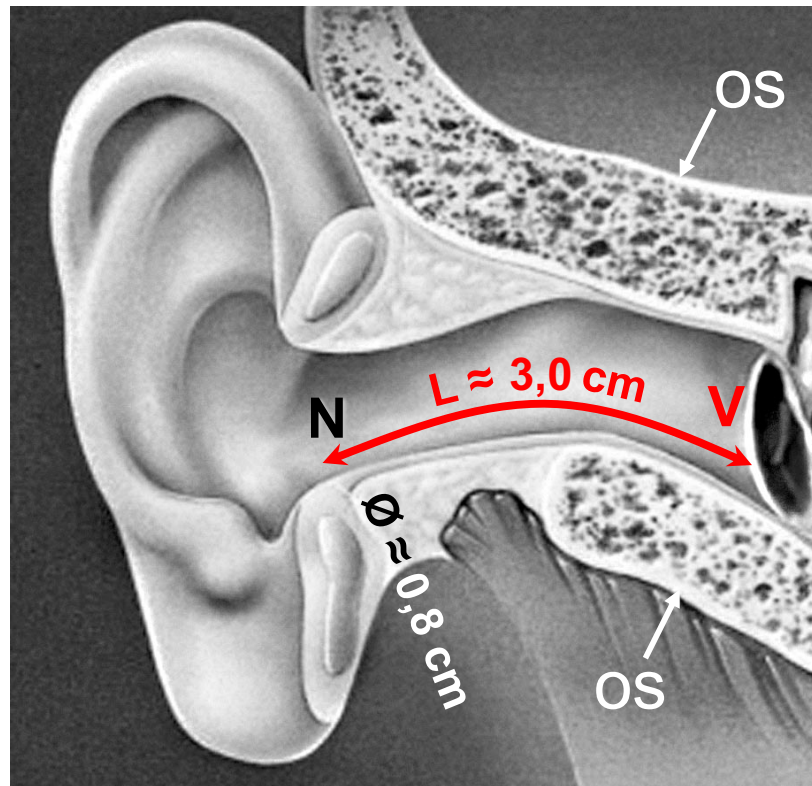
Shaw EAG, Teranishi R (1968). Sound pressure generated in an external-ear replica and real human ears by a nearby point source. J Acoust Soc Am 44:240-249





# Résonances du conduit auditif ( $\lambda/4$ ) (**conduit ouvert**) :

L'OREILLE EXTERNE



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

$r$  = rayon du conduit auditif...

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



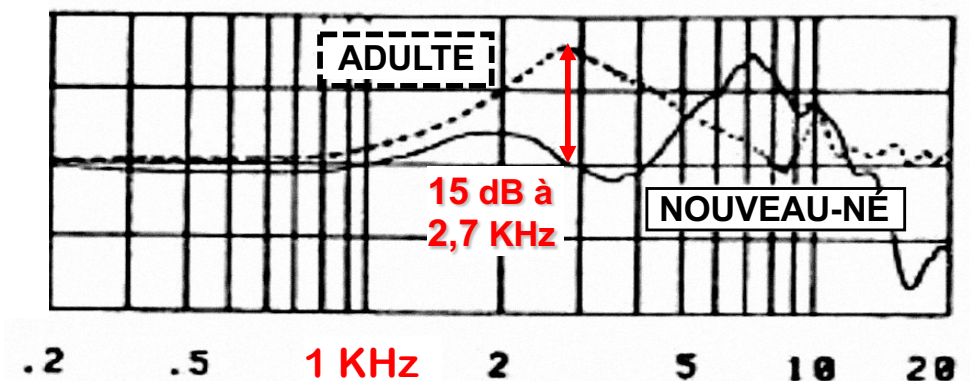
1<sup>er</sup> Harmonique  $F = 8,3 \text{ KHz}$



$N$  = NŒUD DE PRESSION ;  $V$  = VENTRE DE PRESSION  
MAX DE PRESSION

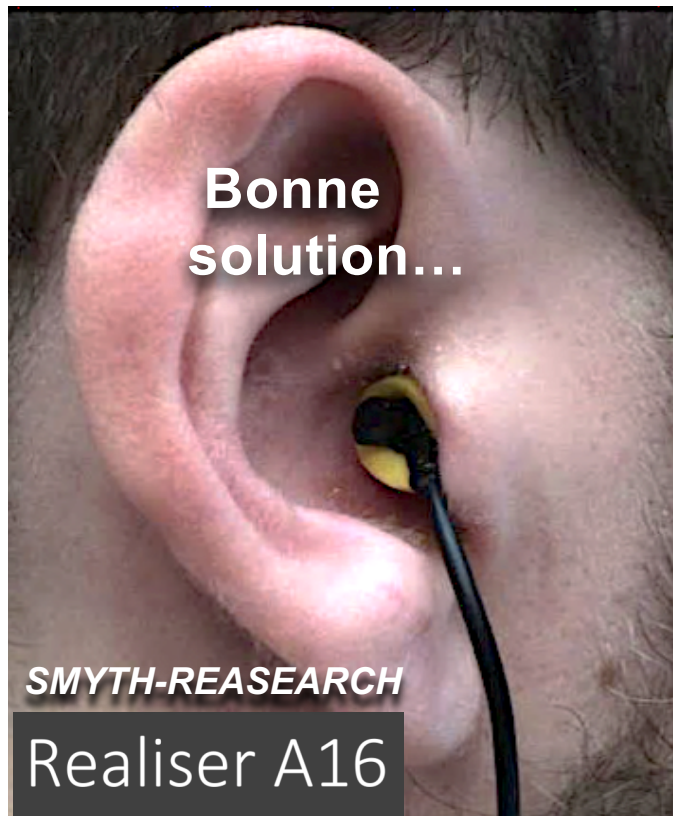
## QUESTION à un Acousticien :

EST-CE QU'UN NŒUD DE PRESSION  
( OU VENTRE DE VITESSE ) À L'ENTRÉE  
DU CONDUIT AUDITIF PEUT CRÉER UN  
FILTRAGE EN PEIGNE SUR UN MICRO  
À PRESSION OMNIDIRECTIONEL ??



B. Kruger & R. Ruben, 1987

## Conduit bouché



## Mousse compacte...



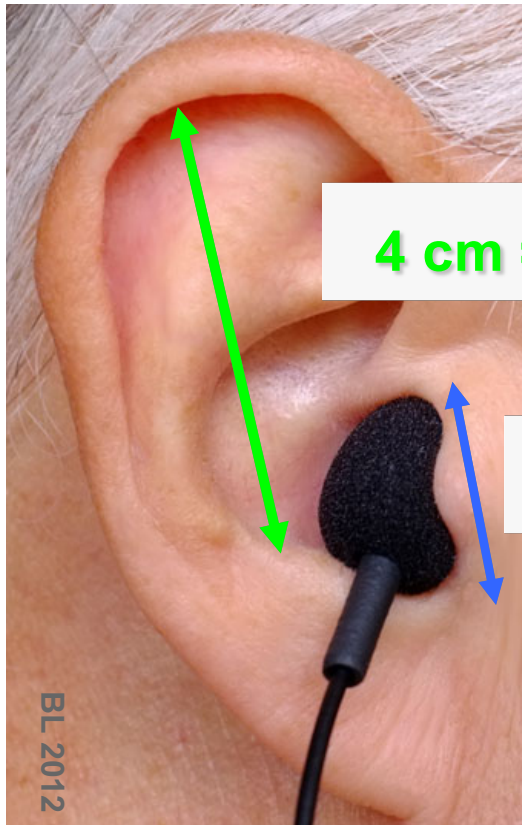
## Conduit bouché



« Un auditorium cinéma en binaural :  
transfert du mixage de la salle au casque »  
Jeanne GRIVELET (Mémoire de Master 2)

# L'oreille externe...

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



PAVILLON pour l'espace frontal

$4 \text{ cm} \approx 1/2 \times \lambda$  (à 4 kHz)

$2 \text{ cm} \approx 1/2 \times \lambda$  (à 8 kHz)

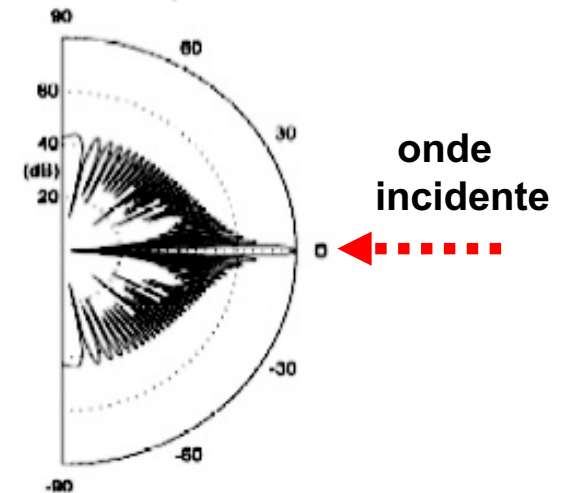
TRAGUS pour l'espace dorsal

Indices Spectraux ( $iS$ ) = **3D**

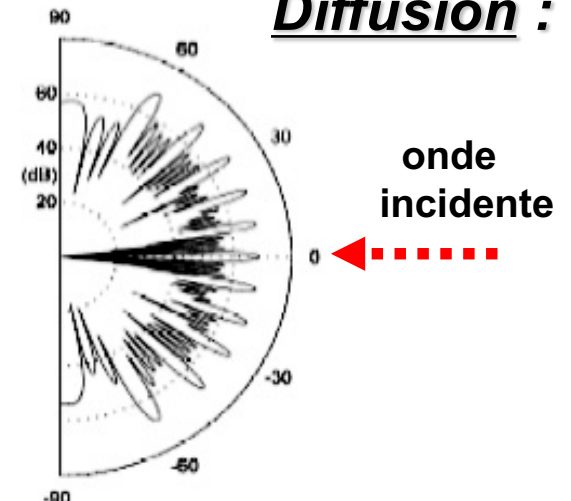
Modifications des fréquences dues à l'Oreille externe...(de 4 KHz à 16 KHz)

## Réflexion :

Angle d'incidence = Angle de réflexion (Comme la lumière...)



