https://www.lesonbinaural.fr

Support de cours



Audio Immersif ?

Enveloppement

et Immersion

Prise de Son

Écoute

“ Le concerné ”

Bernard Lagnel

Avril 2025

https://www.dpamicrophones.com/mic-university/

Université Mic

Auteur Eddy Bøgh Brixen | **Temps de lecture** 3 min

Introduction à l'audio immersif : les bases

DPA MICROPHONES

Cet article définit les différentes formes d'audio immersif. Il propose également quelques conseils pour garantir le bon fonctionnement de vos enregistrements immersifs.



https://www.dpamicrophones.com/mic-university/background-knowledge/introduction-to-immersive-audio-the-basics/

Qu'est-ce que l'audio immersif ?

Immersif signifie être totalement entouré par quelque chose – de l'eau, par exemple, si l'on y plonge. Cependant, le son immersif est plus qu'une simple immersion. C'est aussi un enveloppement. L'enveloppement est lié à l'information spatiale, à la perception de l'espace.

L'immersion de l'auditeur est en partie obtenue par la réception du son (de n'importe quelle direction), mais c'est bien plus que cela. Les canaux peuvent contenir des informations sur la même source sonore, mais sous des angles différents. Si tous les canaux diffusent exactement le même son (mono multicanal), il n'y a pas d'enveloppement.

Auparavant, l'audio immersif était appelé son surround ou audio 3D, même si les haut-parleurs étaient uniquement placés horizontalement. Alors que le son surround traditionnel comprend 5.1 canaux (cinq avec bande passante complète et un canal basse fréquence à bande limitée), les nouveaux formats peuvent être, par exemple, 7.1.4 (sept canaux dans la couche de base, un canal d'effets basse fréquence et quatre canaux d'effets haute fréquence), 9.1.4 ou, par exemple, Dolby Atmos, Auro 3D, ou au Japon : 22.2 (10 canaux dans la couche de base, neuf canaux dans une couche supérieure, trois canaux dans une couche inférieure et deux canaux d'effets basse fréquence).

Comment est réalisé l'audio immersif ?

Plusieurs techniques d'enregistrement et de mixage sont utilisées. Les mixages de films pour Atmos et autres formats similaires combinent généralement toutes les sources possibles : sources mono, sources stéréo et enregistrements multicanaux avec informations spatiales. En y ajoutant des objets sonores, il devient possible d'entendre des incidents spatiaux, par exemple le positionnement d'un hélicoptère en approche, obliquement vers l'arrière. Le timecode et les coordonnées déterminent où et quand l'objet apparaît dans le rendu, vrombissant au-dessus de la tête du public.

Ambisonique / Ambisonique d'ordre supérieur

Certains professionnels de l'audio utilisent l'ambisonie, qu'il s'agisse de versions dites de premier ordre ou d'ordre supérieur. L'ambisonie de premier ordre repose sur un réseau de microphones dit de format A (quatre microphones cardioïdes tétraédriques orientés), reformaté virtuellement au format B, avec trois microphones bidirectionnels et un omnidirectionnel. L'ambisonie d'ordre supérieur se compose généralement d'une sphère physique de 10 à 20 cm de diamètre, sur laquelle sont placés 8, 16, 32 ou 64 microphones uniformément répartis. Le mélange des signaux permet d'obtenir des caractéristiques plus nettes, reproduisant plus clairement l'impression de direction. Cette technique offre une grande précision, obligeant l'auditeur à se placer au point idéal. Pratiquement toutes les autres positions produisent le son provenant de l'enceinte la plus proche, sans la sensation d'immersion ou d'enveloppement. Cette technique fonctionne parfaitement en réalité virtuelle, où l'on est toujours au centre. Elle est également simple à réduire à un nombre réduit de canaux, car tous les signaux coïncident, c'est-à-dire coïncident dans le temps.



Enregistrement spatial

D'autres méthodes d'enregistrement naturelles, notamment pour la production musicale, utilisent des formats avec une grande distance entre les microphones d'enregistrement. L'ingénieur du son norvégien Morten Lindberg (2L), auteur de remarquables enregistrements immersifs récompensés par un Grammy Award, utilise un ensemble de sept microphones omnidirectionnels en couche basse et de quatre microphones omnidirectionnels en couche haute. La distance minimale d'un mètre entre les microphones génère un son abondant et non corrélé, donnant à l'auditeur une sensation d'enveloppement sonore. La position de l'auditeur importe moins. Cette technique convient non seulement à la musique, mais aussi à la création de paysages sonores audibles sur une plus grande surface.

Décorrélation

Dans certains mixages, le son provient de quelques canaux. De ces canaux, par exemple les canaux de la couche inférieure, d'autres canaux, comme les canaux de la couche supérieure, sont dérivés par décorrélation. Cette technique implique un traitement spécifique de l'audio. En fait, cette technique s'applique également aux configurations de grand format (sonorisation/concerts) car elle réduit l'effet indésirable du filtrage en peigne.

Configuration des haut-parleurs et configuration du microphone

Souvent, c'est la configuration des enceintes qui détermine la configuration initiale des microphones. Une technique simple de prise de son consiste donc à placer un microphone par enceinte/canal. La question est de savoir comment obtenir les paramètres les plus importants : précision, couverture, immersion, enveloppement, équilibre spectral, etc. Il est extrêmement difficile d'obtenir tous ces paramètres simultanément.

La meilleure solution est d'expérimenter et de tester différentes configurations. Comme mentionné précédemment, des microphones directionnels rapprochés permettent d'obtenir une bonne perception de la position de la source (faible distorsion géométrique dans la zone idéale). C'est généralement la technique privilégiée pour la reproduction scientifique des paysages sonores, etc.

Les microphones espacés offrent un meilleur enveloppement. On peut utiliser des microphones directionnels et omnidirectionnels. Cependant, les microphones omnidirectionnels sont excellents pour la capture des basses fréquences, ce qui est possible si tous les haut-parleurs ont une bonne réponse en basses fréquences. Si un certain degré de directivité est souhaité, il est possible d'utiliser des microphones omnidirectionnels avec égaliseurs de pression acoustique.

Conseils pour un enregistrement immersif

- Ajustez le gain de chaque microphone d'un réseau pour présenter la même sensibilité pendant l'enregistrement
- Un espacement plus grand entre les microphones offre un meilleur enveloppement mais, dans certains cas, une précision directionnelle moindre
- Si les haut-parleurs sont très espacés, les microphones doivent également être éloignés

Crédit photo : Morten Lindberg/2L.

https://www.lesonbinaural.fr

Support de cours



Binaural Natif

« Stéréo Augmentée »

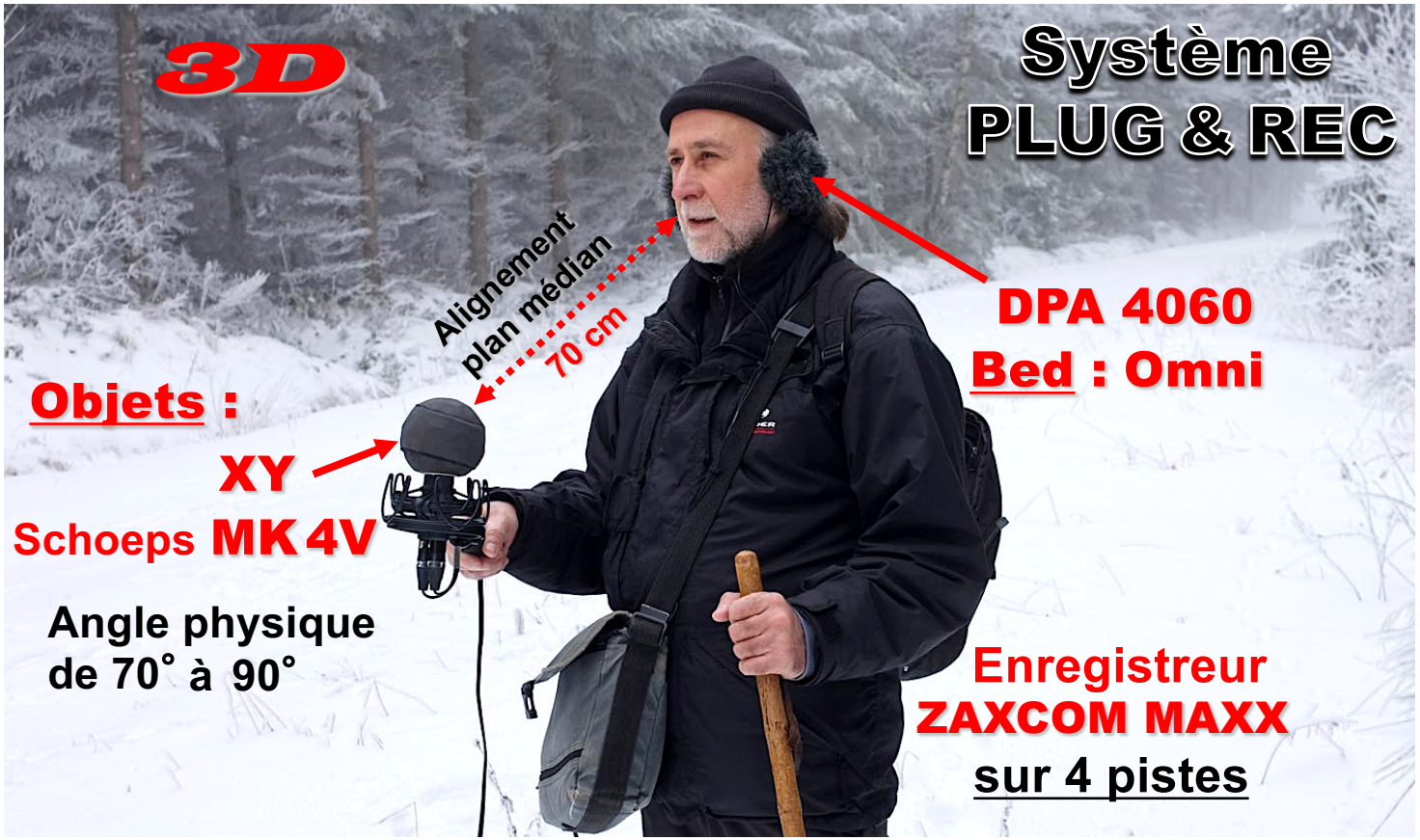
Le Système

PLUG & REC

Le Mixage Objet Natif ...

