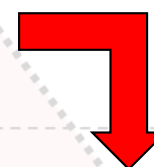


Audio Immersif en Multicanal ?

100% Enveloppement

0% Immersion



Création d'un

«Pan IMMERSIF®»



Bernard Lagnel

Mars 2026

Préambule

L'immersion dans l'audio spatial, ne serait il pas une vue de l'esprit ?

Pourtant tous les systèmes constitués de Haut-Parleurs entourant l'auditeur du 5.1 au 9.2.6..., valorisent les qualités de ce critère « l'immersion »... Par mes expériences (38 ans à Radio-France), j'ai constaté que l'immersion en tant que « bain sonore » dans ces systèmes de reproduction Multicanal n'existe pas, quel que soit le système de captation : ambisonique ou multi-micros..., l'enveloppement prend toute la place !

Pour ressentir un « bain sonore immersif », il faut le créer en post-production... C'est l'objet de ce post avec la création du « Pan IMMERSIF© » travaillant en MONO dans le Plan Médian des systèmes de reproduction orientés...(page 25)

Dans ce PDF, le vous présente le chemin parcouru, de mes premières recherches à Radio-France au début des années 2010 (présentation AES France en Janvier 2013) pour le multicanal 2D en 5.1 « Le Concerné », jusqu'au « Pan IMMERSIF© » pour le 5.0.3 en 3D que j'utilise aujourd'hui...

Ce post s'adresse avant tout aux professionnels preneurs de son-mixeurs, si seulement au lieu de prononcer le mot IMMERSION à tout va, nous pouvons le remplacer par SPATIAL....!



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

Fidélité de restitution en multicanal ?

Quelques réflexions :

1. De la Hi Fi stéréo (*High Fidelity*) des années 60-70, on est passé à la HR (*Haute Résolution*) avec le «Tout Numérique».
2. La Mono = la Voix (*la Radio*) ; la Stéréo = le Mouvement et le Relief (*travail au couple ORTF...*) ; le Multicanal = la Lumière en “Multi Mono” (*comparable au travail de la Photo au cinéma*).
3. Les Nuances, le timbre et le rythme sont discernés avec plus d'acuité (*démasquage des sources images : $60^{\circ} \Rightarrow 360^{\circ}$*).
4. La restitution en multicanal développe l'attention auditive.
La vue accapare 70% de notre attention, contre 20% pour l'ouïe (*études menées sur la “réalité virtuelle” à la fin des années 50*).
5. Le ressenti des émotions et des sentiments, est décuplé en multicanal (*renvoie directement à notre vécu*).
6. Le domaine cognitif sensoriel = vivre avec sans le savoir...



demandent encore plus de Technicité et de Culture d'Entreprise pour trouver des solutions !!

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 $\geq$ 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** ” $\Rightarrow$ **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)

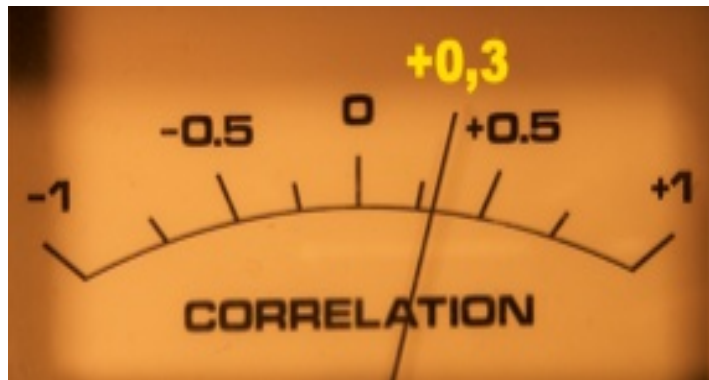


Comment **contrôler objectivement** le relief, la répartition homogène, l'enveloppement et l'immersion ?

Le phasemètre stéréo ?

Caractéristiques techniques :

1. Balistique : 400 ms de temps d'intégration minimum ($\approx LU : R128$).
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** $\Rightarrow$ 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 :
($\Leftrightarrow$ à la musique classique et aux
ambiances sonores).

Le phasemètre Multicanal 5.0 ?

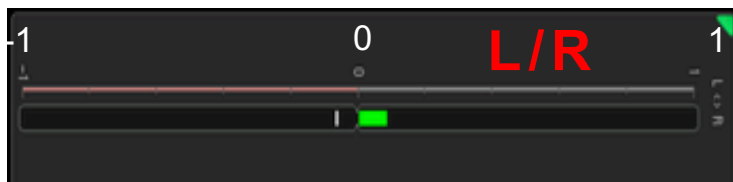
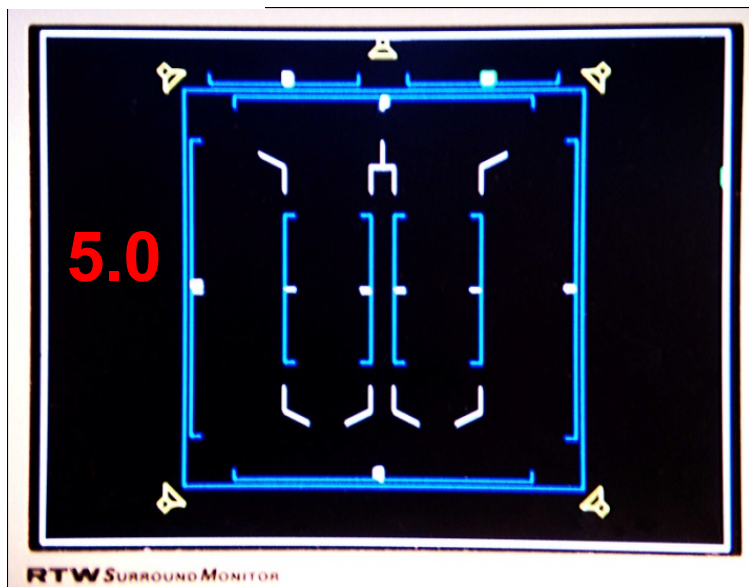
C'est **10** phasemètres stéréo !!

RTW Plug-ins et HardWares

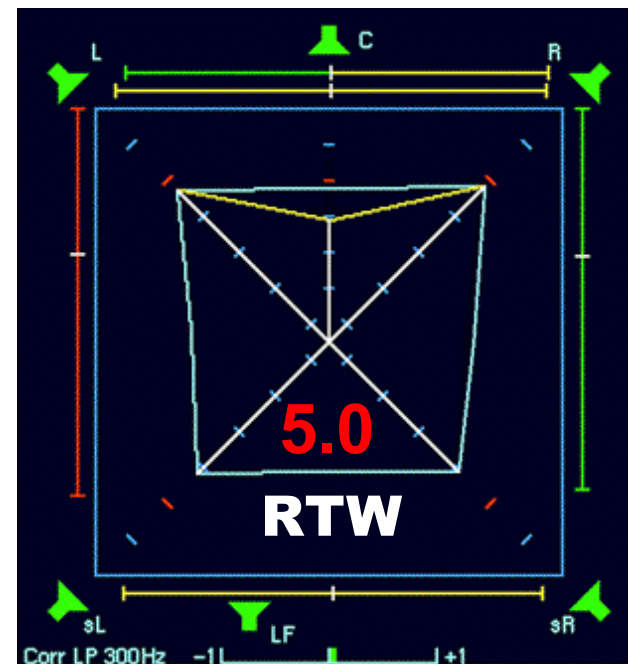
CORRÉLATEURS DE PHASE “ANALOGIQUES”

Affichage “Analogique” de la Corrélation :