## Diffusion :

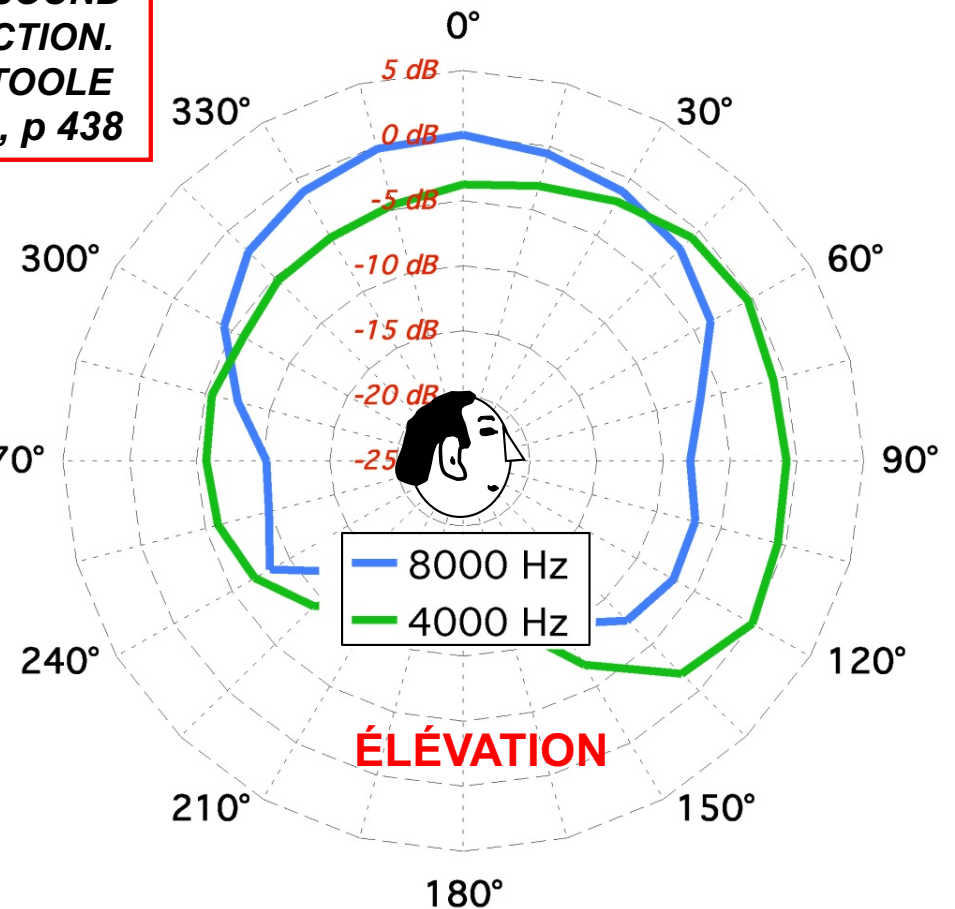
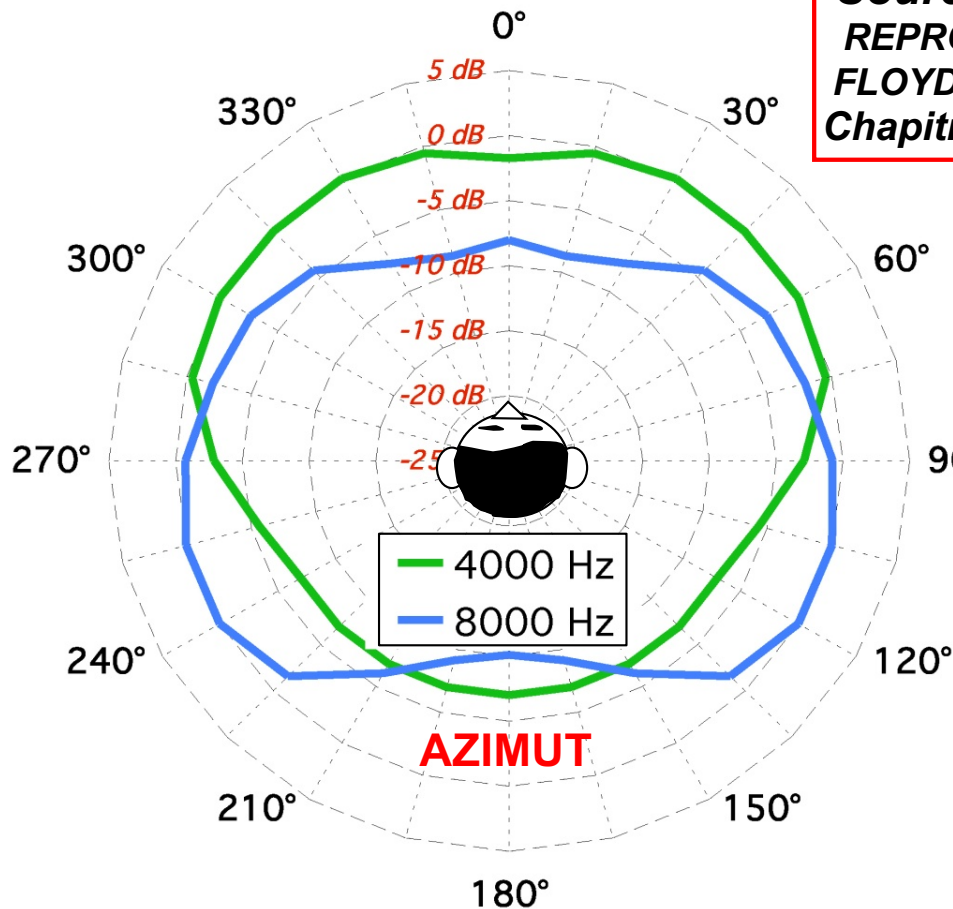




# Domaine **cognitif sensoriel** dans un environnement **3D**

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

Source : **SOUND REPRODUCTION.**  
**FLOYD E. TOOLE**  
Chapitre 19, p 438



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**.

Mise en place des **DPA 4060**  
comme des bouchons d'oreille !

**Conduit bouché**



*Ce n'est pas un coton tige !!*

**DPA DUA0560 Windscreen**  
(5 pièces)

23,90€



*Mousse qui  
permet de maintenir  
le micro au creux de l'oreille*





# Pour répondre à la question :

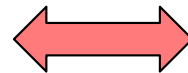
Pourquoi la capsule du DPA 4060 est tournée vers le conduit auditif ?

## Réponses :

- Pour prendre toute l'**empreinte** de l'oreille externe (*indices spectraux = IS*).
- La **mousse DUA0560** permet de maintenir le micro au creux de l'oreille.
- La capsule est **Omni** quelque soit son orientation, jusqu'à 10 KHz.

L'oreille  
comme  
parabole !

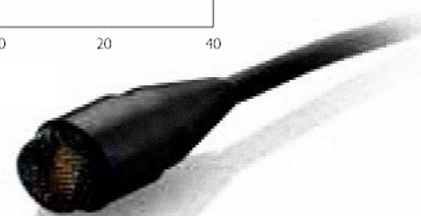
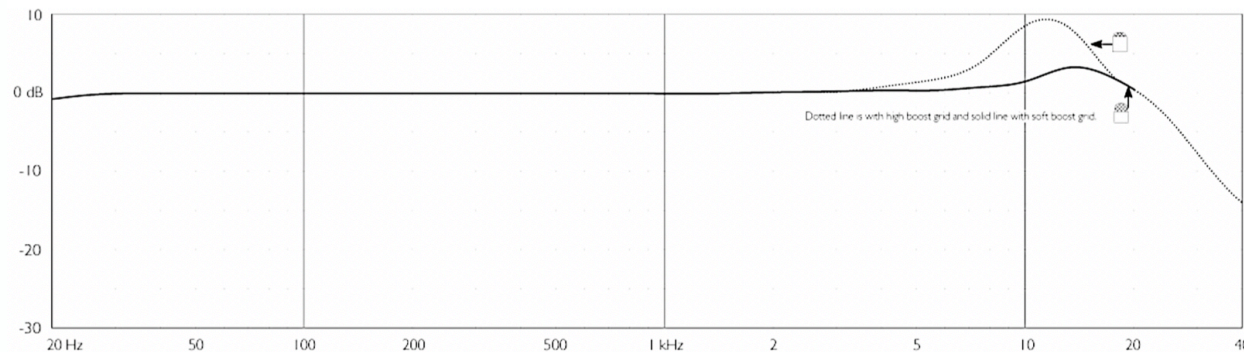
**SONY**  
**PBR 400**  
**vintage !**





## 4060 Miniature Omnidirectional Microphone, Hi-Sens

### Frequency response



### Key features

The d:screet™ 4060 series is widely acknowledged as the world's leading miniature microphone for speech and vocal performance applications even in humid conditions. Designed for use with wireless systems in theater,

television and film, the capsule is highly unobtrusive and offers excellent vocal detail and resolution. The 4060 features low noise and high sensitivity and comes with a wide range of accessories, connectors and adapters.