Bernard Lagnel

Avril 2020



XY Schoeps
CMC MK 4V

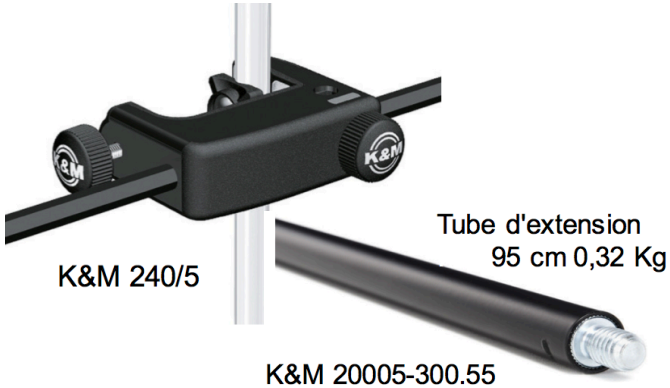


Bonnette Cinela Léonard …
Suspension Rycote
USM-VB modifiée…

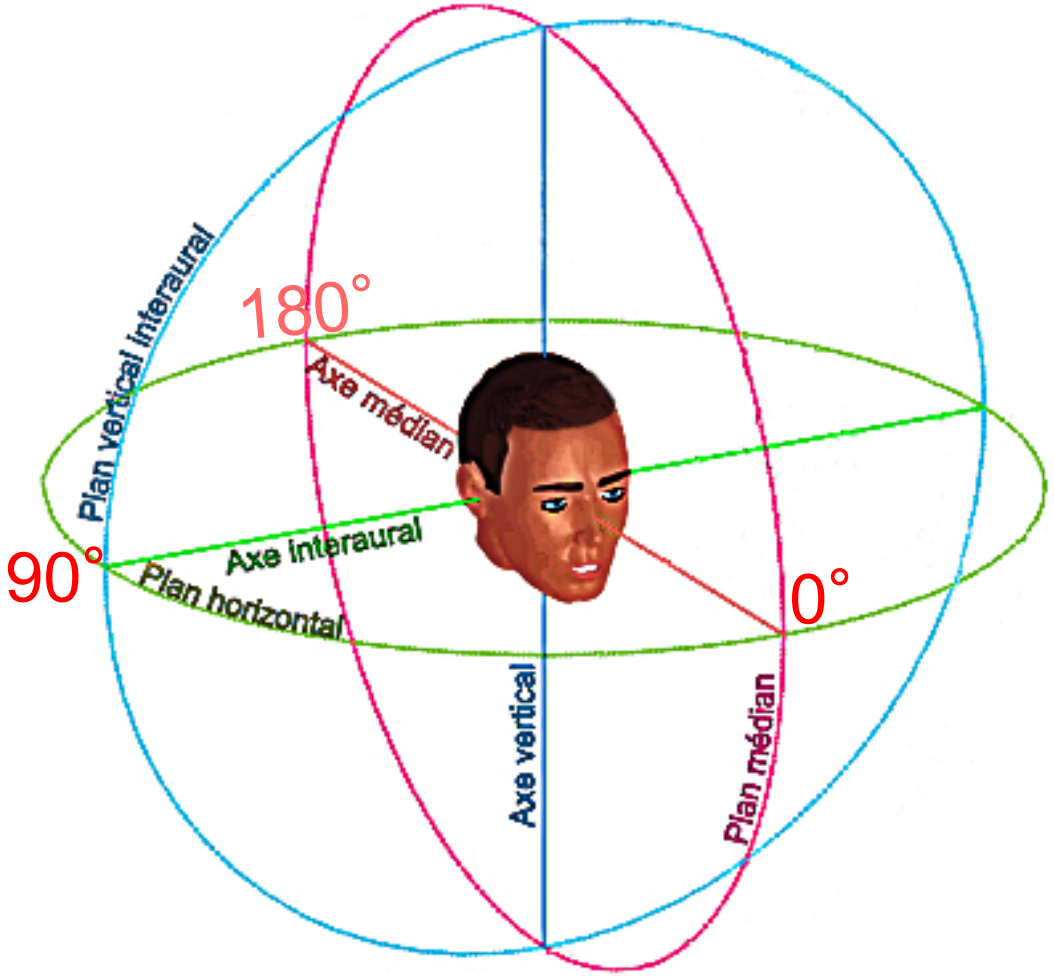


HYPER RADIO

Son : Thomas Robine,
ingénieur du son Radio France



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

Σ

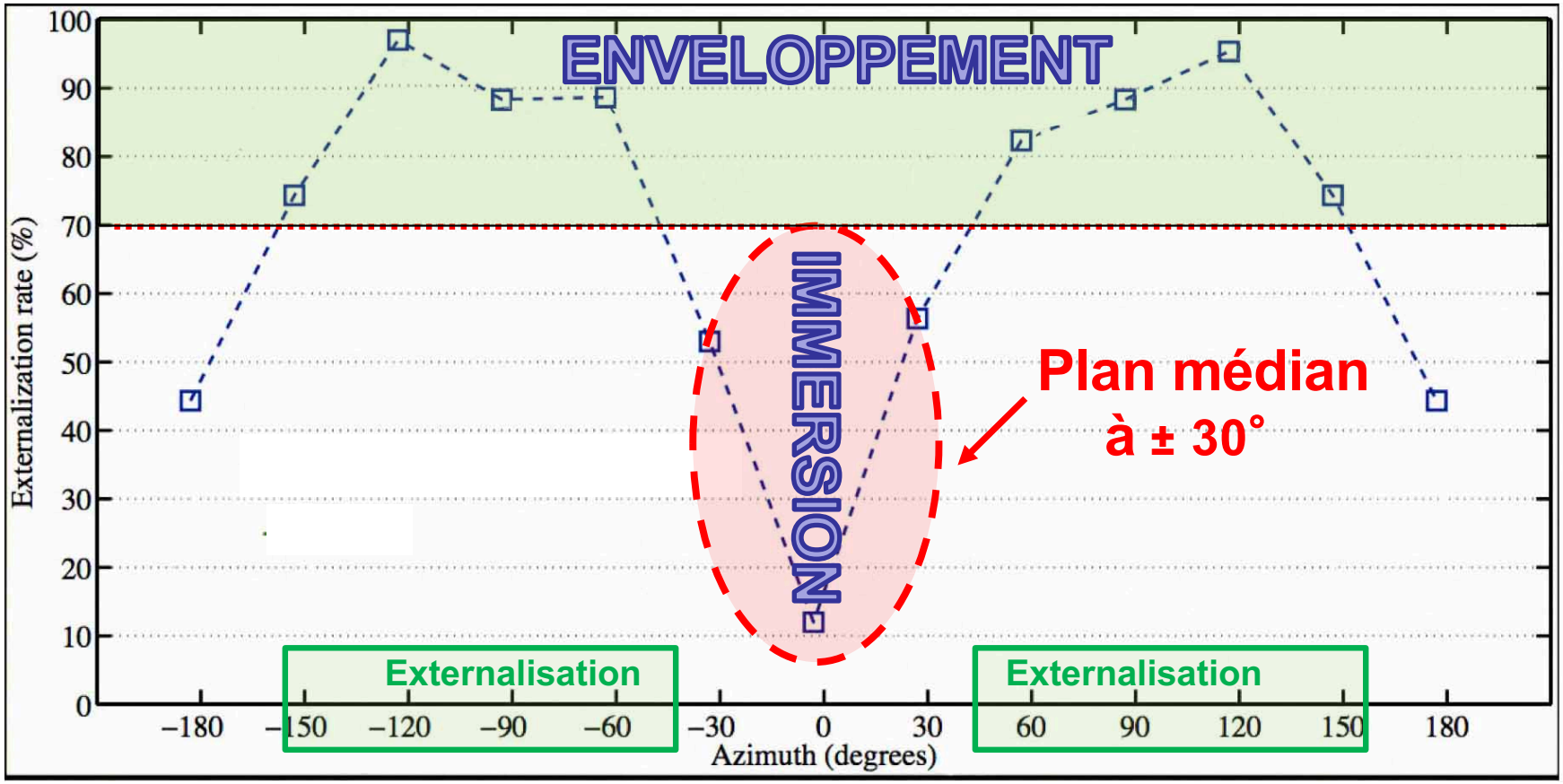
Internalisation ⇒ ***Corrélation*** ⇒ ***XY (Schoeps ou Zoom H4n)***

Externalisation ⇒ ***Dé corrélation*** ⇒ ***DPA 4060 + Oreilles, KU100…***

Internalisation et Externalisation

L'écoute en 3D

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



Σ

Internalisation ⇒ ***Corrélation*** ⇒ ***XY (Schoeps ou Zoom H4n)***

Externalisation ⇒ ***Dé corrélation*** ⇒ ***DPA 4060 + Oreilles, KU100…***



Bruit Rose Stéréo
de la Dé-corrélation à la Mono

télécharger

Le niveau est constant à 0 LU sur toute la plage.

Le phasemètre stéréo ? : ici

ATTENTION Corrélation : Incrémentation de + 0,1 toutes les minutes.

+ 0,0 = Dé-corrélation (G ≠ D) de 0 s à 59 s
+ 0,3 = de 3 mn à 3 mn 59 s
+ 1,0 = Mono (G = D) de 10 mn à 10 mn 59 s

10 min 59 sec

En **.WAV**

24 Bit / 48 KHz

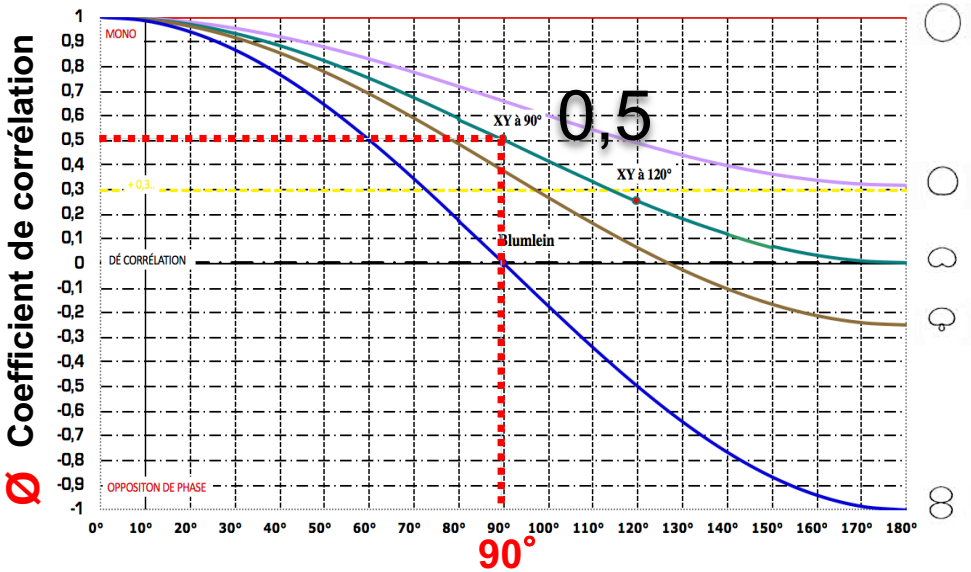
Sur le site lesonbinaural.fr > Écoutes en son binaural 3D > Sons Techniques

La Théorie : *XY en ILD…* Dans le Champ diffus :

Ø : coef de corrélation théorique en Champ Direct . . .