RTW



RTW



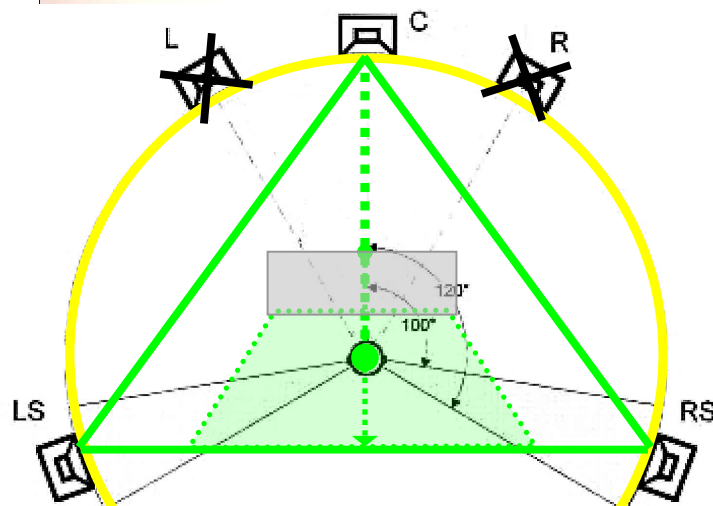
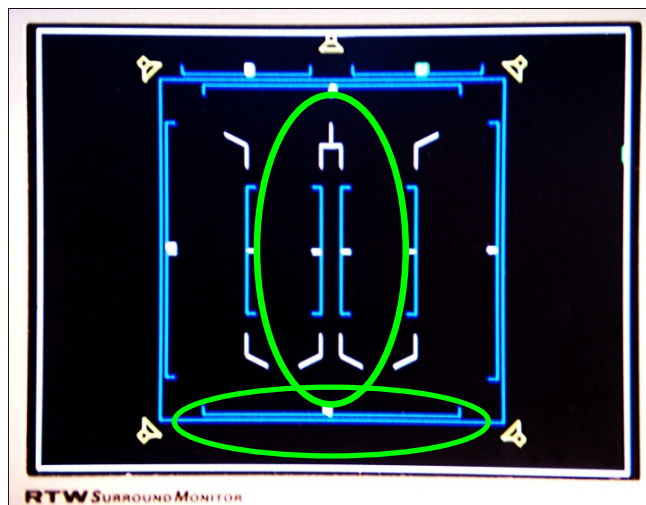
Ø - 0,25 → -1

Ø + 1 → + 0,25

Ø + 0,25 → - 0,25

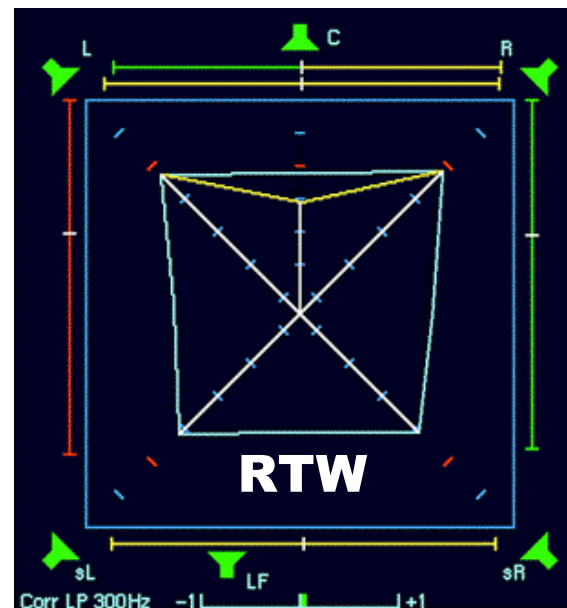
Le phasemètre Multicanal 5.0 ?

C'est **10** phasemètres stéréo !!



“ Le concerné ”

$\emptyset - 0,25 \rightarrow -1$



$\emptyset + 1 \rightarrow + 0,25$

$\emptyset + 0,25 \rightarrow - 0,25$

Immersion :
 $\emptyset \approx + 1$ (corrélation)

Enveloppement :
 $\emptyset \approx 0$ (dé-corrélation)

« Le concerné en 5.0 »

- **Enveloppement 4.0** = Externalisation (*tout autour*) 
Systèmes de Pds $\geq$ à **40 cm** d'écartement entre **L R** et **Ls Rs**.

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

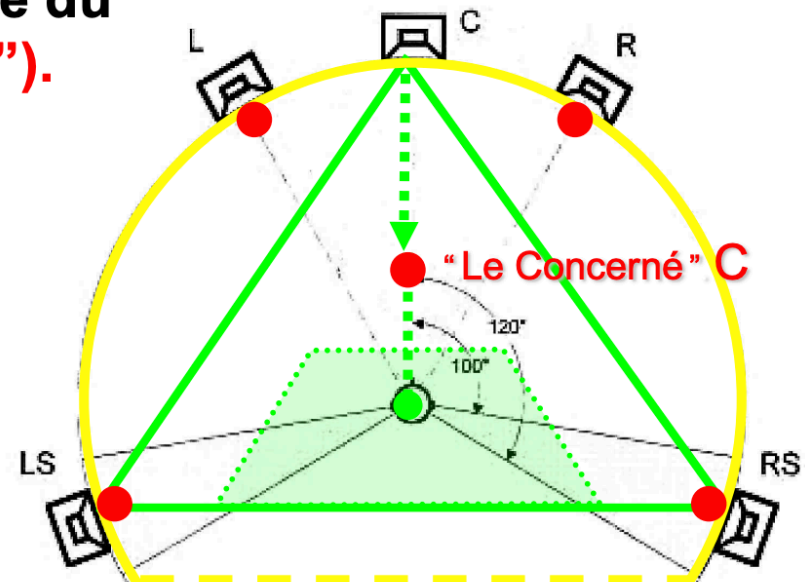
Création du Centre **C** à partir du XY frontal,
“pan-poté” légèrement en avant du centre du
cercle ITU (**C** est appelé : “**Le Concerné**”).

Pan 5.0 :

$$\left. \begin{array}{l} \mathbf{C} = -1 \text{ dB} \\ \mathbf{Ls} = -10 \text{ dB} \\ \mathbf{Rs} = -10 \text{ dB} \end{array} \right\} \Sigma = 0 \text{ dB}$$



Enveloppement + Immersion = 5.0



Le son multicanal - De la production à la diffusion du son 5.1, 3D et binaural (2015)

(Bergame Périaux • Jean-Luc Ohl • Patrick Thévenot)

Chapitre 3

Les facteurs perceptifs :

« En stéréo on regarde une scène à travers une fenêtre, en multicanal on se situe à l'intérieur de la scène 3D... »

Points essentiels

- Le standard stéréo : l'image fantôme et la diaphonie acoustique, les limites du standard.
- 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, dis-localisation, distraction... »

Enveloppement

« 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. »