### Specifications

#### Directional characteristics:

Omnidirectional

#### Frequency range, $\pm 2$ dB:

Soft boost grid: 20 Hz – 20 kHz, 3 dB soft boost at 8 – 20 kHz.

High boost grid: 20 Hz – 20 kHz, 10 dB boost at 12 kHz.

#### Sensitivity, nominal, $\pm 3$ dB at 1 kHz:

20 mV/Pa; -34 dB re. 1 V/Pa (4 à 7 dB > à un Schoeps)

#### Equivalent noise level, A-weighted:

Typ. 23 dB(A) re. 20  $\mu$ Pa (max. 26 dB(A))

#### S/N ratio, re. 1 kHz at 1 Pa (94 dB SPL):

71 dB(A)

#### Dynamic range:

Typ. 100 dB

#### Max. SPL, peak before clipping:

134 dB

#### Power supply:

For wireless systems: Min. 5 V through DPA adapter: With DAD6001-BC/DAD6024/DAD4099-BC: 48 V phantom power  $\pm 4$  V for full performance.

#### Connector:

MicroDot

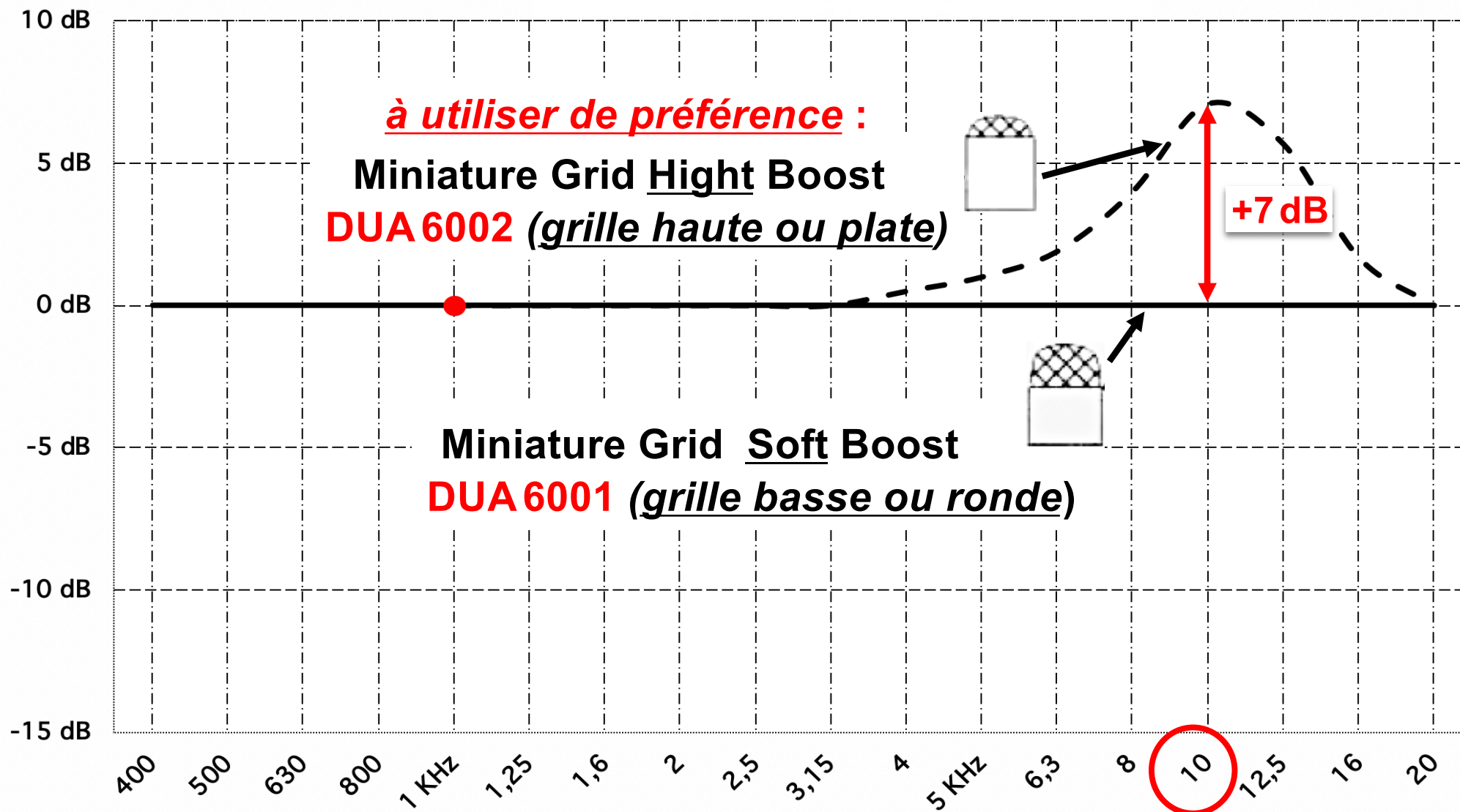
#### Cable length:

1.8 m (5.9 ft)

# **DPA 4060** comparaison des 2 grilles proposées :

<https://www.dpamicrophones.com/core>

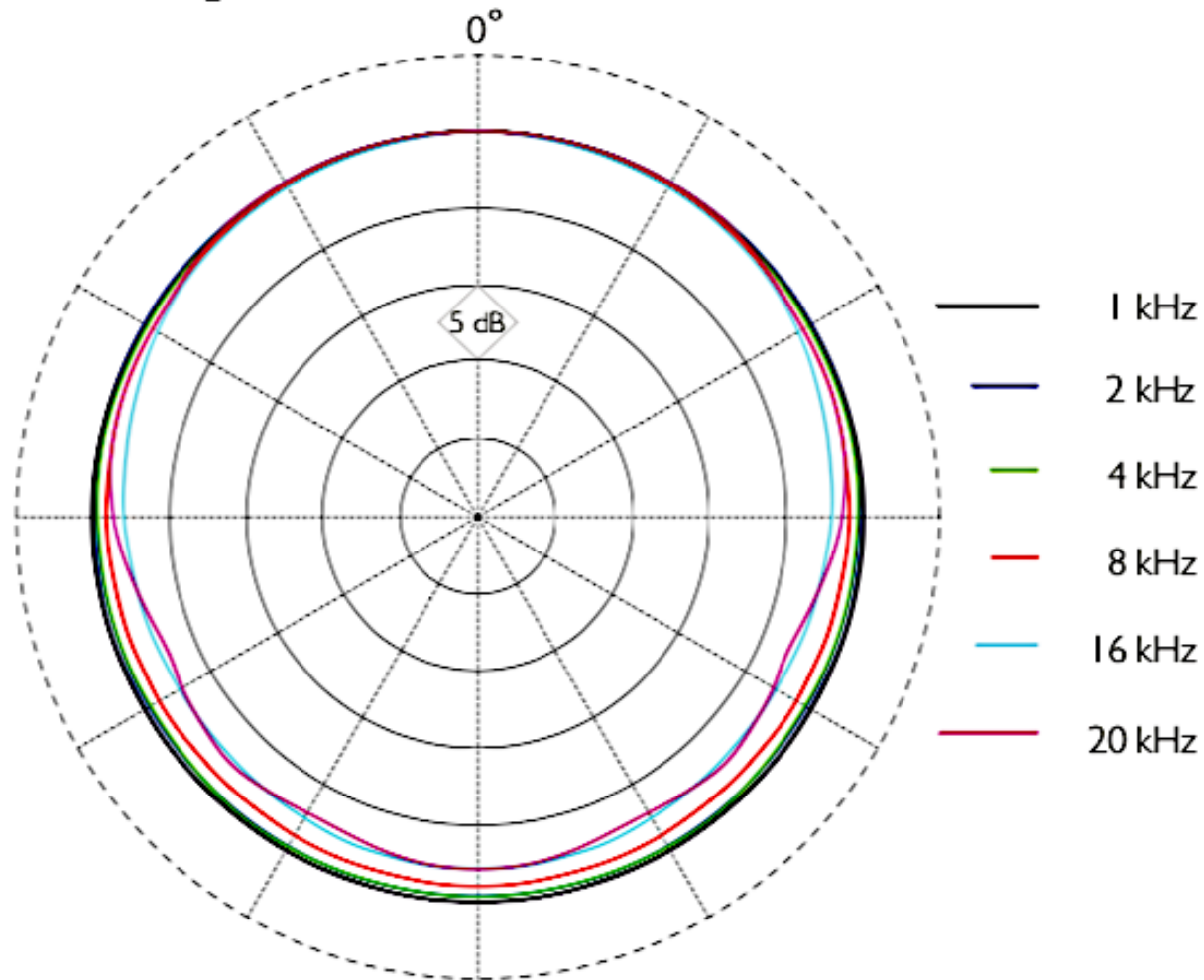
## Frequency response



## **DPA 4060**

### **Polar pattern** free field

Les 2 grilles n'ont  
aucune incidence  
sur la directivité :  
**Omni à 10 kHz**  
**même à l'arrière !**