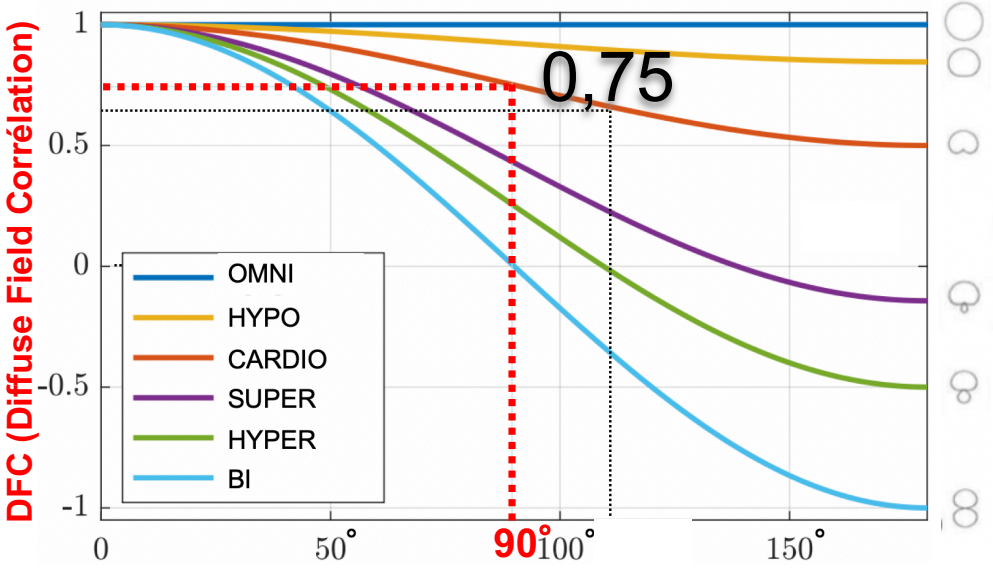
$$Ø = a + (1 - a) . \cos \theta$$

Omni	a = 1
Cardio	a = 0,5
Bi	a = 0



Fonctions de cohérence spatiale de paires de microphones coïncidents de même types :

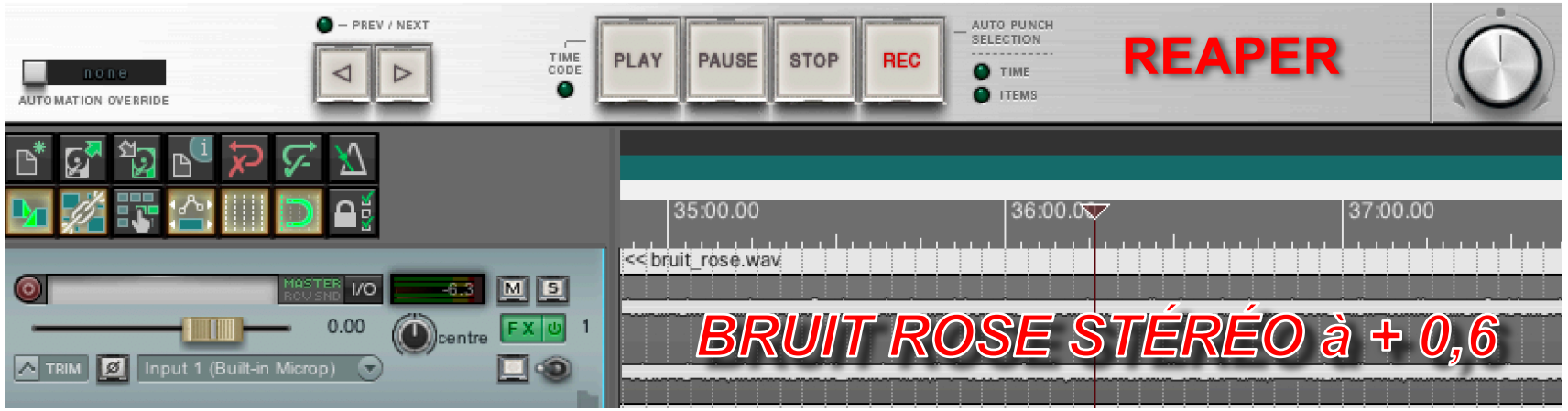
Document AES ILLUSONIC



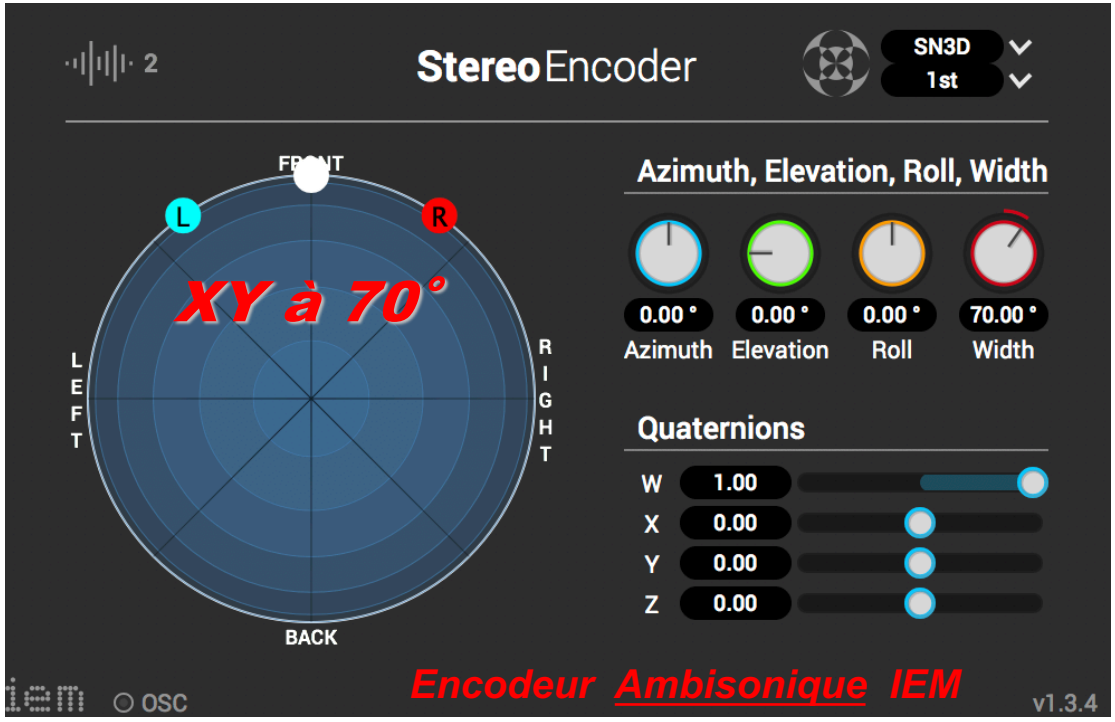


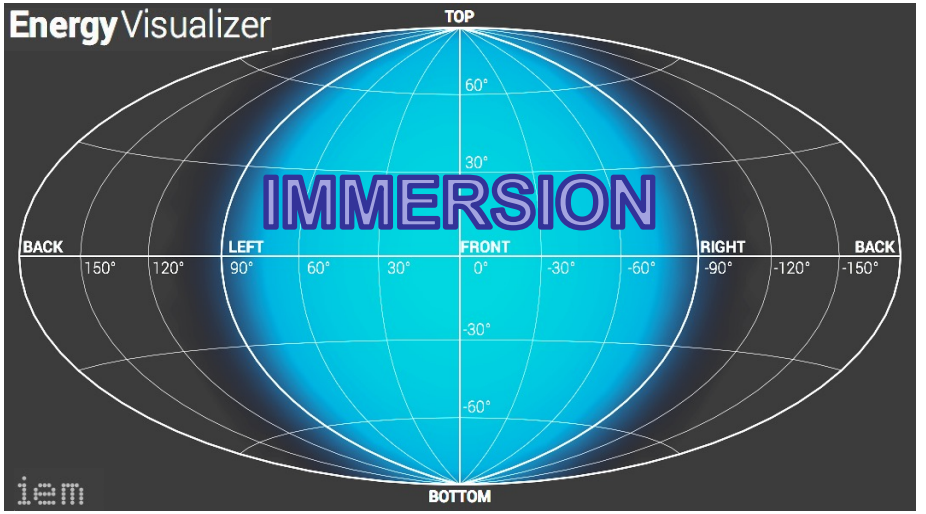
RÉPARTITION dans un ESPACE 3D de la MATIÈRE SONORE pour le XY sur une Perche...

Le 1/3 de l'espace sonore 3D ➡ Phase > à +0,6 :



https://plugins.iem.at





INTERNALISATION

⬇

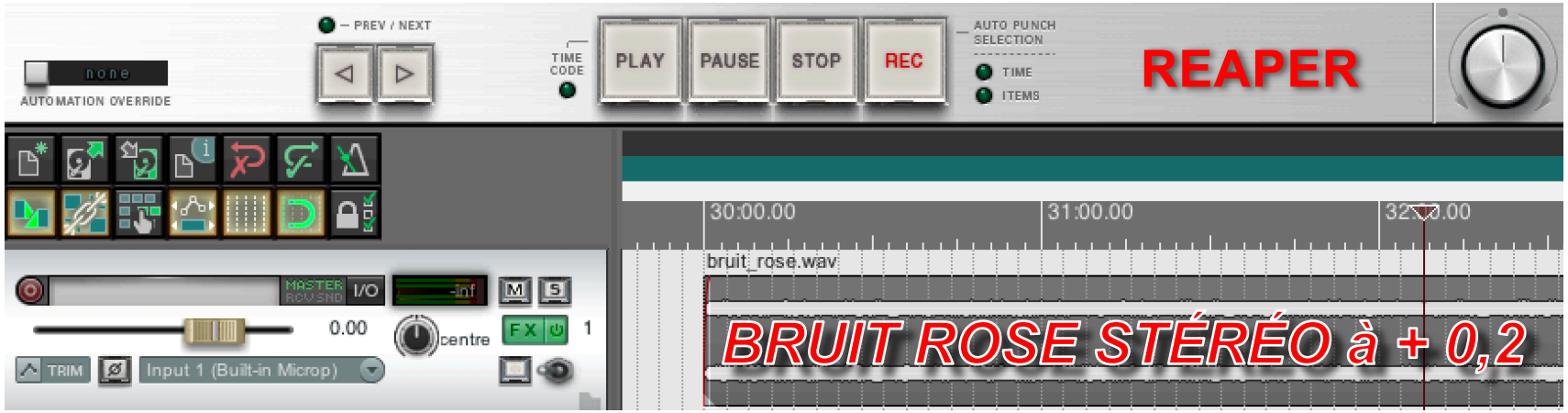
NOYAU AU CENTRE



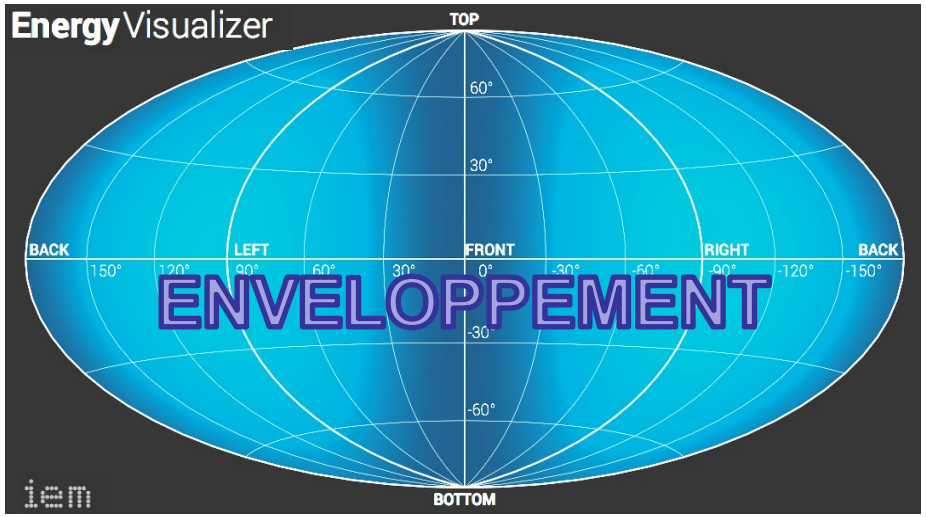
RÉPARTITION dans un ESPACE 3D de la MATIÈRE SONORE pour les DPA 4060 dans les Oreilles...