Introduction à l'audio immersif : les bases

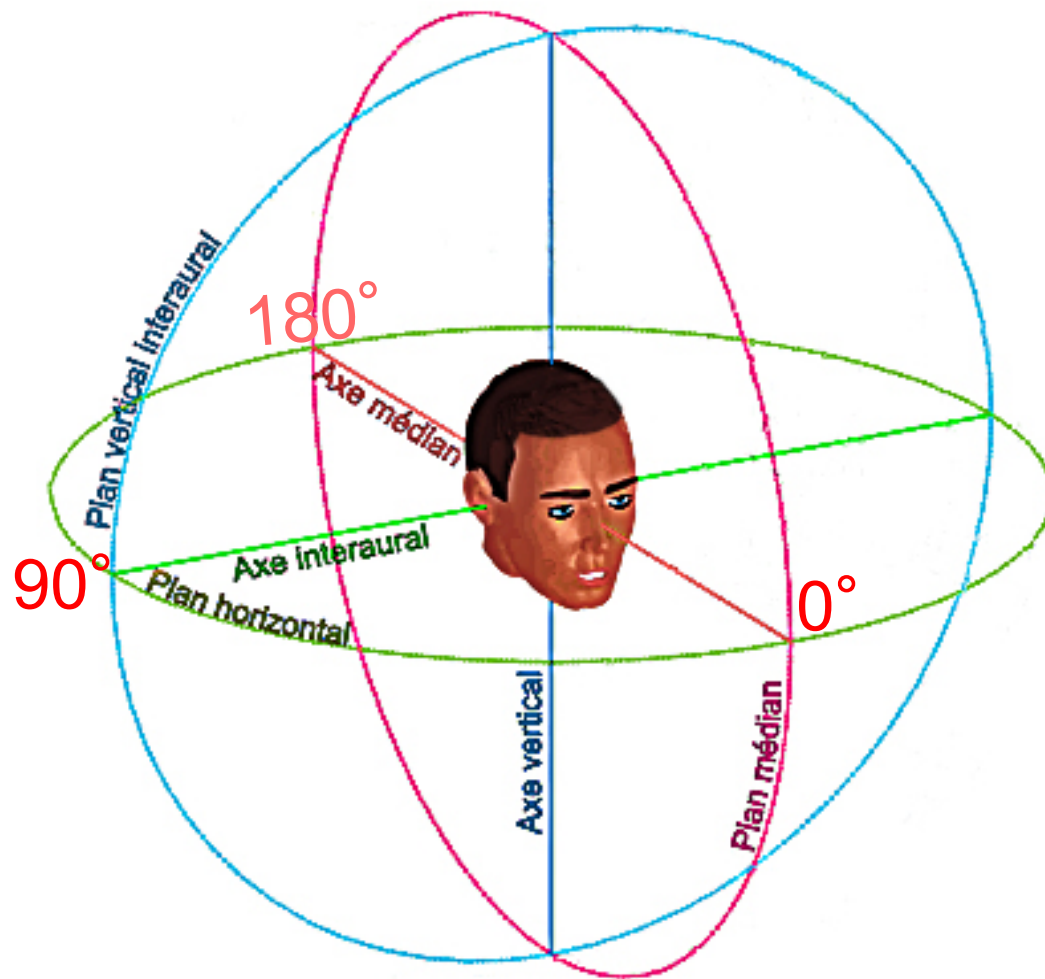
Auteur Eddy Bøgh Brixen

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.

L'écoute en **3D** = **3 Plans**



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

1. **Plan médian :**

ILD ET ITD = 0

$IS L = IS R$

Immersion

2. **Plan horizontal ou azimuthal :**

ILD ET ITD = MAX

dans l'axe interaural à 90°

$IS L \neq IS R$

Enveloppement

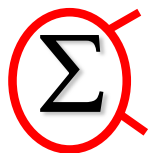
3. **Plan vertical ou interaural :**

ILD ET ITD = MAX

dans l'axe interaural à 90°

$IS L \neq IS R$

Enveloppement



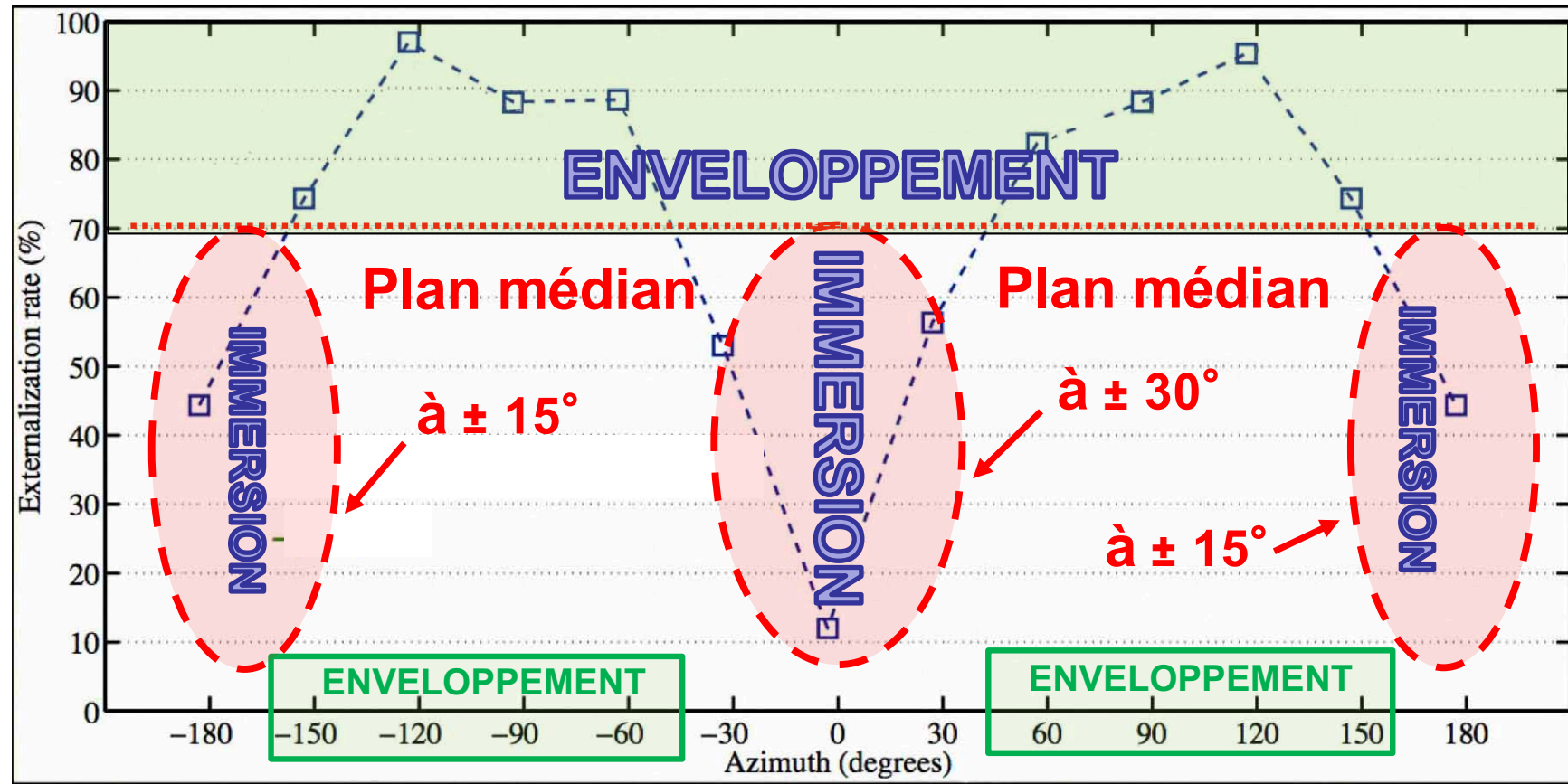
IMMERSION $\Rightarrow$ **Corrélation**

ENVELOPPEMENT $\Rightarrow$ **Dé-corrélation**

IMMERSION et ENVELOPPEMENT

L'écoute en Multicanal 3D

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

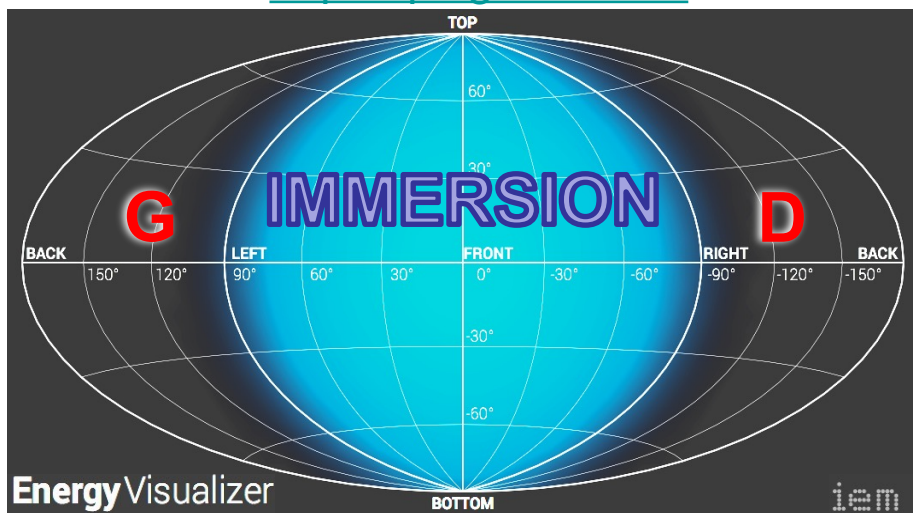


Σ IMMERSION $\Rightarrow$ Corrélation $\Rightarrow$ Plan Médian
ENVELOPPEMENT $\Rightarrow$ Dé-corrélation $\Rightarrow$ Plan Azimutal-Vertical