# KIT MICROPHONE INTRA-AURI-CULAIRE BINAURAL

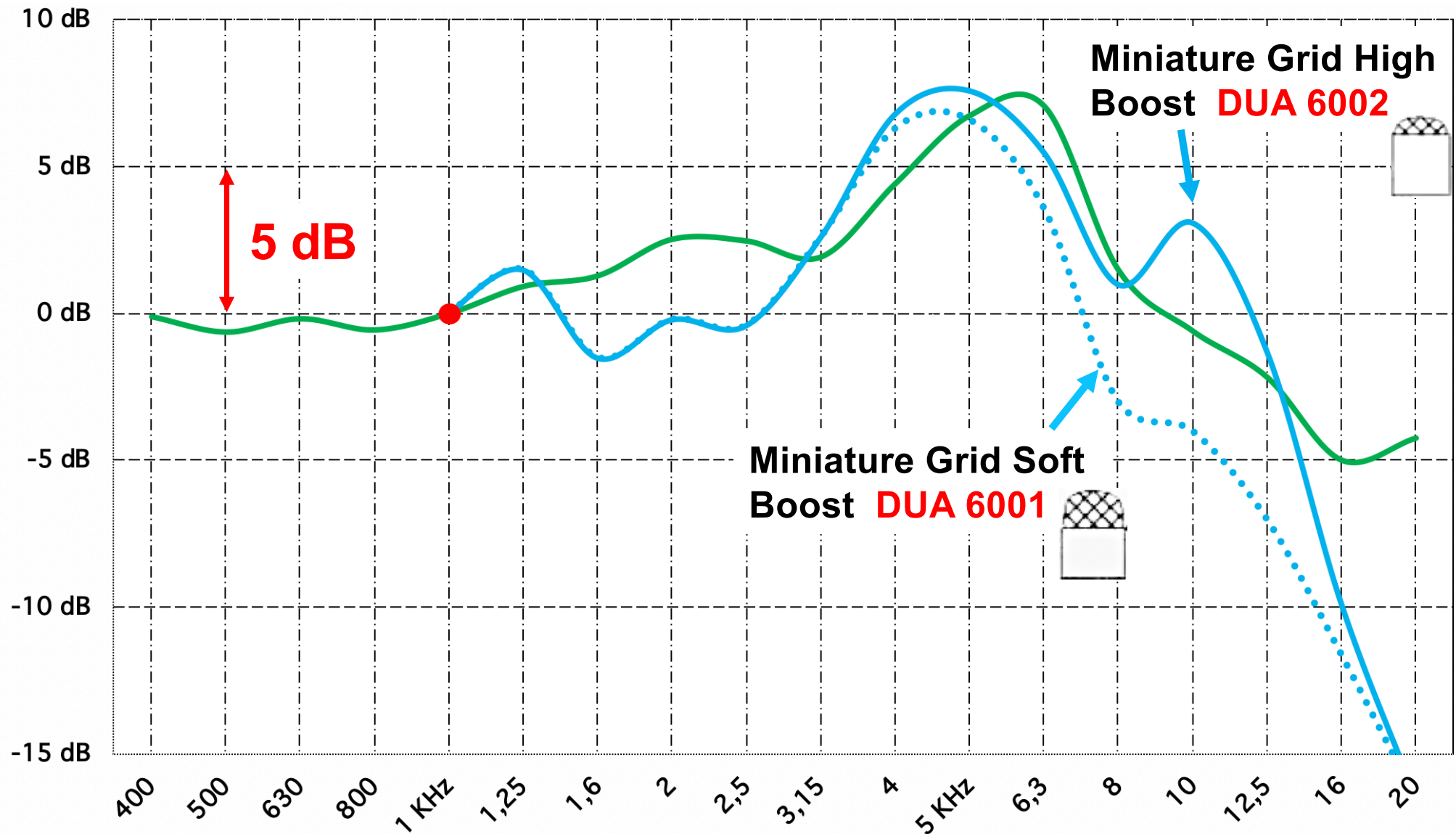
Type 4101-B



# Comparaison en Champ Diffus :

— B&K Type 4101-B

— DPA 4060 (la mousse maintient le micro dans le creux de l'oreille)

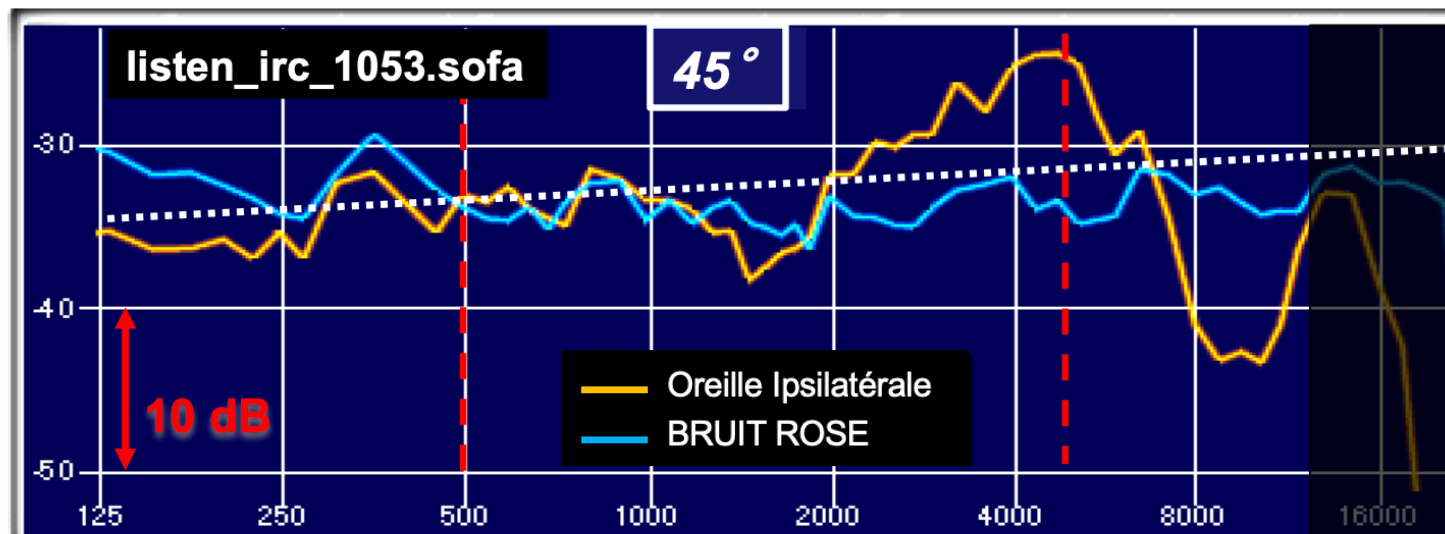
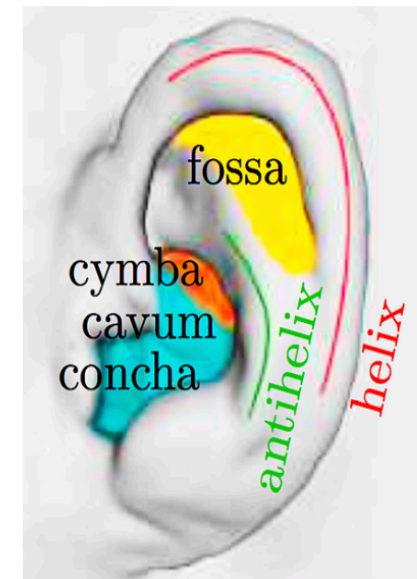
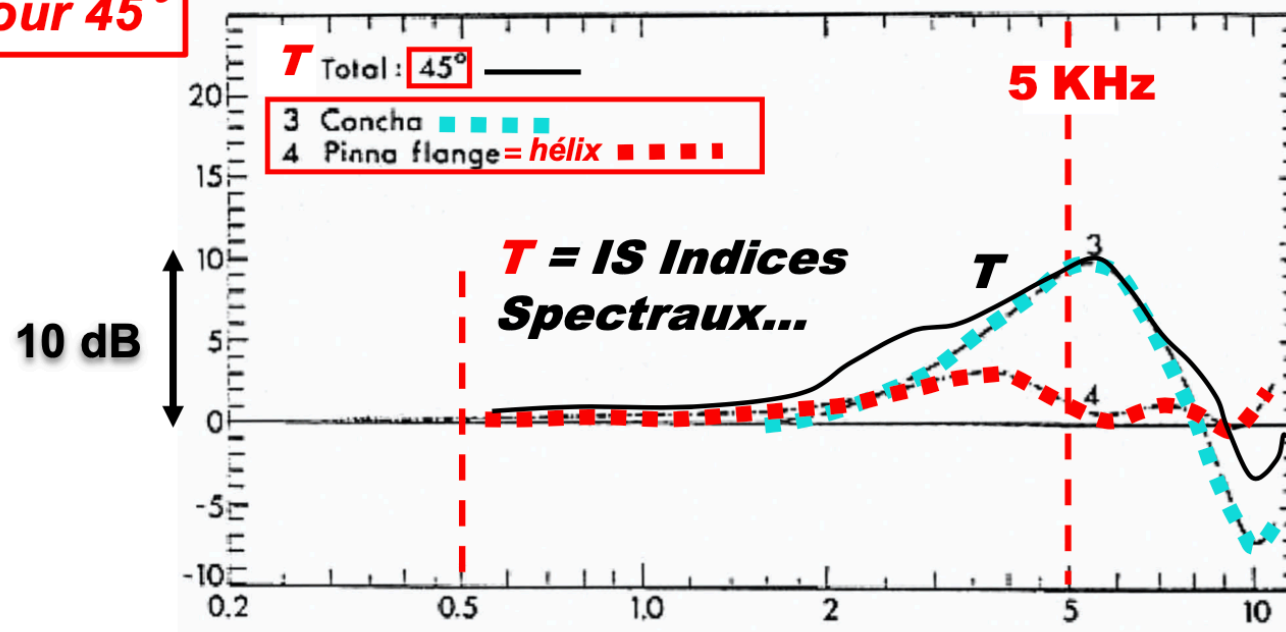