Les 2/3 de l'espace sonore 3D ➡ Phase < à + 0,3 :

https://plugins.iem.at







EXTERNALISATION

⬇

TROU AU CENTRE

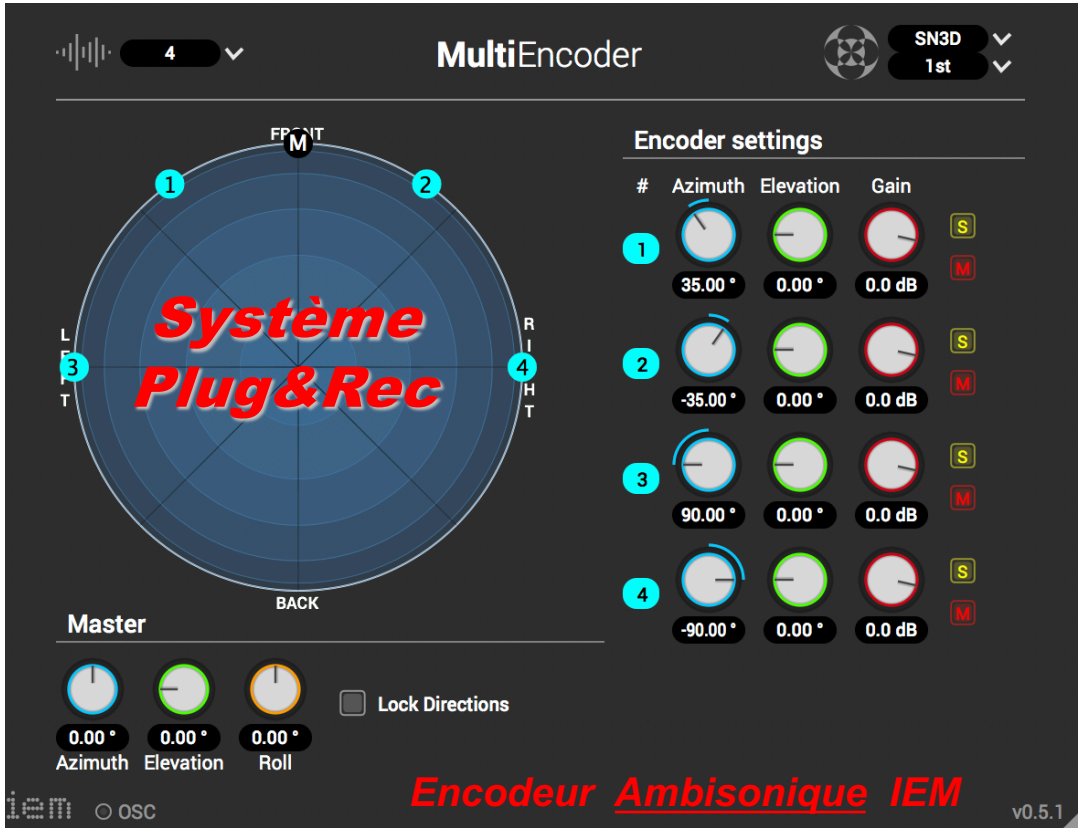


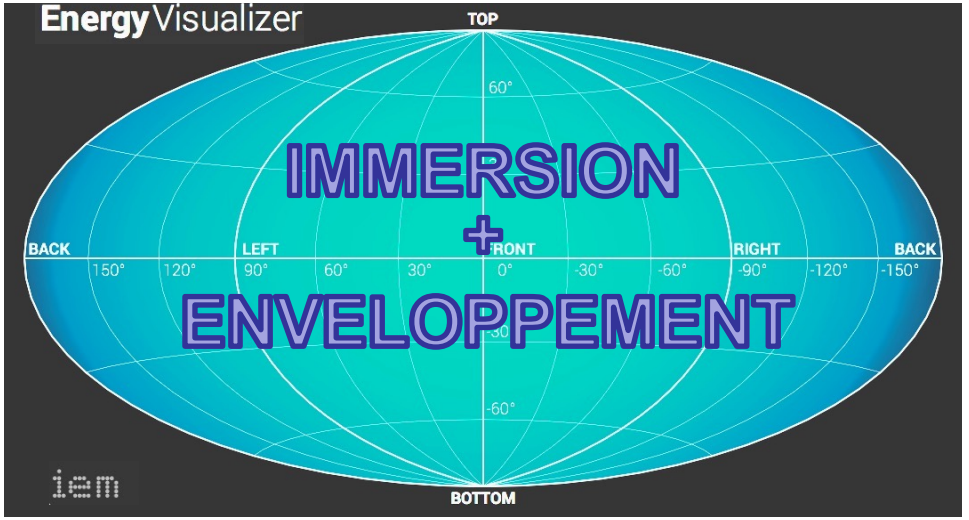
RÉPARTITION dans un ESPACE 3D de la MATIÈRE SONORE

Système Plug & Rec :



https://plugins.iem.at





XY + DPA 4060

+ de matière au Centre

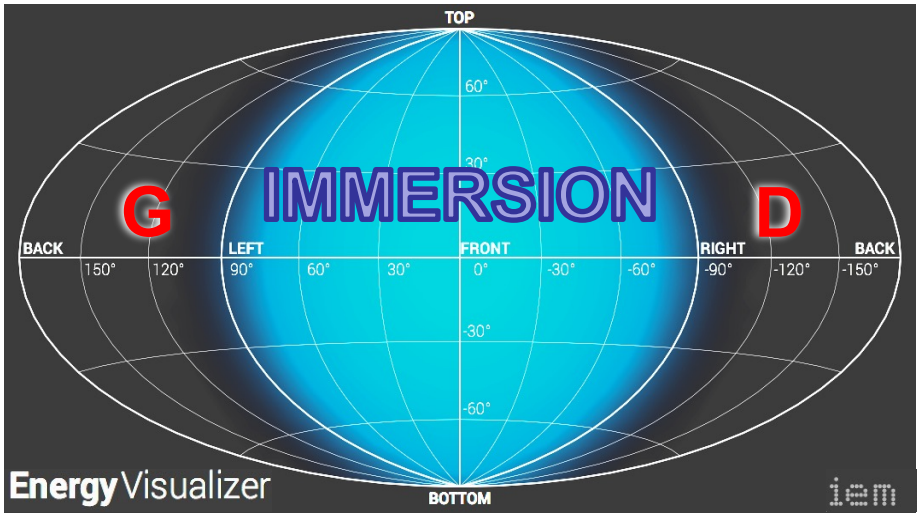
+ de relief


REAPER
PLAY
PAUSE
STOP
REC
30:40.00
31:00.00
31:20.00
31:40.00
32:00.00
ZAX 5 102019 DRAMA AUTOGRAPHES XY .wav
XY SCHOEOPS MK4V (perche)
ZAX 5 102019 DRAMA AUTOGRAPHES DPA 4060 .wav
DPA 4060 (dans mes oreilles)
XY 4V SCHOEPS
DPA 4060 BINAURAL
Mixeur
Limiter
Dorrough Stereo
OUT 1 / OUT 2
XY + BIN
VST3: Dorrough Stereo (Waves) - Piste master [2/...
PHASE 0,3
Param
2 Ent. 2 Sor.
UI
OUT 1 / OUT 2
VST: Limiter (Kilohearts...
Limiter
KILOHEARTS
Threshold
Release
-1 dB
In Gain
10 ms
Out Gain
OUT 1 / OUT 2
Essayer de maintenir
la phase autour de 0,3…
Stéréo Augmentée
GRATUIT

RÉPARTITION de la MATIÈRE SONORE dans un ESPACE 3D :

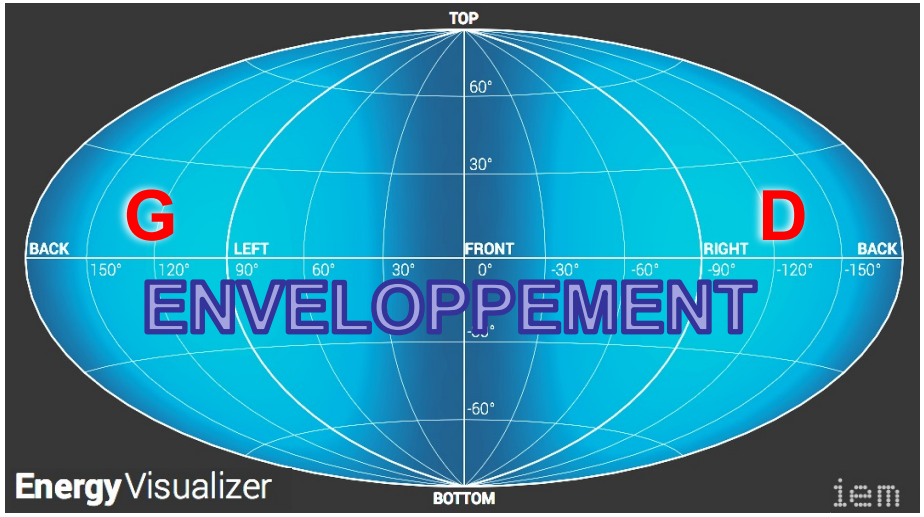
BRUIT ROSE STÉRÉO à +0,6

https://plugins.iem.at



BRUIT ROSE STÉRÉO à +0,1

https://plugins.iem.at



NOYAU AU CENTRE → **MONO ÉLARGIE** → **IMMERSION** → **INTERNALISATION**

STÉRÉO

5.1

BINAURAL

TROU AU CENTRE → **SON SUR LES HP** → **ENVELOPPEMENT** → **EXTERNALISATION**

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

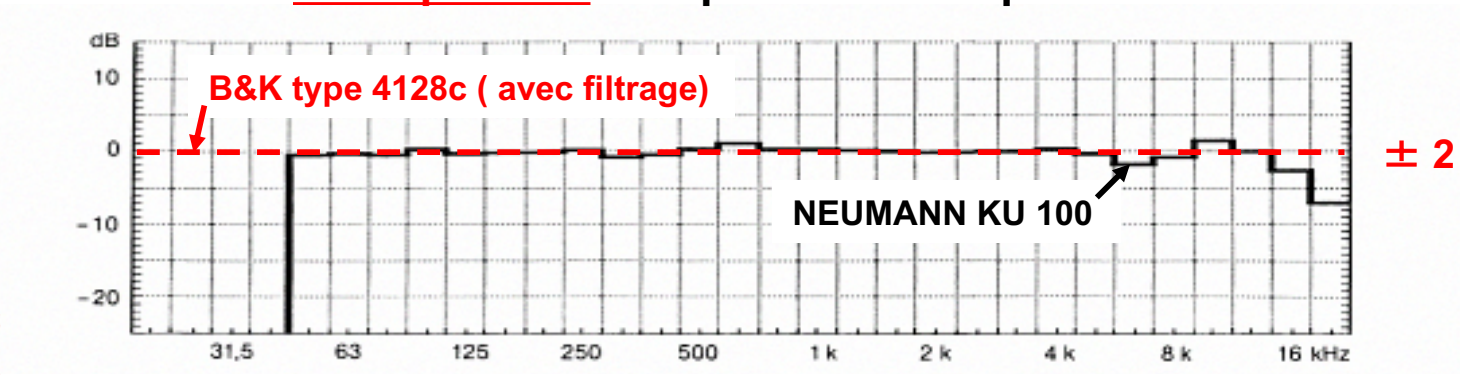
- **Filtre coupe bas à 40 Hz ou 150 Hz et atténuation de 10 dB.**