RÉPARTITION de la MATIÈRE SONORE dans un ESPACE 3D :

BRUIT ROSE STÉRÉO à $+0,6$

<https://plugins.iem.at>



NOYAU AU CENTRE



MONO ÉLARGIE



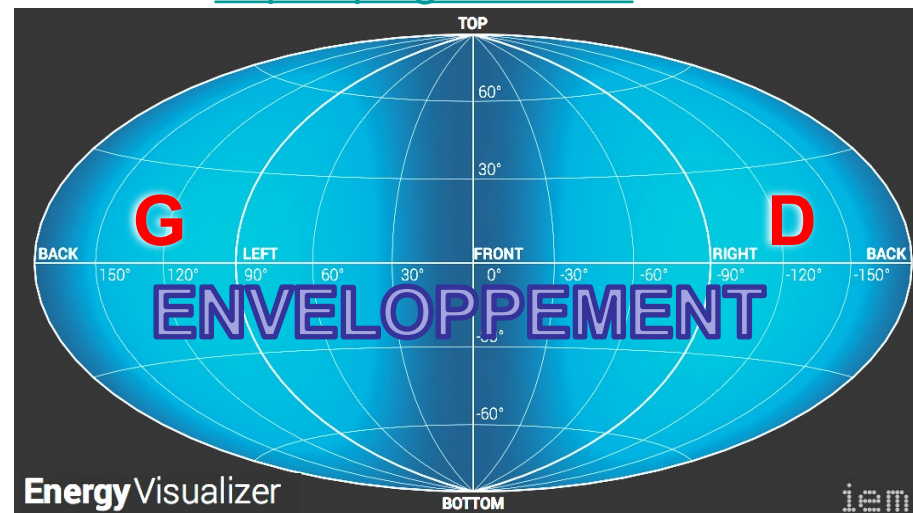
IMMERSION



INTERNALISATION

BRUIT ROSE STÉRÉO à $+0,1$

<https://plugins.iem.at>



TROU AU CENTRE



SON SUR LES HP



ENVELOPPEMENT



EXTERNALISATION

STÉRÉO

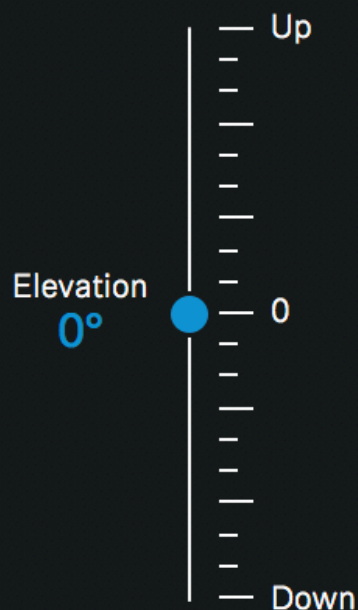
5.1

BINAURAL



***Binaural Natif =
Immersion « Naturelle »...***

AMBEO



GRATUIT

Reflections

Level

Size

Room

Off

Drapes

-15.0 dB

11.0 m

Clarity

0 %

Width

50 %

v0.1.1 BETA

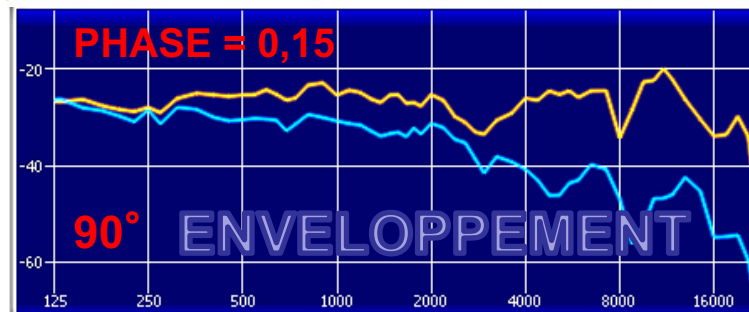
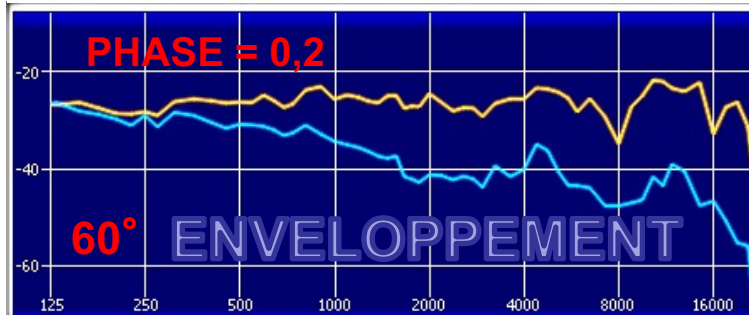
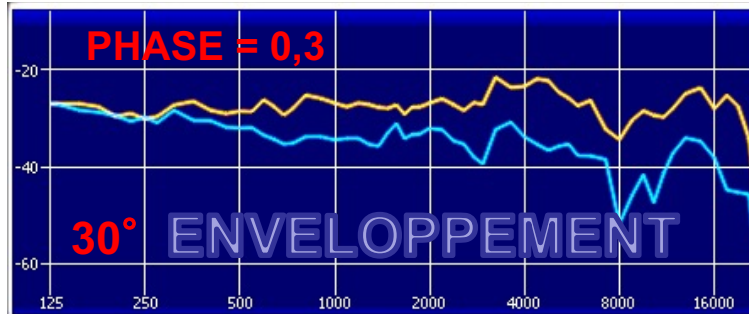
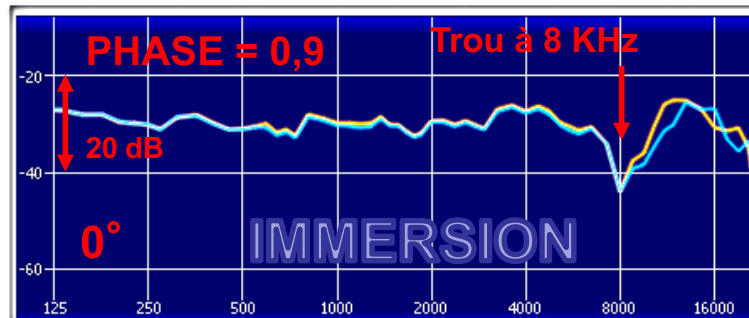
Orbit Plug-in