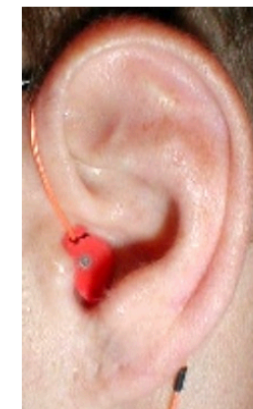
**2D**

# « Fonction de Transfert » **HRTF** de l'oreille externe Conduit auditif bouché IRCAM **listen\_irc\_1053.sofa**

**Pour 45°**



**IRCAM**  
**Conduit bouché**



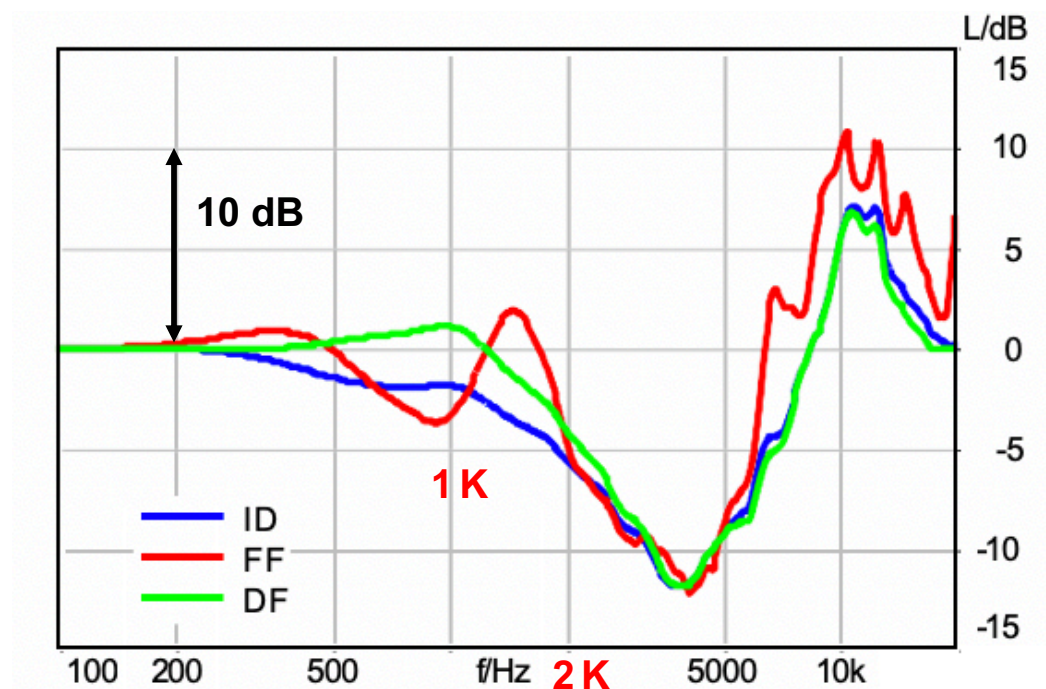
# Courbe d'égalisation champ diffus BRIR :

- Tributaire de ma configuration de HPs et de la pièce (réflexions et Tr).
- Tributaire de mes propres HRTFs...



### Note d'application - 11/17 Mesure, analyse et lecture binaurales, extraits :

« En utilisant l'égalisation **FF**, un enregistrement de tête artificielle effectué en champ libre avec un son provenant de l'avant (0° azimuth) peut être égalisé afin que le signal de tête artificiel puisse être comparé à un enregistrement de microphone conventionnel correspondant. L'égalisation **DF** peut être utilisée pour égaliser un enregistrement de tête artificielle réalisé dans un champ diffus avec un son provenant de tous les côtés. Dans les champs sonores ne correspondant ni à un champ diffus ni à un champ libre, l'égalisation **ID** doit être utilisée. L'utilisation d'une mauvaise égalisation, c'est-à-dire qui ne correspond pas aux conditions de champ sonore et aux directions d'incidence sonore d'origine, dégradera le signal acquis. Un signal de tête artificiel mal égalisé ne peut pas être comparé à un signal de microphone et peut entraîner des erreurs d'interprétation lors de l'analyse. La **figure ci-dessous** montre une comparaison des courbes de fréquence des trois égalisations. »

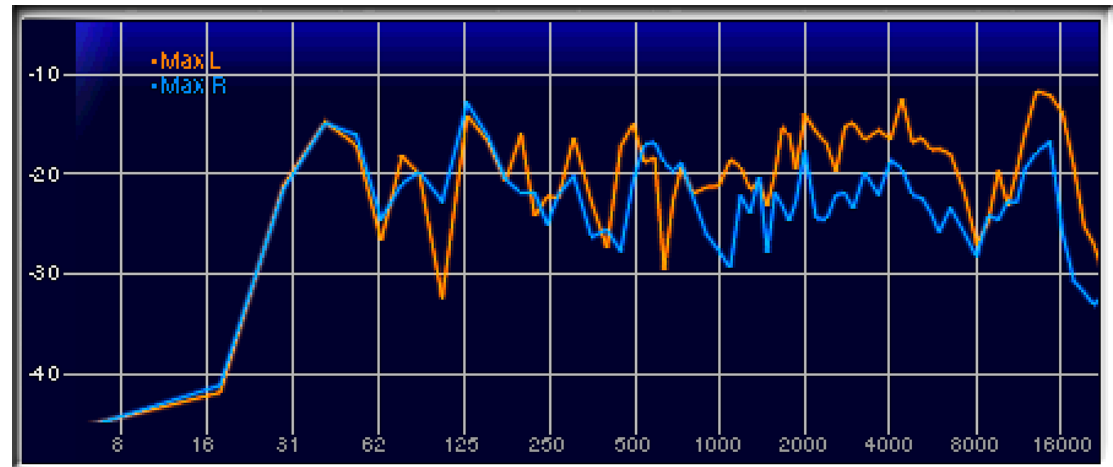




## Égalisation Champ Diffus :

**HP Gauche** Azi +30° / Élév 0°

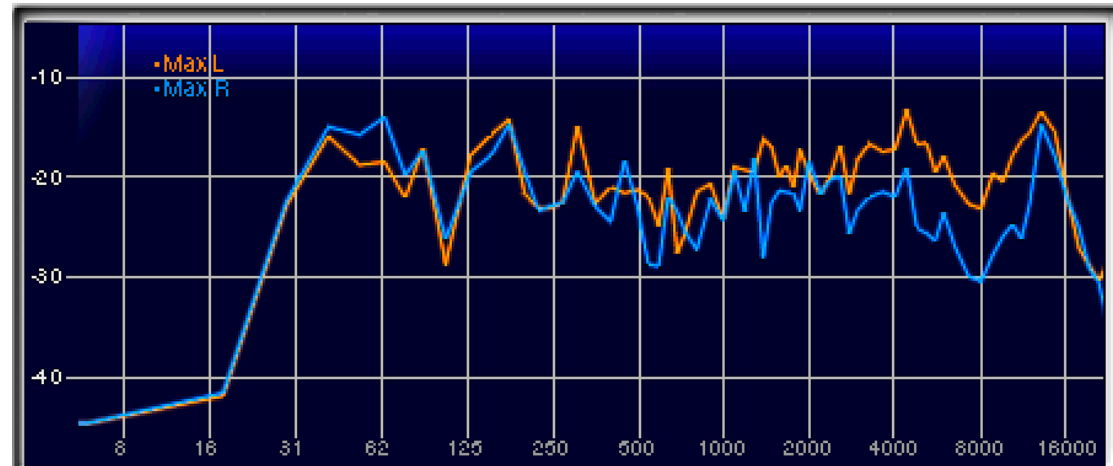
- Oreille Ipsilatérale G
- Oreille Contralatérale D