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

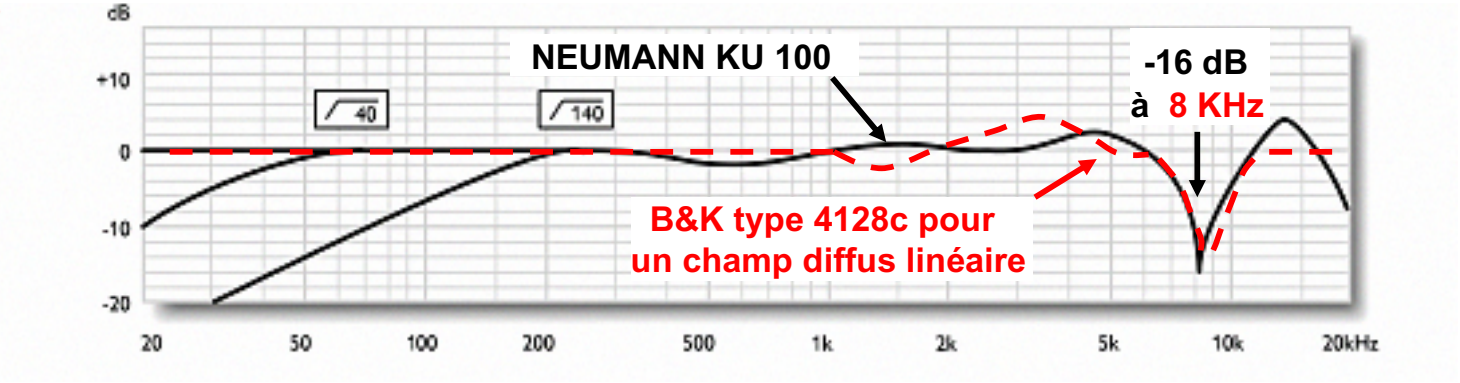
NEUMANN KU 100

Documents Neumann
Documents B&K

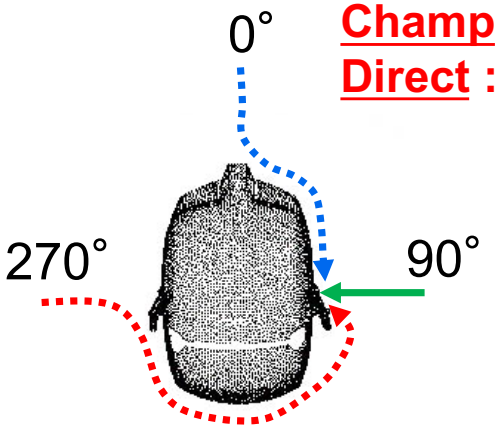
Champ Diffus Réponse en Fréquence :

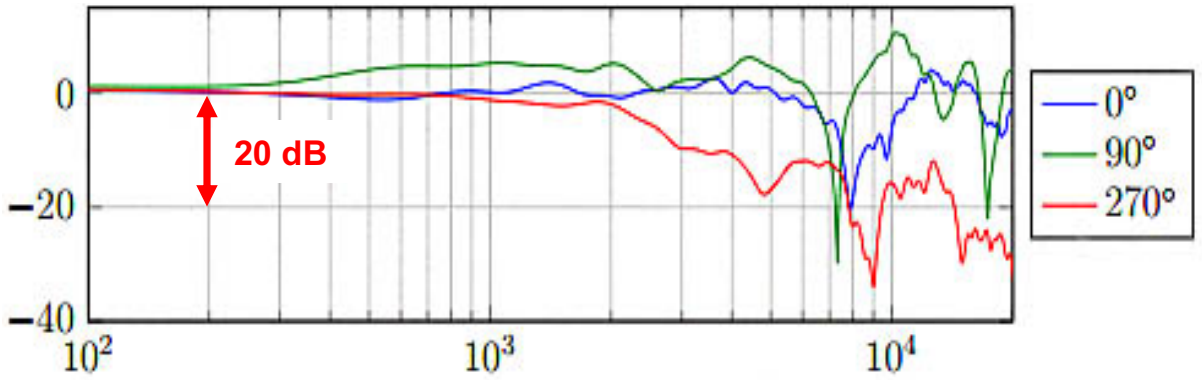


Champ Direct Réponse en Fréquence à 0° :



Champ Direct :





Jakob Vennerød
Trondheim, June 2014



Orbit Plug-in

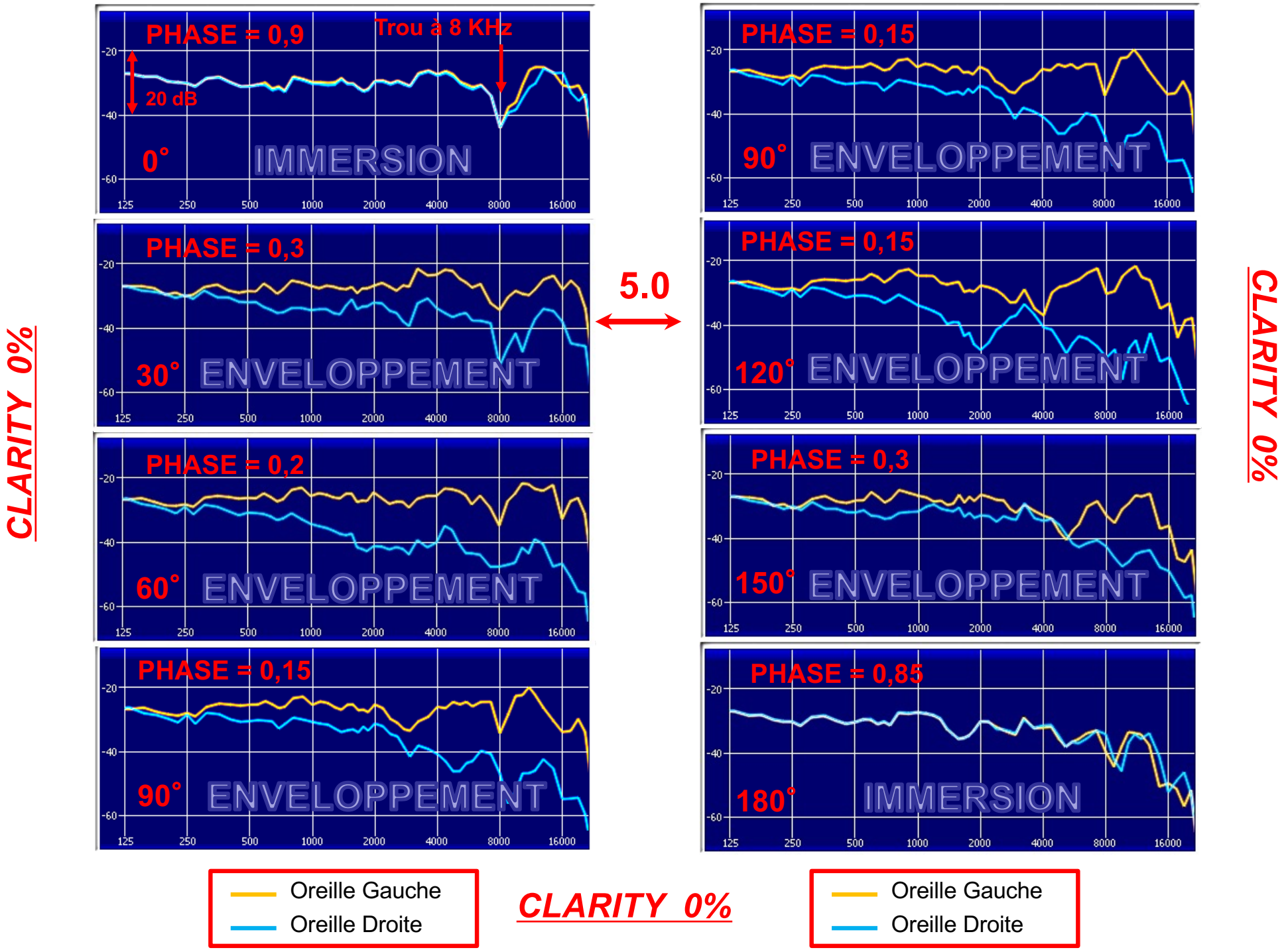
L'AMBEO Orbit est un plugin de panoramique binaural Sennheiser conçu pour faciliter le mixage de contenu binaural immersif.

En associant la tête **Neumann KU100** – 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.

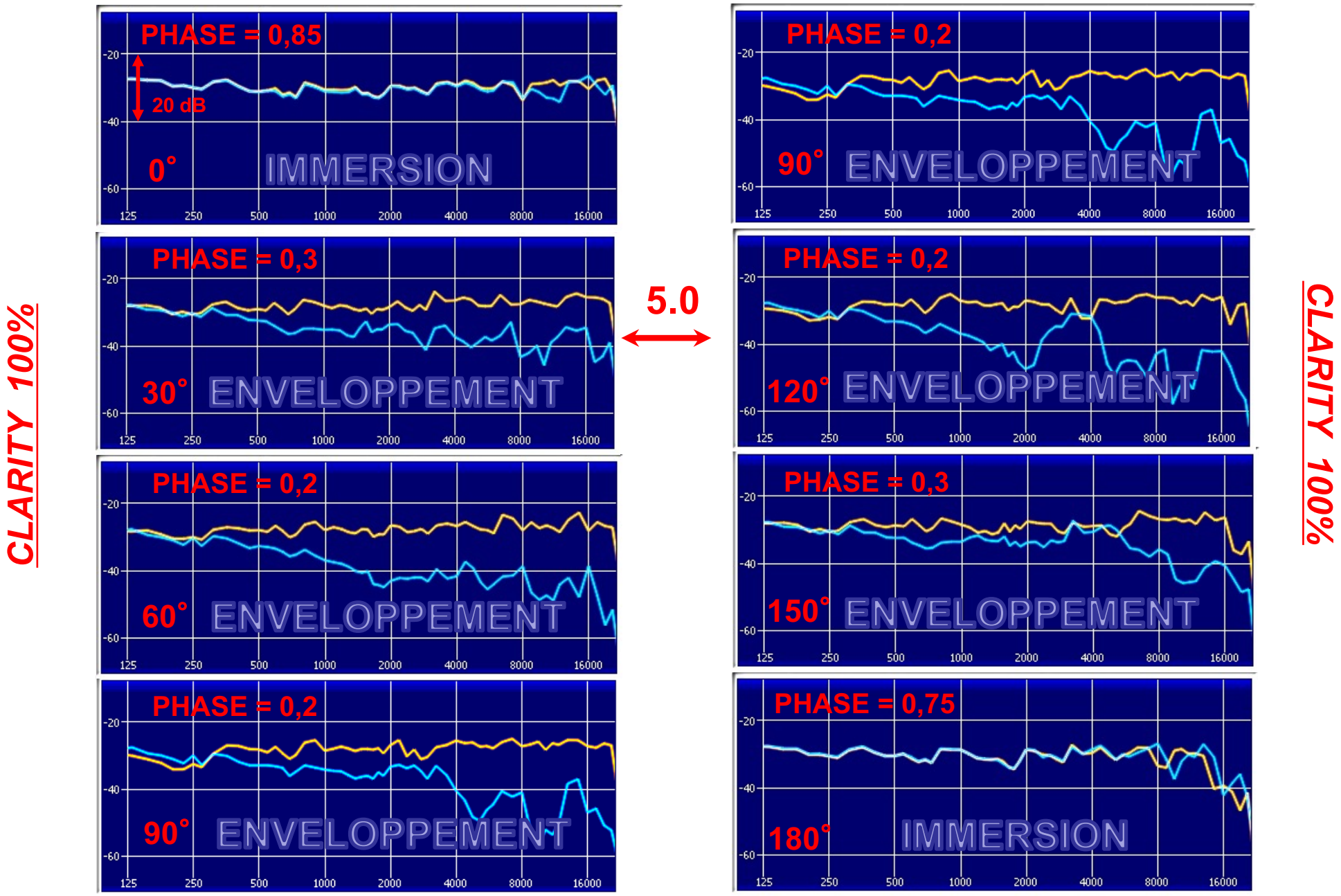
En fait, la commande brevetée de clarté vous permet de choisir l'ampleur de la coloration binaurale à appliquer. En outre, l'interface unique pour créer des réflexions de salle binaurales vous permet d'améliorer considérablement la précision spatiale par rapport à un plugin de réverbération.