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

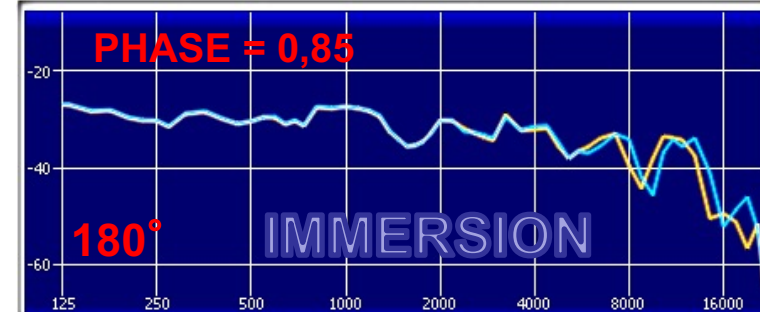
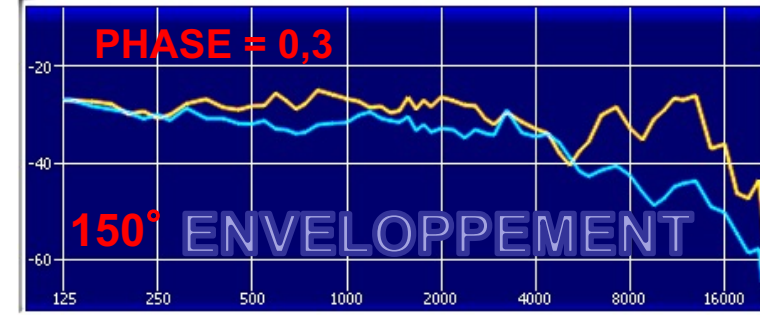
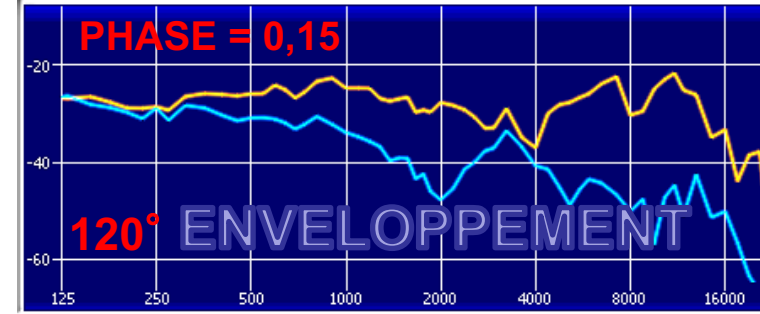
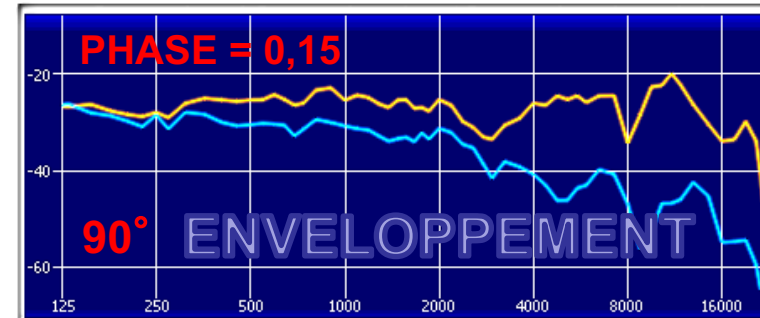
En associant la tête **Neumann KU100** – la référence en matière de capture binaurale – avec le nouveau plugin AMBEO Orbit, vous obtenez une flexibilité et un contrôle complets de votre enregistrement binaural. Vous pouvez désormais positionner efficacement les sources mono ou stéréo supplémentaires 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

CLARITY 0%



5.0



CLARITY 0%

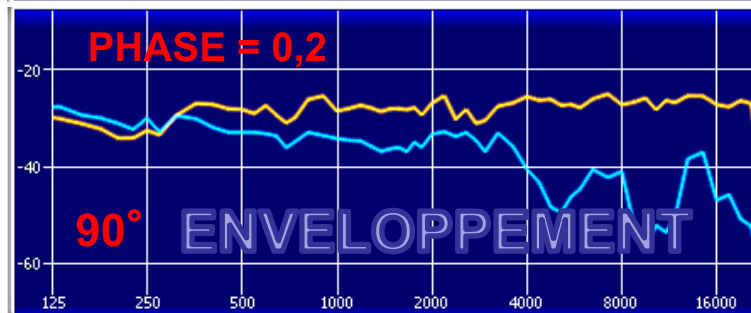
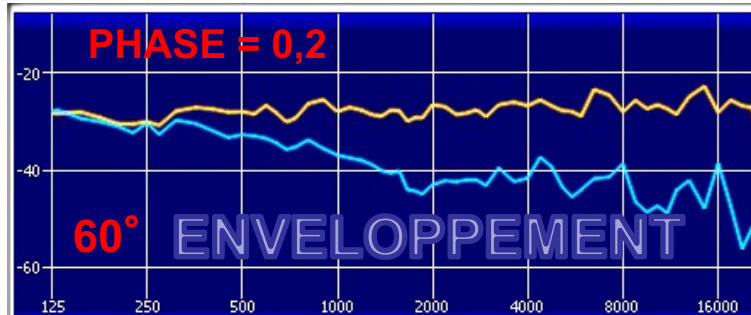
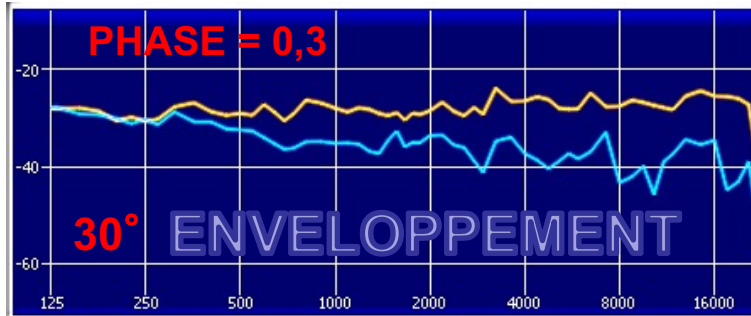
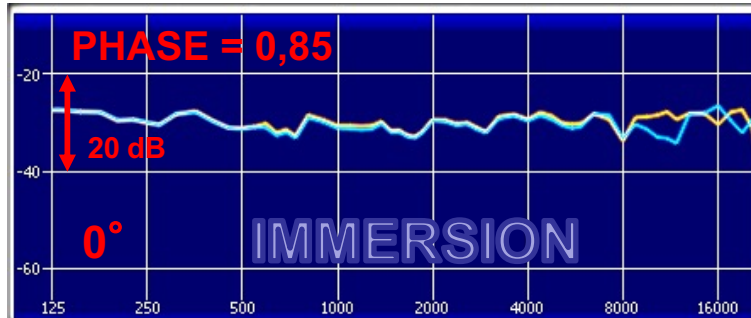
Oreille Gauche
Oreille Droite

CLARITY 0%
Indices Spectraux IS

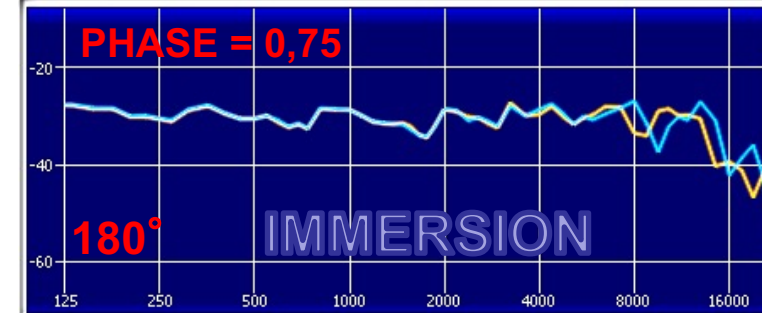
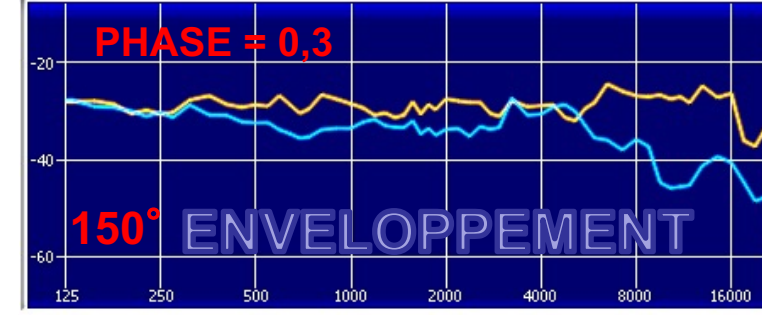
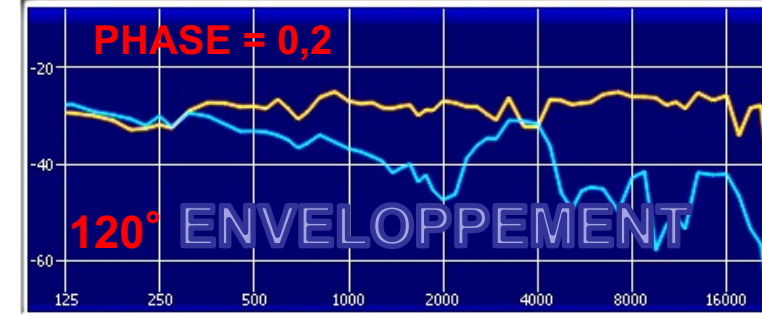
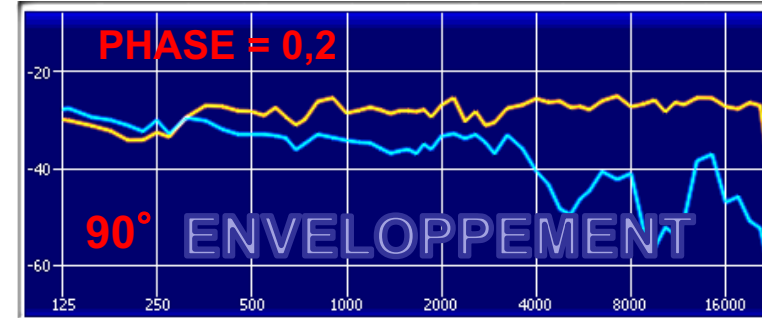
Oreille Gauche
Oreille Droite