## Égalisation Champ Diffus :

**HP Droit** Azi -30° / Élév 0°

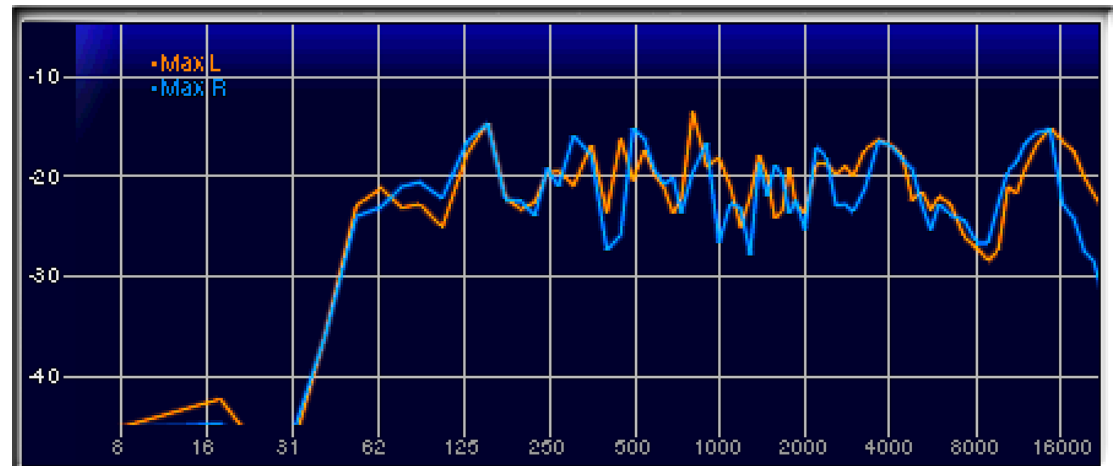
- Oreille Ipsilatérale D
- Oreille Contralatérale G



## Égalisation Champ Diffus :

**HP Centre** Azi 0° / Élév 0°

- Oreille Gauche
- Oreille Droite

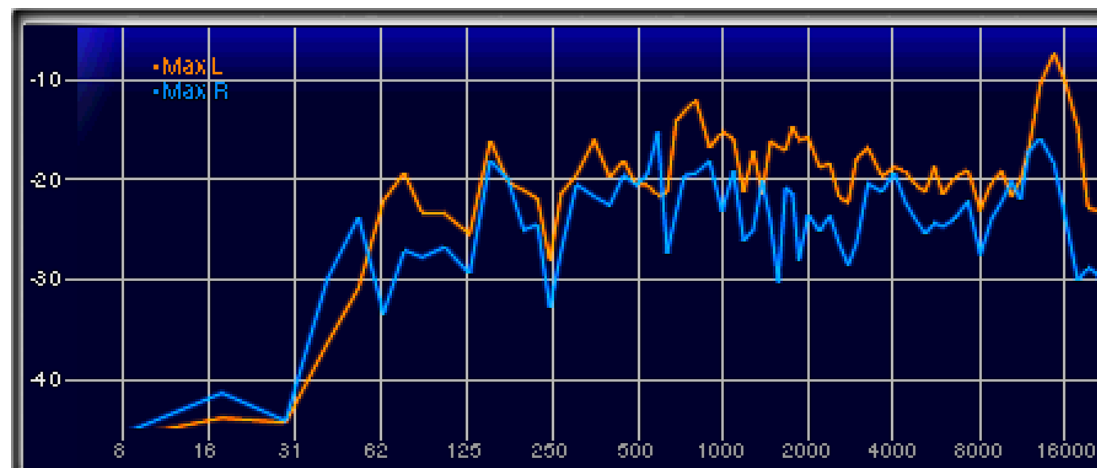


## Égalisation Champ Diffus :

### **HP Arrière Gauche**

Azi +110° / Élév +10°

- Oreille Ipsilatérale G
- Oreille Contralatérale D

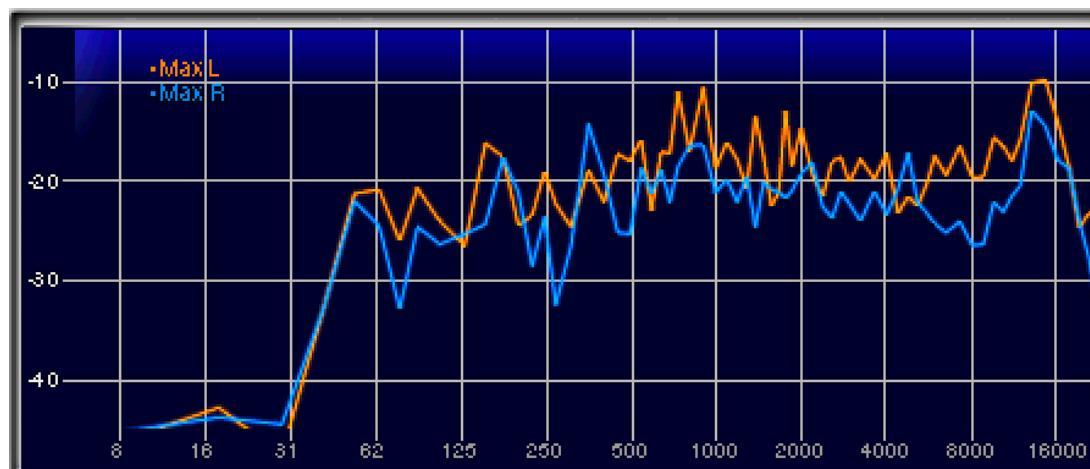


## Égalisation Champ Diffus :

### **HP Arrière Droit**

Azi -110° / Élév +10°

- Oreille Ipsilatérale D
- Oreille Contralatérale G

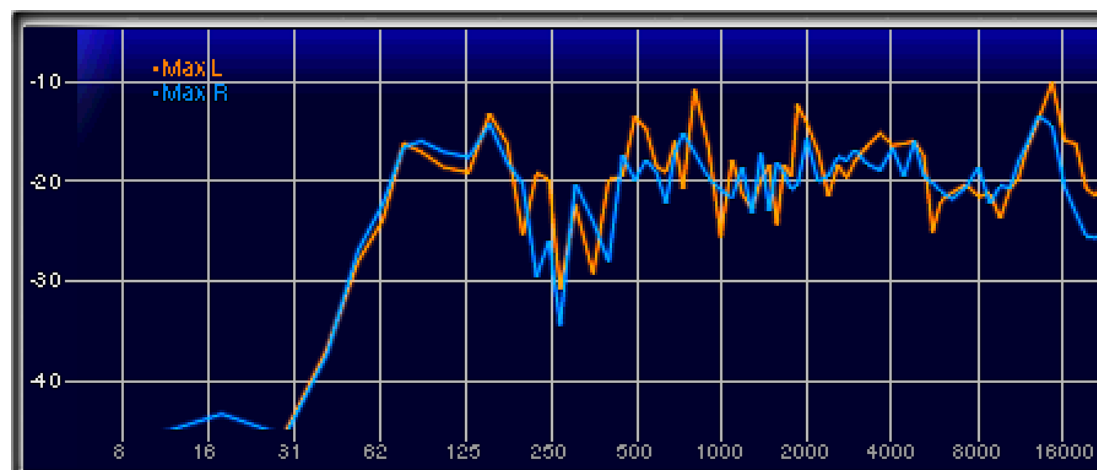


## Égalisation Champ Diffus :

### **HP Arrière Centre**

Azi 180° / Élév +45°

- Oreille Gauche
- Oreille Droite



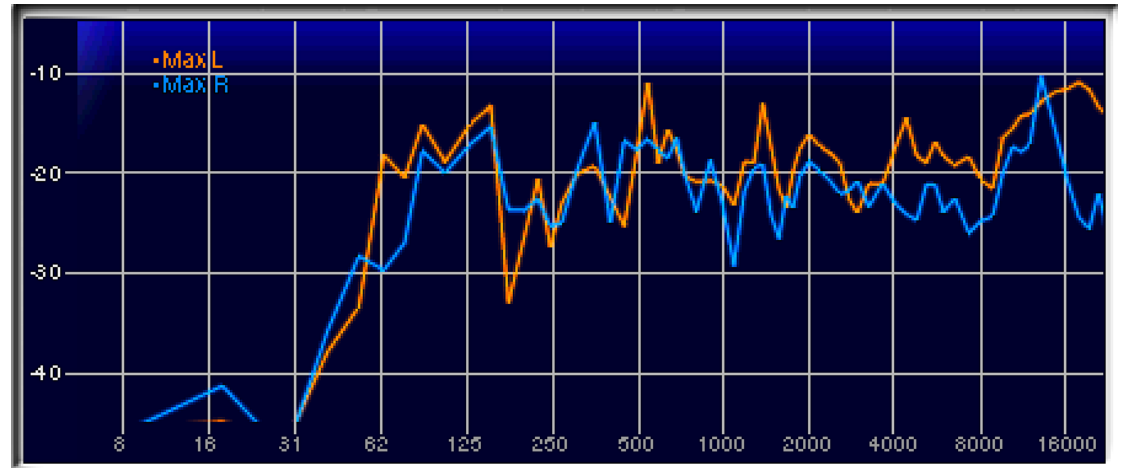
## Égalisation Champ Diffus :