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

ORBIT : HRTF KU100 pour une source Mono se déplaçant vers la Gauche



ORBIT : HRTF KU100 pour une source Mono se déplaçant vers la Gauche



Le son multicanal - De la production à la diffusion du son 5.1, 3D et binaural (2015)
Bergame Périaux • Jean-Luc Ohl • Patrick Thévenot

« <u>Chapitre 3 Les facteurs perceptifs</u> :

En stéréo on regarde une scène à travers une fenêtre, en multicanal on se situe à l'intérieur de la scène

Points essentiels

- Le standard stéréo : l'image fantôme et la diaphonie acoustique, les limites du standard.
- Le 5.1 et ses contraintes.
- Localisation dans l'espace.
- Principe de fonctionnement, fonctions HRTF, précision de localisation, angle minimum audible, effet Haas et la multiplication des sources, perception de la distance, perception des sources latérales, zone d'écoute, influence de la vision sur la localisation, internalisation et externalisation, synthèse binaurale.
- Impression spatiale, acoustique des salles, taille de l'environnement, spaciousness (largeur, **enveloppement**), réverbérance.
- Attention auditive, rapports son à l'image, dislocalisation, distraction.
- Ébauche de solutions pour l'analyse de l'image sonore multicanal.

<u>Enveloppement</u>
L'enveloppement traduit la sensation d'être entouré par les sons. L'auditeur a la sensation d'être immergé dans un lieu, comme s'il se trouvait réellement dans ce lieu. Cette sensation est très fortement liée à la décorrélation interaurale et repose sur la présence de signal dans les canaux arrière, plus précisément sur le rapport en niveau entre le frontal et l'arrière (équilibre F/A). Un enveloppement optimal demande un rapport F/A bien équilibré, et une décorrélation importante des cinq canaux du multicanal. S'il existe trop de corrélation entre les canaux, l'espace se referme et tend vers une perception d'internalisation. L'enveloppement peut provenir de l'acoustique du lieu (réverbération de la salle, ambiance du lieu) ou bien de la combinaison entre son direct et acoustique. »



AES Section Française Janvier 2013

Paysages Naturalistes en Son 3D pour un Reportage Radio…

Bernard Lagnel

Ingénieur du son

Département Production en Studios

Radio France.

AES France

21/ 01/ 2013

L' Espace de *reproduction* en 2D :

✓ **Stéréo 2.0** « *Tableaux sonores* »

- **Relief** = épaisseur, matière, plans sonores…

  (mélange de ***ILD*** et de **ITD** = *couple ORTF, couple DIN…*)

- **Répartition homogène** de l'image stéréo :

  (sans trou, sans concentration au milieu des enceintes)

✓ **Multicanal 5.1** « *Environnements sonores* »

- **Enveloppement** = **Externalisation** (*tout autour* )

  Tous systèmes de Pds ≥ à **35 cm** d'écartement entre : **L R** et **Ls Rs.**

- **Immersion** = **Internalisation** (*mono* : *à mixer en post-prod*)

  Ajout au système de Pds d' **1** micro : **" Le Concerné "** ⇒ **6** pistes
  (un Super Cardioïde pointé vers le plafond et "pan-poté" sur la console au centre des 5 enceintes en configuration ITU 5.1)

Comment contrôler objectivement le relief, la répartition homogène, l'enveloppement et l'immersion ?

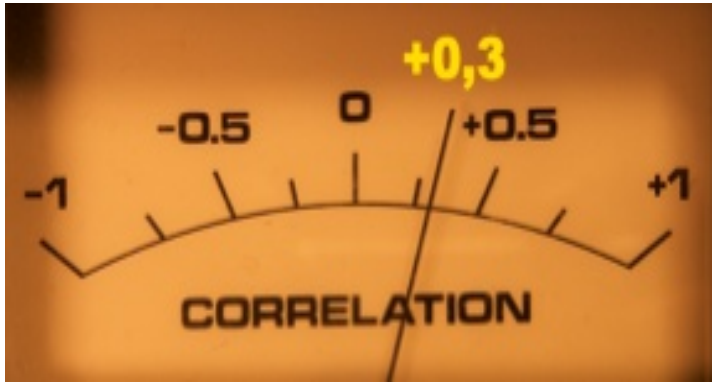
Le phasemètre stéréo ?

Caractéristiques techniques :

1. **Balistique : 400 ms de temps d'intégration minimum (≈ *LU : R128).***

2. **Affiche la même valeur : (écart jusqu'à -35 dBFs d'*ILD*).**

3. **Echelle linéaire : de +1 (mono) à -1 (hors phase).**
   0 indique la décorrélation entre les signaux L et R ⇒ trou au centre de l'image stéréo : « Moïse traversant la mer rouge… ».



+ 0,3 = répartition homogène
Étude psycho acoustique faite à Radio France sur du bruit rose : (⇔ à la musique classique et aux ambiances sonores).

Le phasemètre Multicanal 5.0 ?

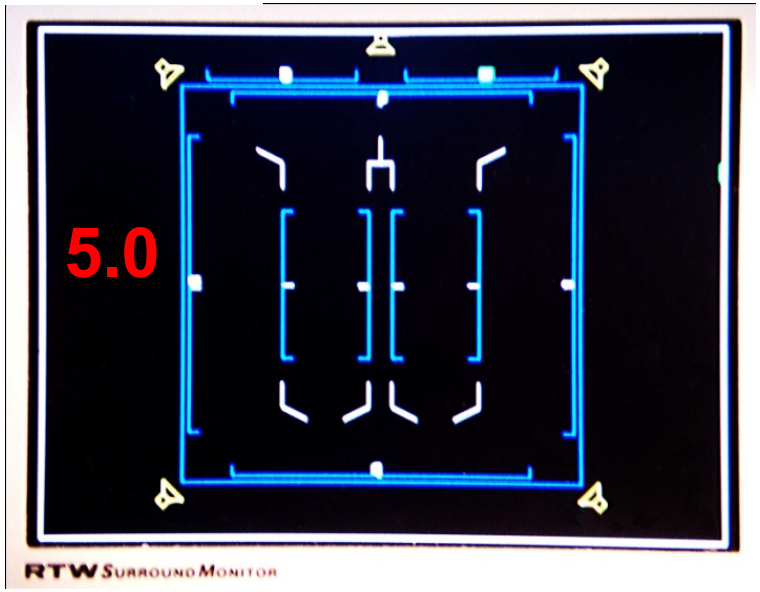
C'est 10 phasemètres stéréo !!

RTW Plug-ins et HardWares

CORRÉLATEURS DE PHASE "*ANALOGIQUES*"

Affichage "*Analogique*" de la Corrélation :

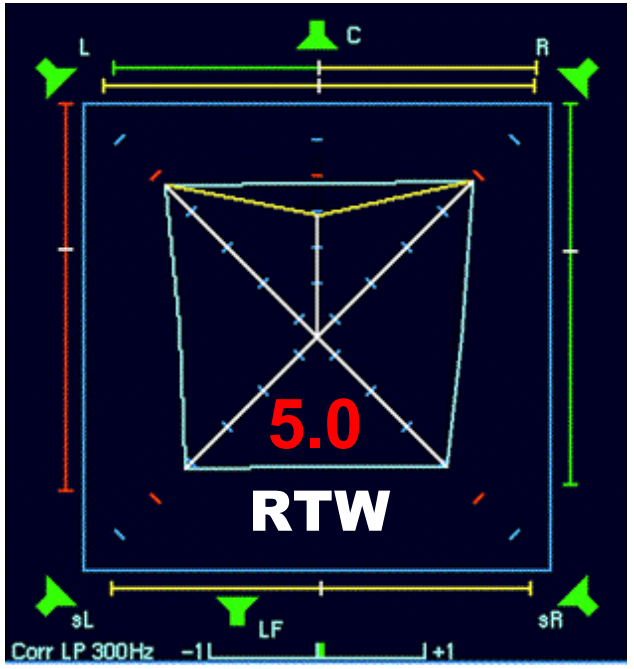
RTW





RTW

Ø - 0,25 ⇩ -1

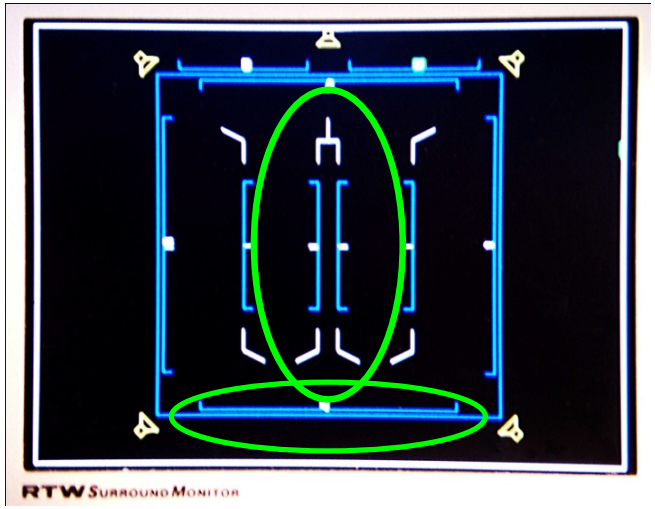


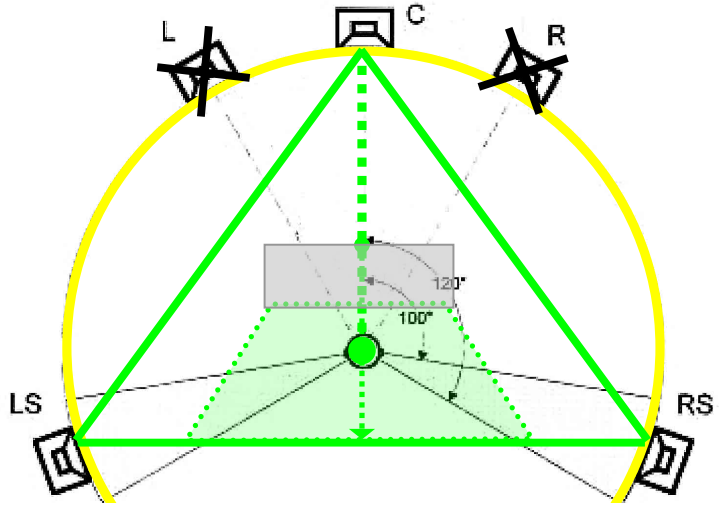
Ø + 1 ⇩ + 0,25

Ø + 0,25 ⇨ - 0,25

Le phasemètre Multicanal 5.0 ?

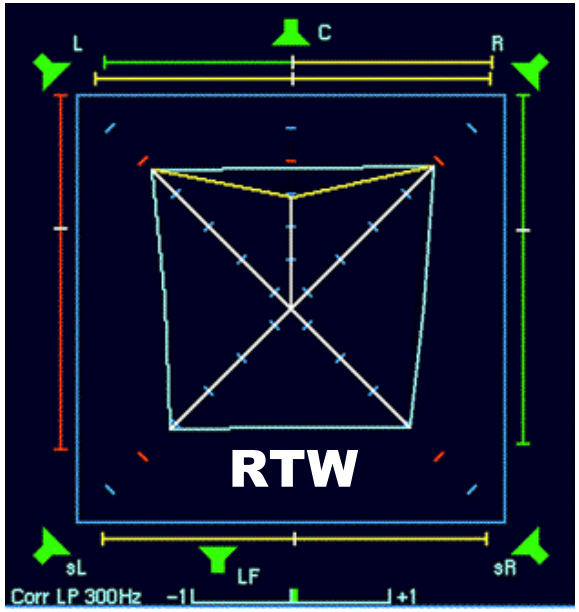
C’est 10 phasemètres stéréo !!