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

CLARITY 100%



5.0



CLARITY 100%

Oreille Gauche
Oreille Droite

CLARITY 100%

~~18~~

Oreille Gauche
Oreille Droite

Ma configuration de Haut-Parleurs en (5.0.3)



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 $\varnothing < \text{à } 3,5 \text{ m} !!$**

L, R, Ls et Rs
Genelec 8030



C, LH, RH et CH
Genelec 8020



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)**



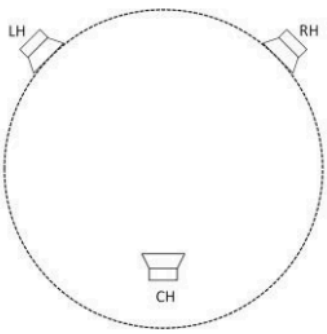
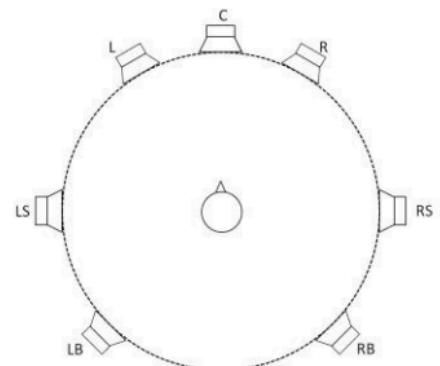
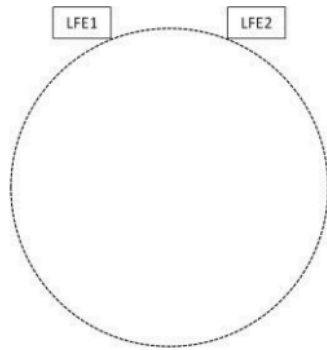
Union
internationale des
télécommunications

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

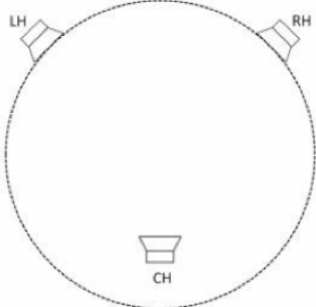
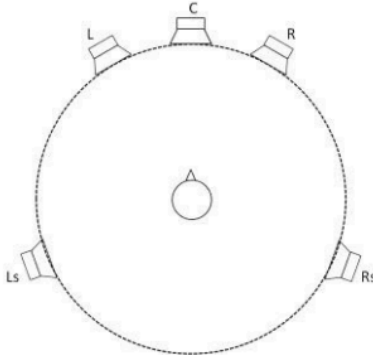
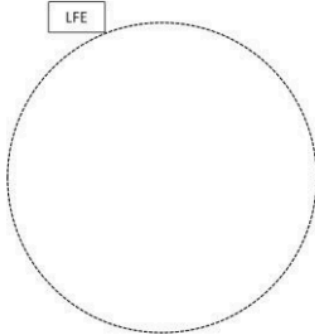
Sound system	Upper layer	Middle layer	Bottom layer
F (3+7+0)			
Upper layer 2/0/1			
Middle layer 3/2/2			
Bottom layer 0/0/0.2			

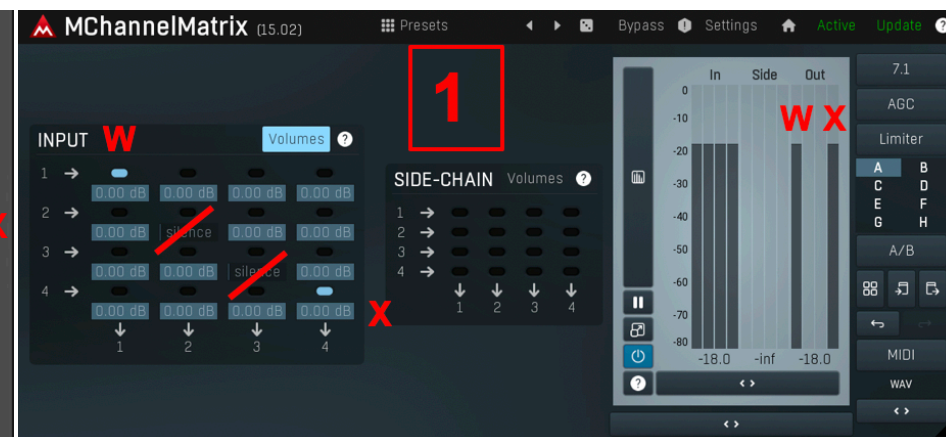
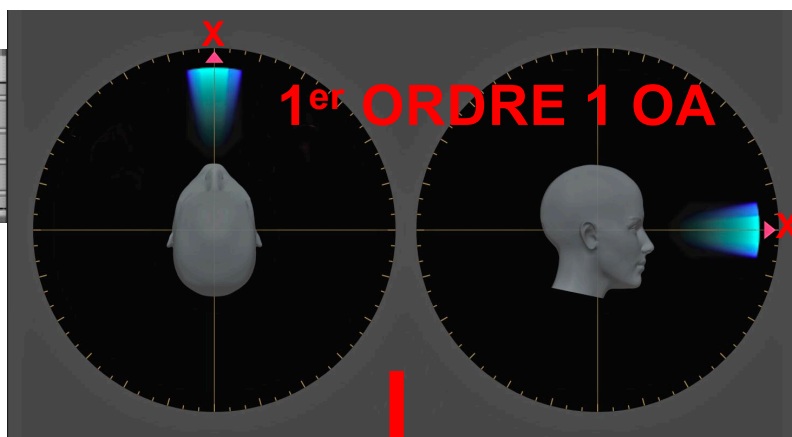
New loudspeaker configuration for sound système (3+5+0)