### **HP Hauteur Avant Gauche**

Azi +60° / Élév +45°

— Oreille Ipsilatérale G

— Oreille Contralatérale D



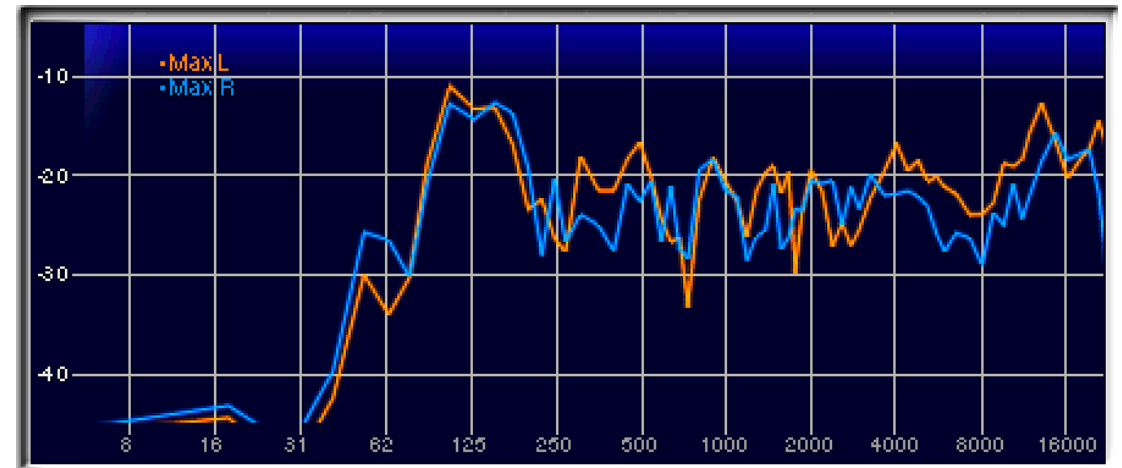
## Égalisation Champ Diffus :

### **HP Hauteur Avant Droit**

Azi -60° / Élév +45°

— Oreille Ipsilatérale D

— Oreille Contralatérale G



[BRIR\\_Lagnel\\_5p1p2\\_EgalChDif\\_fs48KHz.sofa](#)

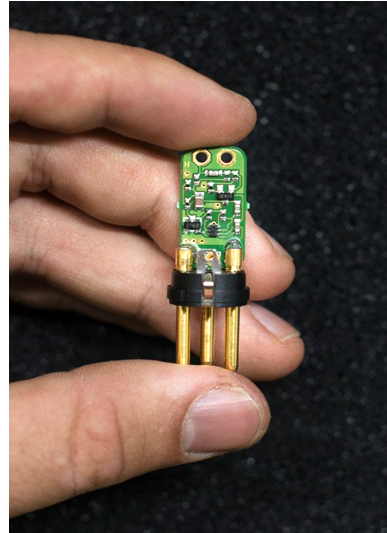
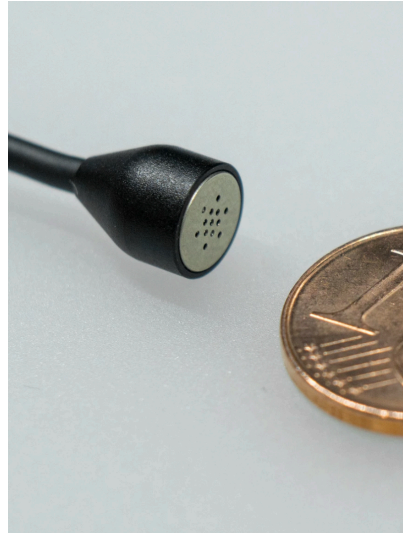
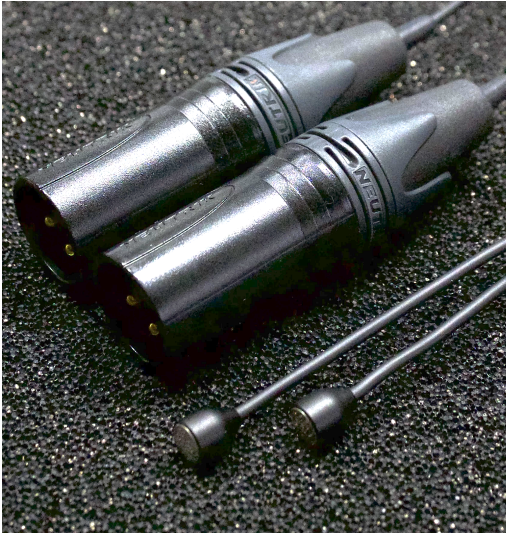
.....

**Alternative aux DPA 4060 : les mikroUši de *LOM*...**

# LOM

## mikroUši Pro

La paire 120,00 €



**Paire de microphones à condensateur pré-polarisés**, à alimentation fantôme et à **tension** asservie **Tension de fonctionnement** : 24-48V (alimentation fantôme, IEC 61938) **Câble** : 1,5 m (pour chaque micro) avec un diamètre de 2,1 mm **Niveau de pression d'entrée maximale** : ~ 115 dB SPL **Sensibilité** : - 32 dB à 1 kHz ( $\pm 3$  dB) **Bruit propre** : ~ 20 dBA **Sortie** : XLR-3M symétrique, sans transformateur, flottante **Impédance de sortie** : 30-50  $\Omega$  **Consommation électrique** : ~ 3mA par broche

**24 V avec le ZOOM H4n double l'autonomie...**

<https://store.lom.audio/collections/microphones-accessories/products/mikrousi-pro>

**ANNEXE**



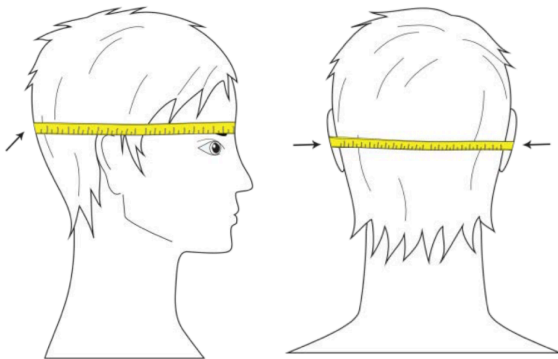


# Plugin Waves



## 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)

# Waves Abbey Road Studio 3 + Nx Track

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



# Écoute Binaurale à 30°

Circonférence de ma tête <b>Cir</b>	Angle de la source
58 cm	30 °

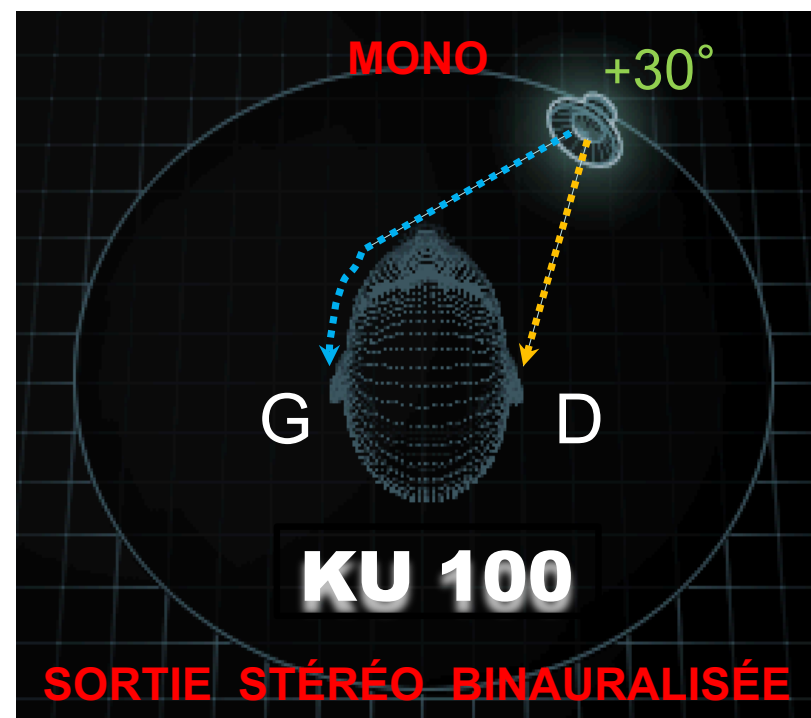
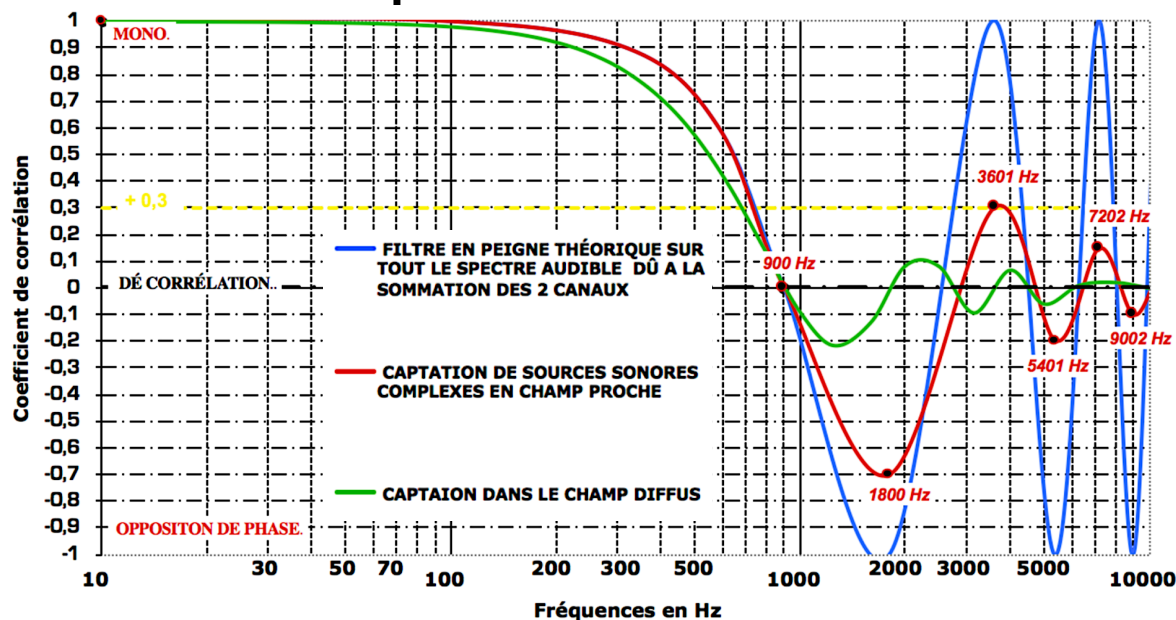
$\Delta T$ = différence de marche du couple	$\Delta T$ en échantillons pour du 48 KHz
9,4 cm	0,3 ms
	13