“ Le concerné ”

Ø - 0,25 ⇩ -1



Ø + 1 ⇩ + 0,25

Ø + 0,25 ⇨ - 0,25

Immersion :
Ø ≈ + 1 (corrélation)

Enveloppement :
Ø ≈ 0 (dé-corrélation)

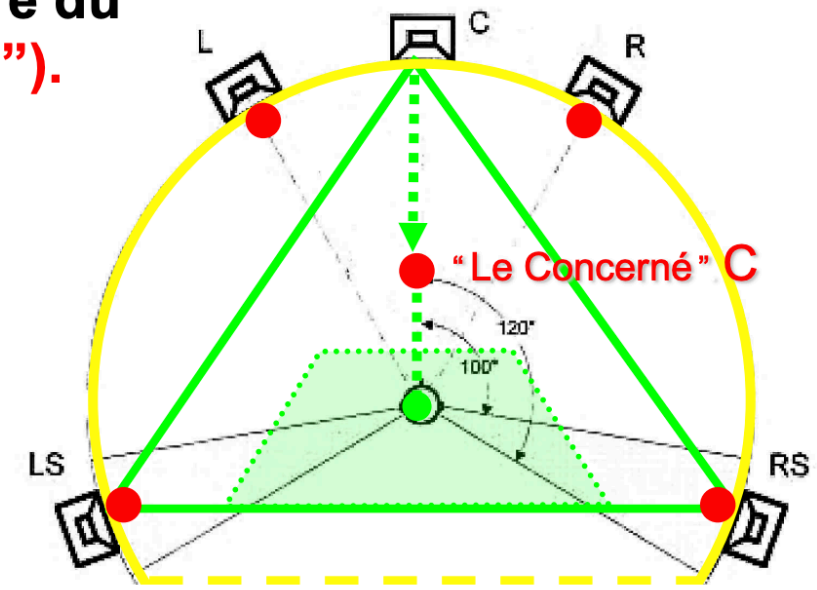
« Le concerné »

- **Enveloppement 4.0 =** Externalisation *(tout autour)*

Systèmes de Pds **≥ à 40 cm** d'écartement entre **L R** et **Ls Rs**.

- **Immersion 3.0 =** Internalisation *(* **C Ls Rs** *)*

Création du Centre C à partir du XY frontal, "pan-poté" légèrement en avant du centre du cercle ITU (C est appelé : " Le Concerné ").



Pan 5.0 :

C = -1 dB
Ls = -10 dB
Rs = -10 dB
} Σ= 0 dB

Enveloppement + Immersion = 5.0

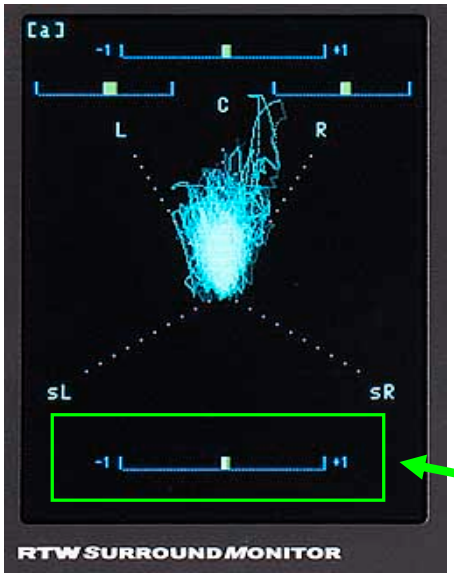
Le phasemètre Multicanal 5.0 ?

C’est 10 phasemètres stéréo !!

Ø - 0,25 ⇩ -1

Ø + 1 ⇩ + 0,25

Ø + 0,25 ⇨ - 0,25



Pour éviter le trou entre Ls et Rs en 5.0 (*recommandation sur les ambiances*) :

Ø ≈ + 0,3

https://www.lesonbinaural.fr

Support de cours

Révision Juillet 2023

CHAMP DIRECT

CHAMP DIFFUS

Distance Critique

Égalisation

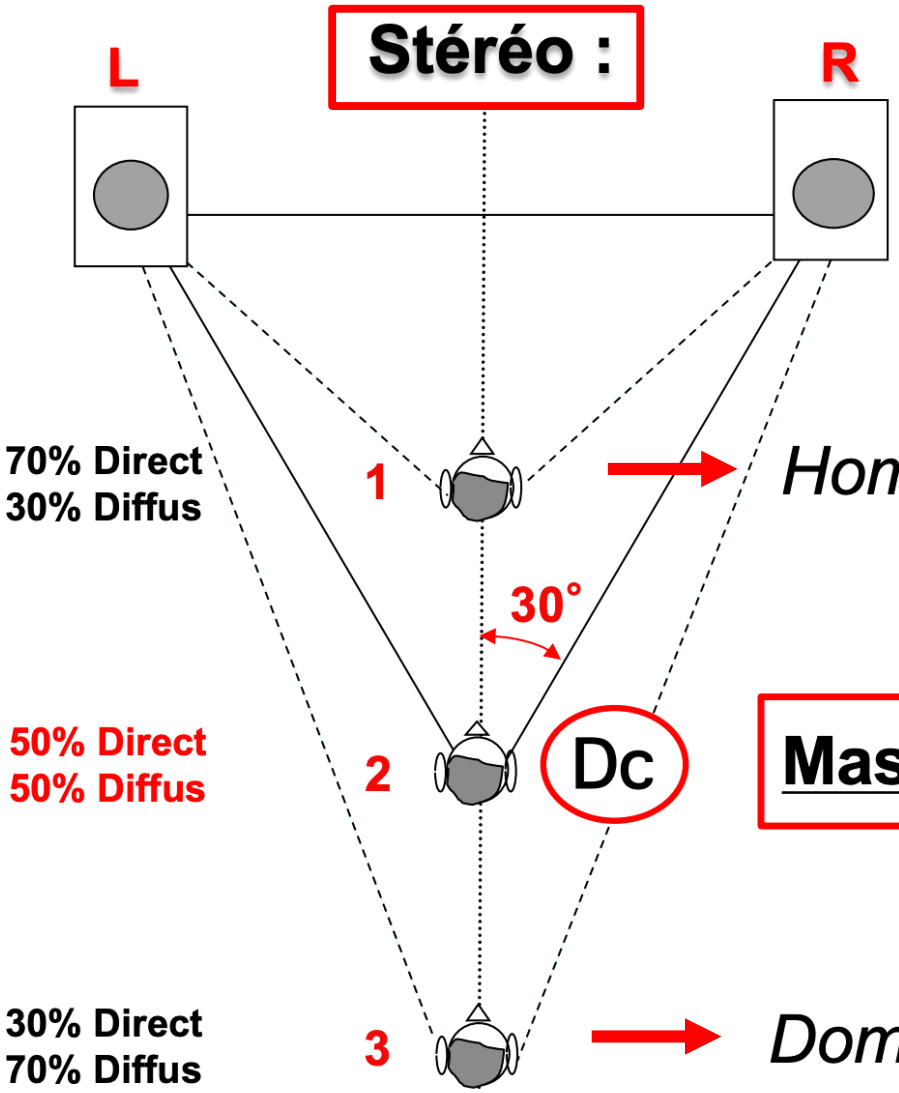
Bernard Lagnel

Avril 2020

+ 0,3 = répartition Stéréo homogène pour une corrélation " *Analogique* "

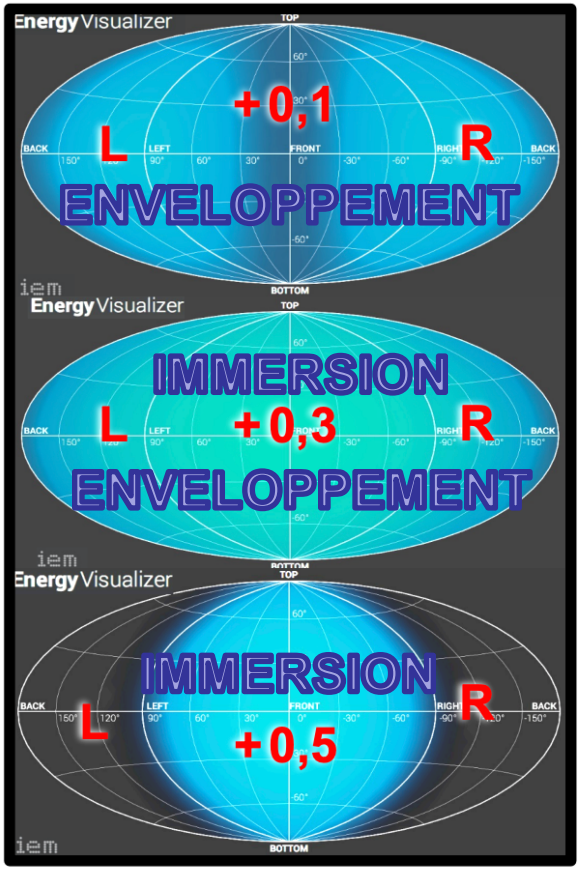
Étude psycho-acoustique faite à Radio France sur du bruit rose