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			



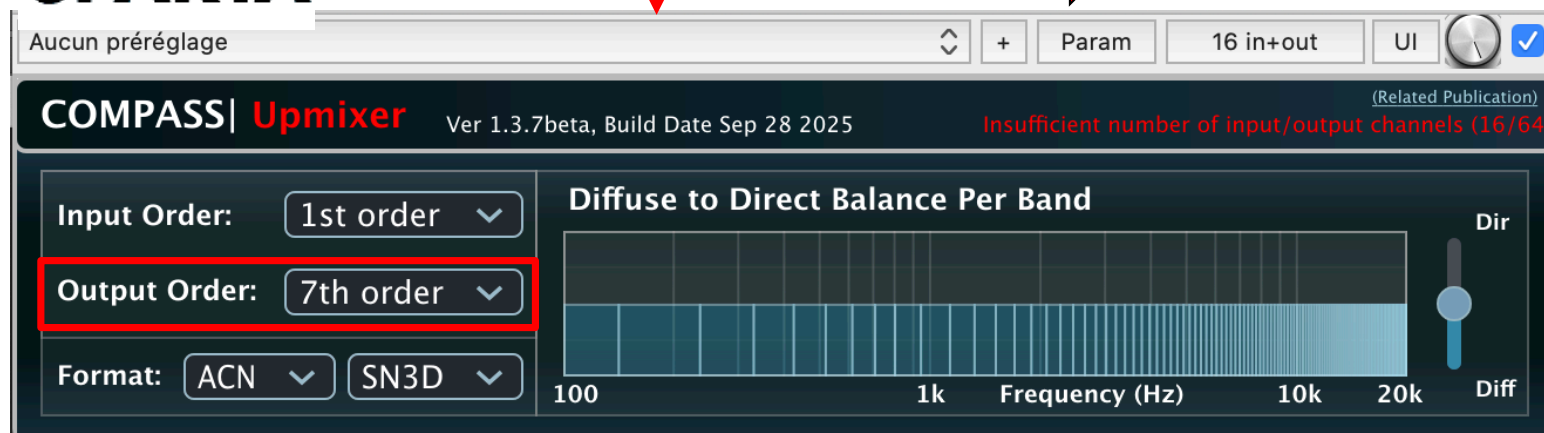
SPARTA



1 OA



3 OA



OUT 3 OA

16 canaux
de piste



SPARTA BEAMFORMER

<https://github.com/leomccormack/SPARTA/releases/tag/v1.8.1>

IN : B-Format AmbiX 3 OA



SPARTA

Upmixer **COMPASS**

AMBISONIC

SPARTA

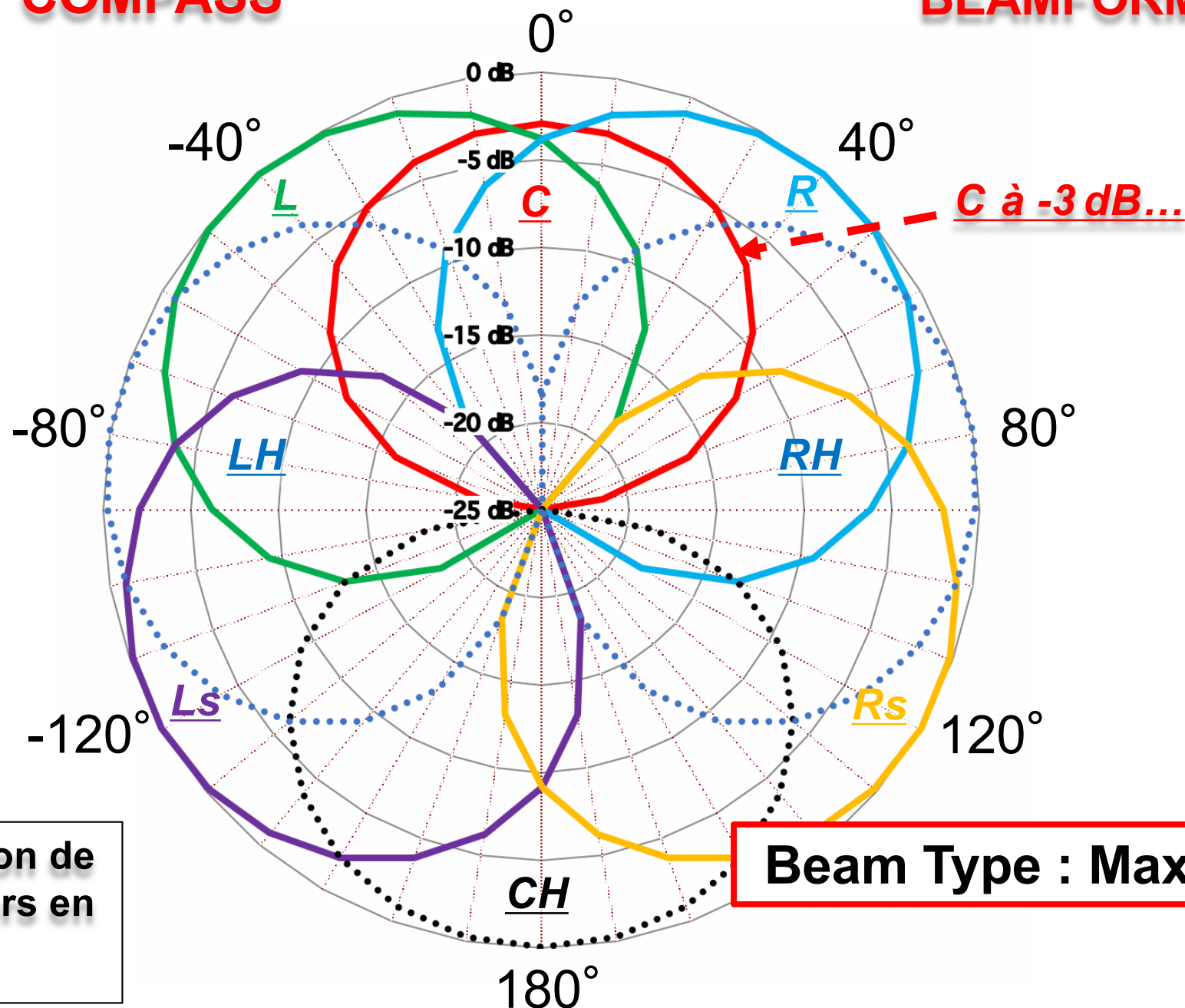
BEAMFORMER

IN :

3 OA

OUT :

Configuration de
Haut-Parleurs en
5.0.3



Beam Type : MaxEV

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

L'IMMERSION =
« SON MONO »
qui ne peut se
matérialiser que dans
le plan Médian !

Multicanal
en introduisant le
« *Pan IMMERSIF*® »

Ajout pour **C** :