*Modèle sphérique de Woodworth (1962)*

$$\Delta T = ( \text{Cir} / (2 \pi \times 340) ) \times ( ( \pi / 6 ) + \sin 30^\circ )$$

Filtrage en peigne pour une source Stéréo à 30°

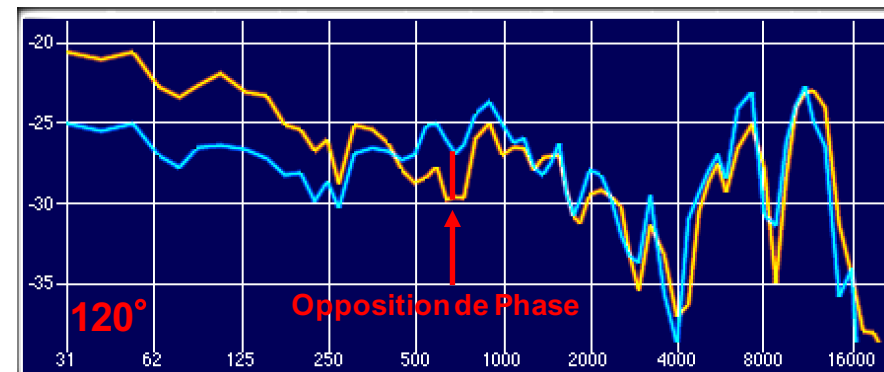
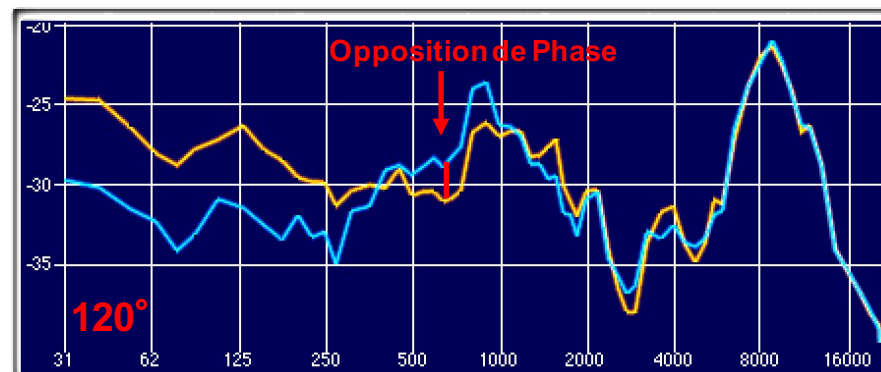
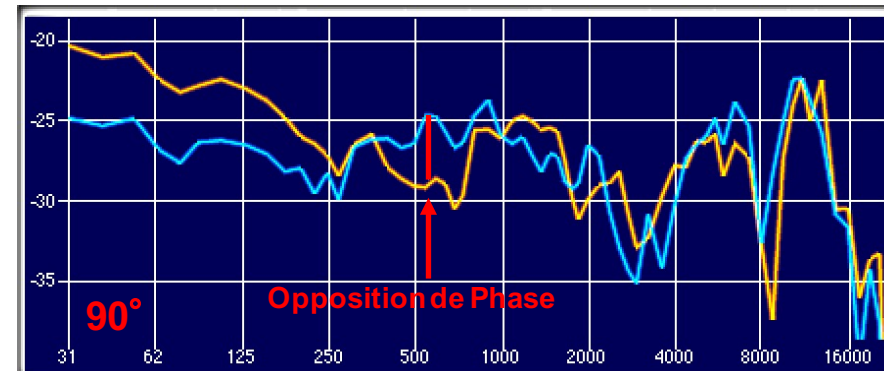
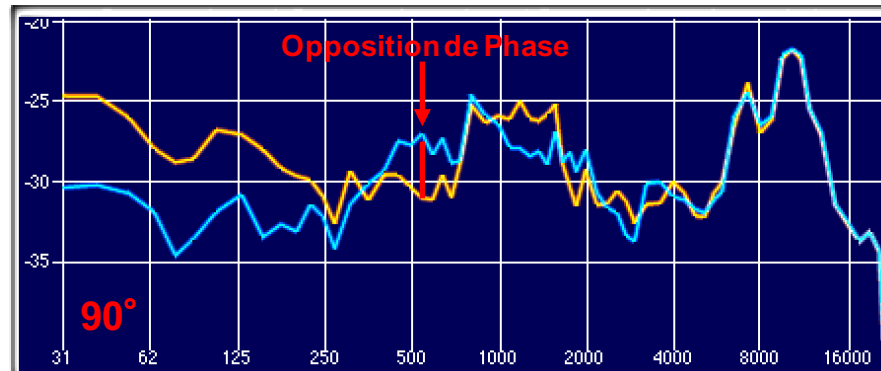
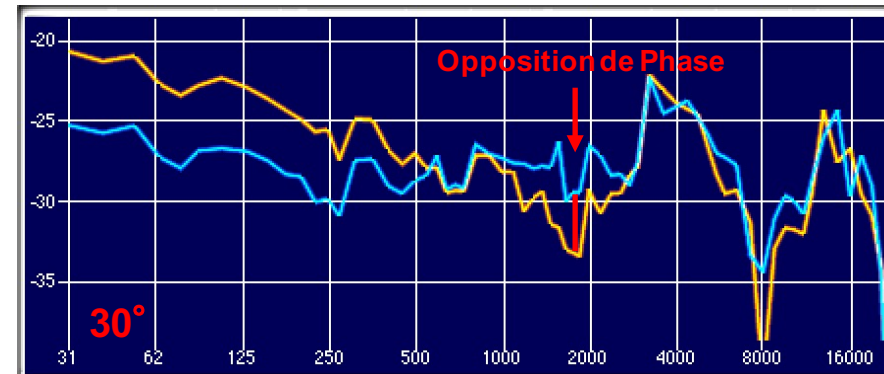
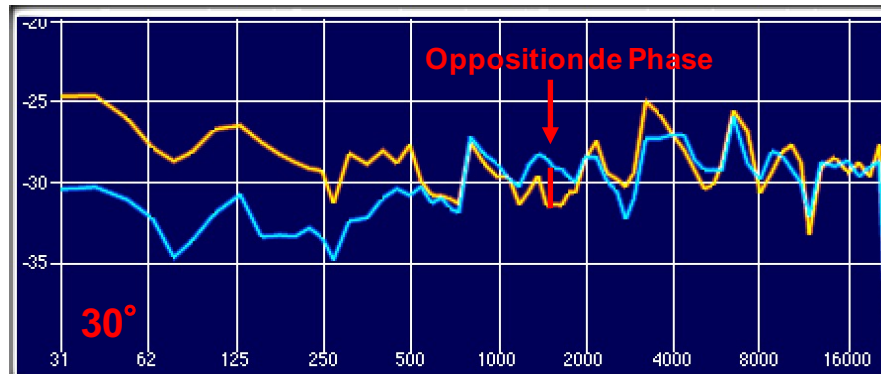
Oreille Ipsilatérale **D** en Stéréo



## WAVES NX :

## COMPARAISON

## AMBEO ORBIT :



— IN MONO  
— IN STEREO

— IN MONO  
— IN STEREO



Merci de votre attention

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

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