3 positions d'écoutes

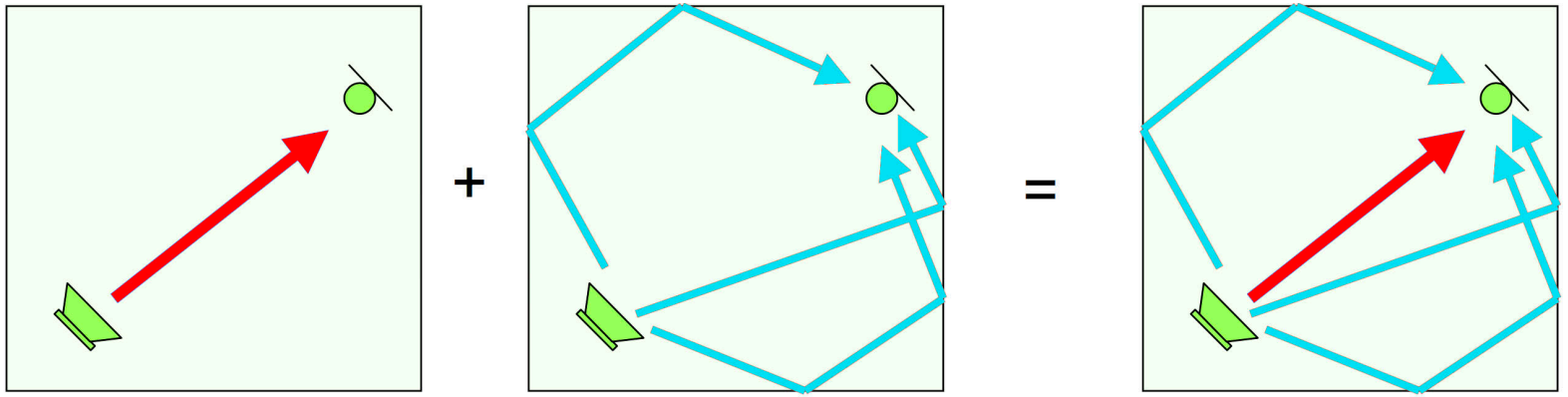




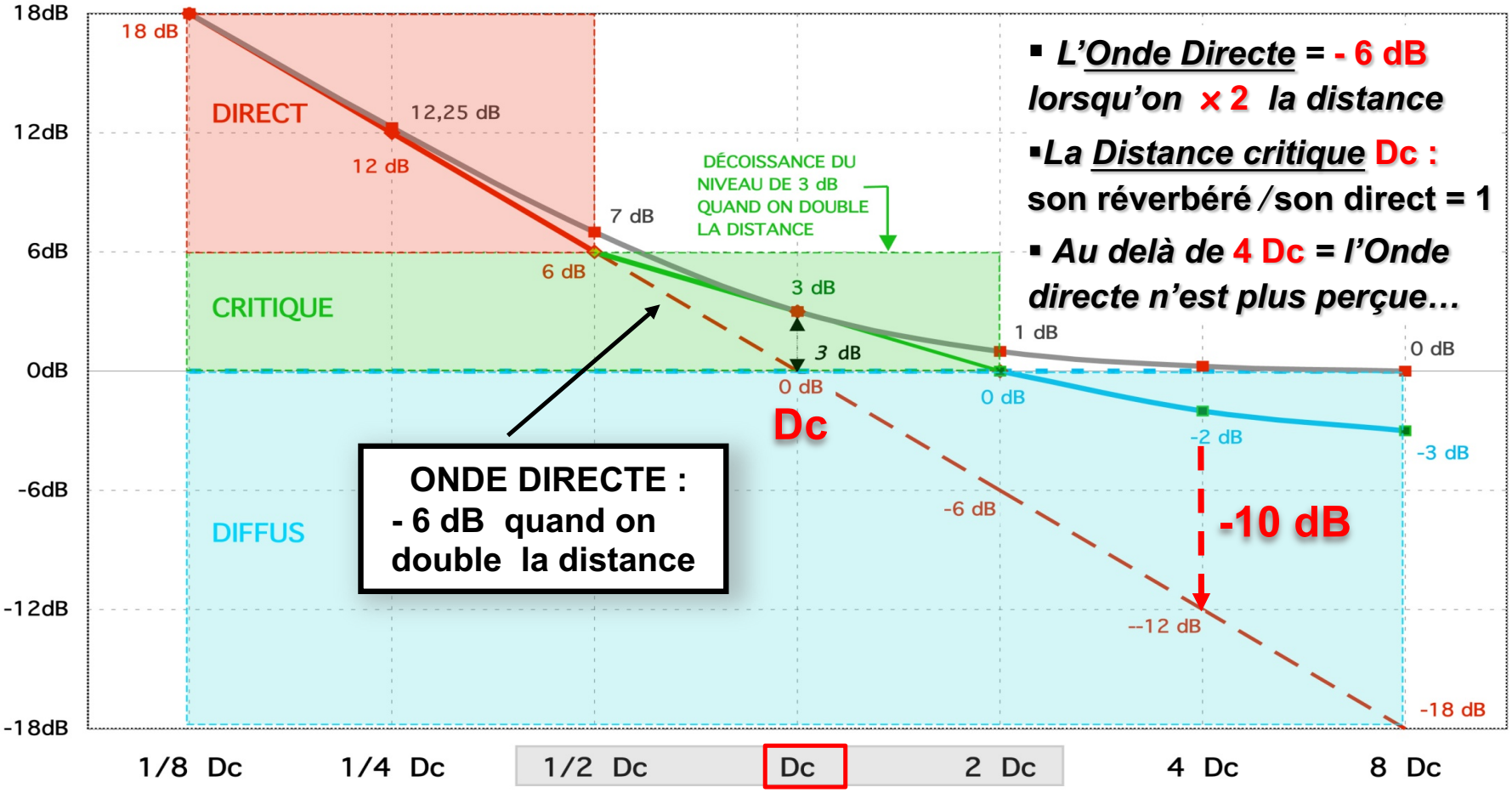
Répartition de l'énergie sonore pour une corrélation à +0,3 à DC …



CHAMP DIRECT - CHAMP DIFFUS - DISTANCE CRITIQUE Dc

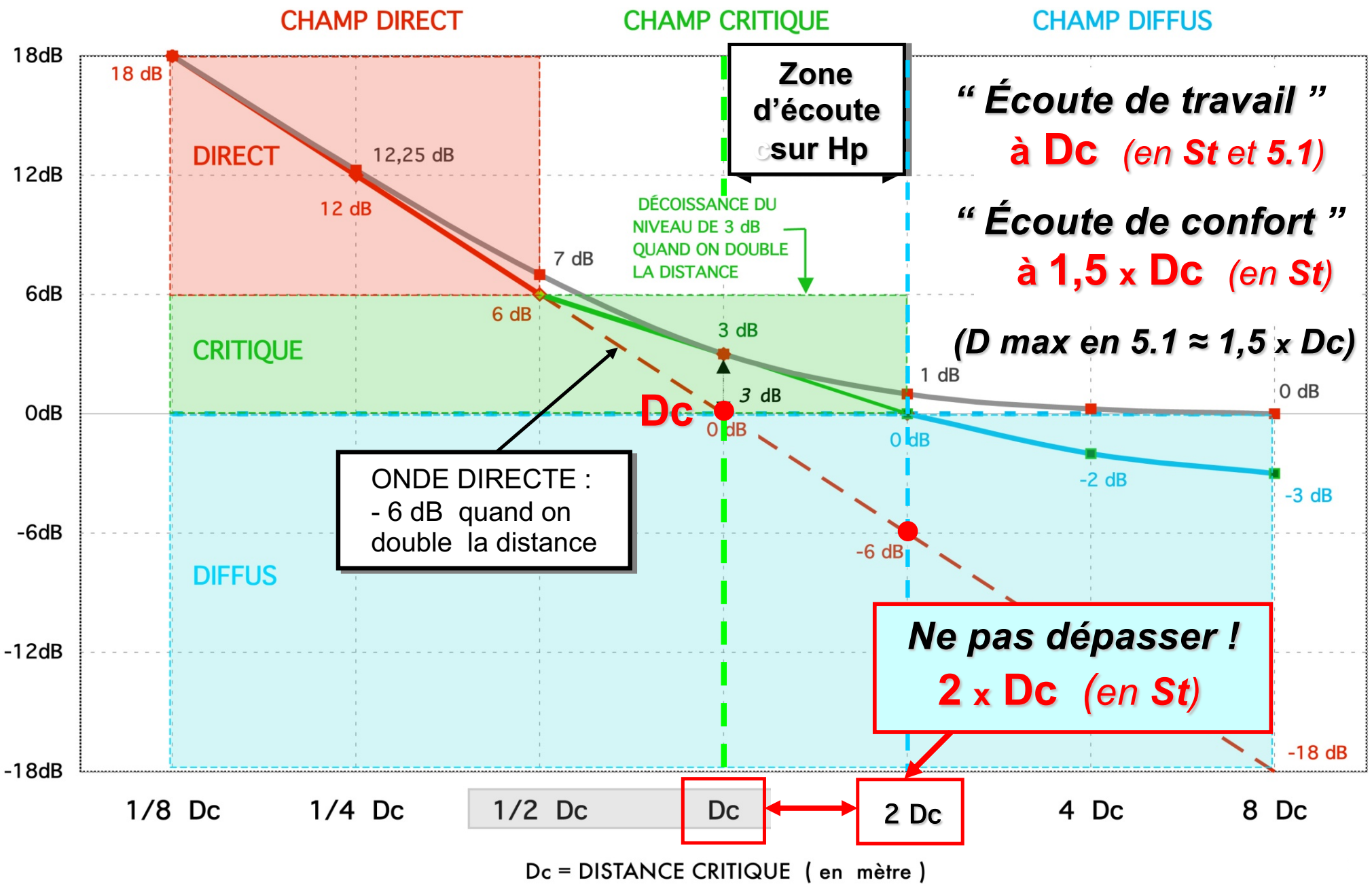


Champ direct | Champ diffus | Propagation dans un local



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

Zone d’écoute en fonction de Dc…



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

V volume en mètre cube (Longueur x Largeur x Hauteur)
Tr temps de réverbération autour de 0,3 s (± 0,1s)
Q coefficient de directivité de l'enceinte autour de 5 (± 2)

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

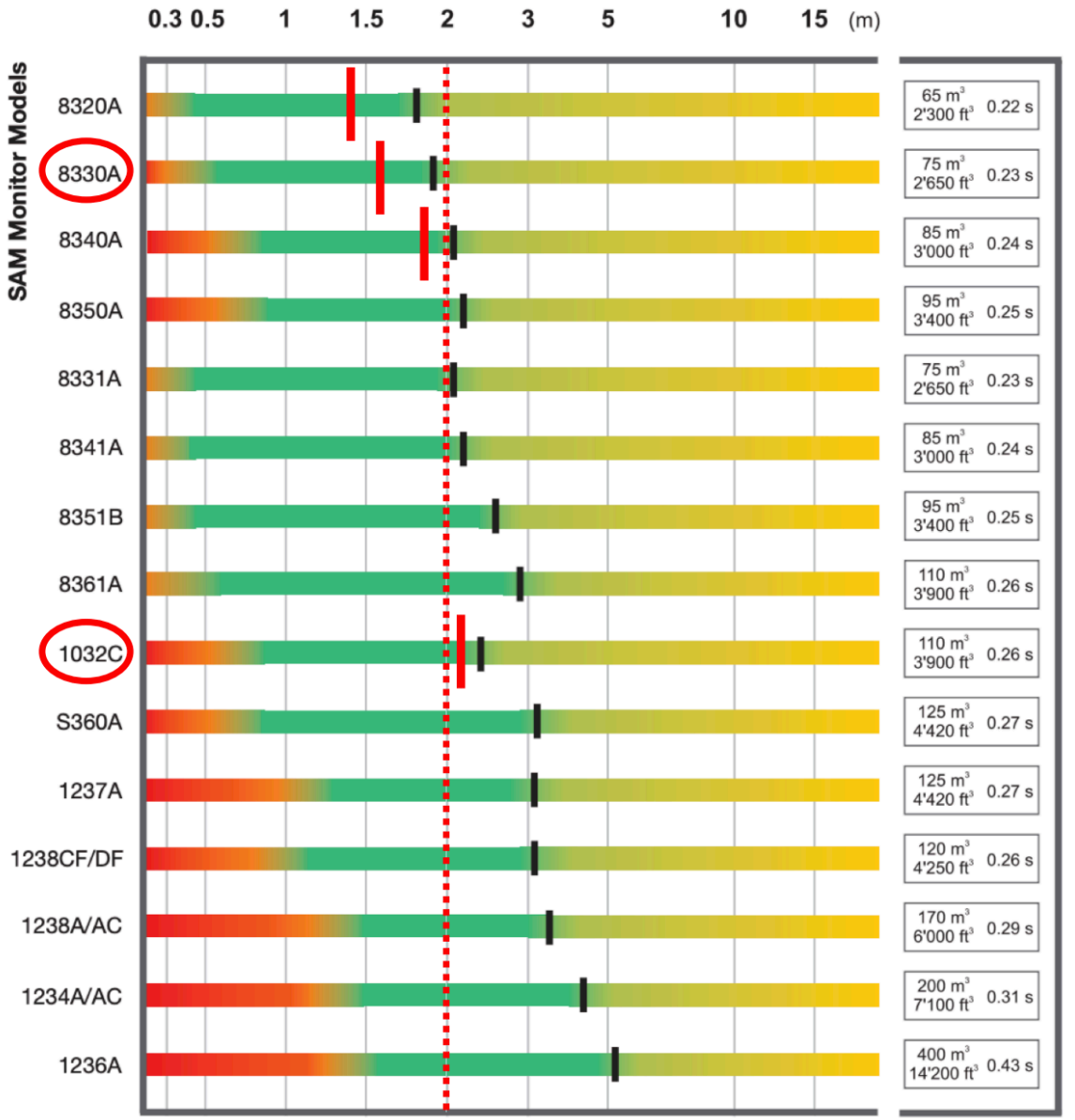
Room reverbation time (RT60)

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.



Merci de votre attention

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

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