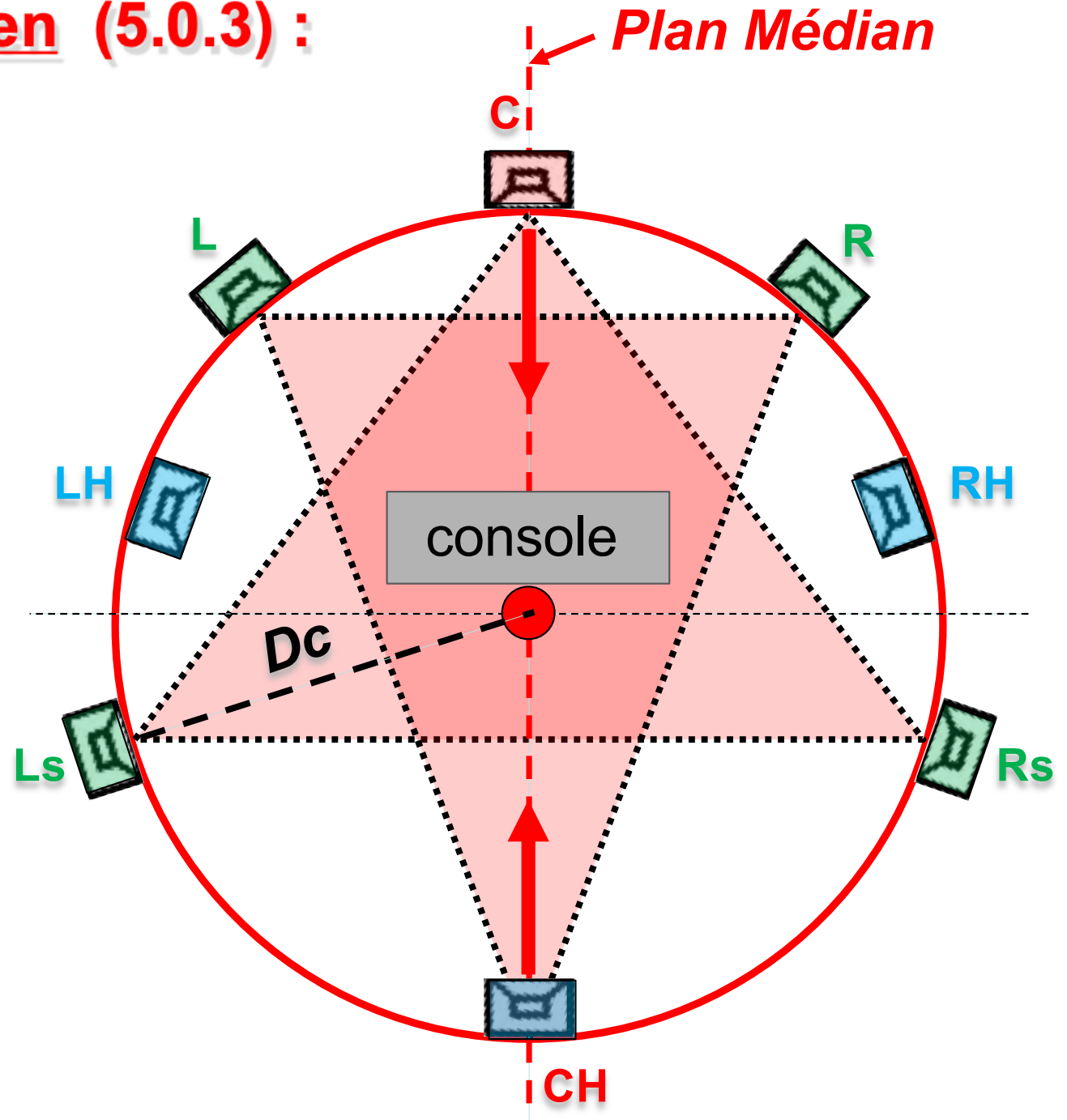
Ls + C à -11 dB

Rs + C à -11 dB

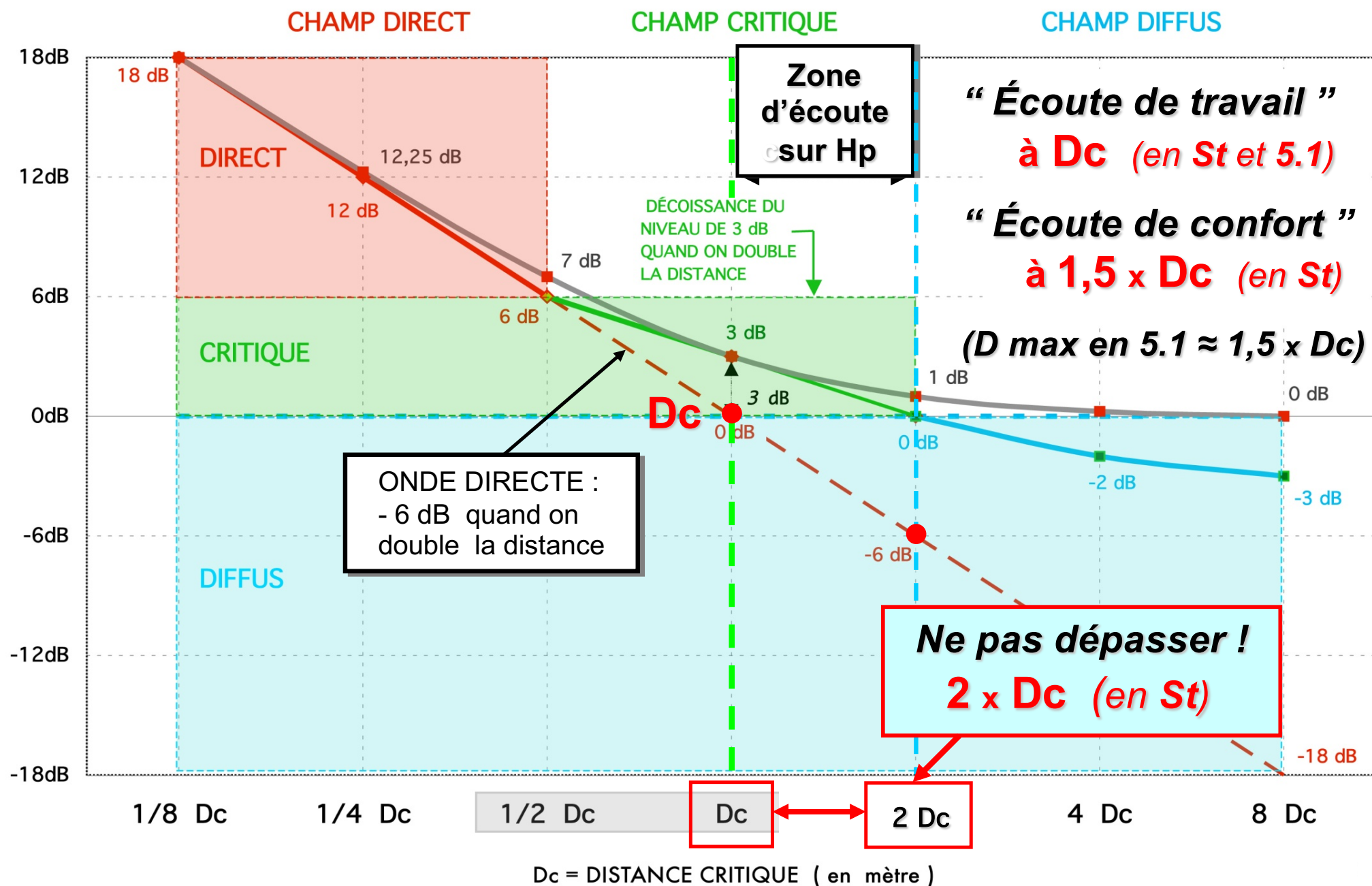
Ajout pour **CH** :

L + CH à -11 dB

R + CH à -11 dB



Zone d'écoute en fonction de D_c ...





B-AMBIX

0.00

Centre

1

TRIM

Mic/Line/Inst In 1 / Mic/Li.2

B-Format

PAN-IMM

0.00

Centre

2

TRIM

mix complet

B-Format

Piste dupliquée
pour créer le :
« Pan IMMERSIF © »



00:00:00:00 0:00.000 00:01:00:00 1:00.000 00:02:00:00 2:00.000 00:03:00:00 3:00.000 00:04:00:00 4:00.000 00:05:00:00 5:00.000

fanfare_ambisonic_b_format_ambix_4ch.wav

fanfare_ambisonic_b_format_ambix_4ch.wav

Routage pour la piste 1: B-AMBIX

Master send channels from/to: Tout → 1-2

+0.00 dB Canaux de piste: 16

panor. Centre Largeur 100%

Media playback offset: +0 ms Echantillons

- Envois [send] -

Ajouter un nouvel envoi...

Sorties Matérielles Audio

Ajouter une nouvelle sortie matérielle...

matériel:Main Out 1 / Main Out 2 Supprimer

+0.00 Centre Post-Fader (Post-pan) 0 dB

1/2 → Main Out 1 / Main Out 2

matériel:Line Out 5 / Line Out 6 Supprimer

+0.00 Centre Post-Fader (Post-pan) 0 dB

5/6 → Line Out 5 / Line Out 6

matériel:Line Out 7 / Line Out 8 Supprimer

+0.00 Centre Post-Fader (Post-pan) 0 dB

7/8 → Line Out 7 / Line Out 8

matériel:Line Out 3 Supprimer

+0.00 Centre Post-Fader (Post-pan) 0 dB

3 → Line Out 3

matériel:Line Out 4 Supprimer

+0.00 Centre Post-Fader (Post-pan) 0 dB

4 → Line Out 4

Mixeur

ILabdecoder ILabdecoder

Pro-Q 4 Pro-Q 4

compass_upm compass_upm

sparta_beamf sparta_beamf

Main Out Main Out

Line Out 7 Main Out

Line Out 3 Line Out 5

Line Out 4 Line Out 6

Line Out 5

B-AMBIX PAN-IMM

Centre Centre

0.00 0.00

-1.0 -2.2

-6 -6

-12 -12

-18 -18

-24 -24

-30 -30

-36 -36

-42 -42

-48 -48

-54 -54

-60 -60

1 2

Routage pour la piste 2: PAN-IMM

Master send channels from/to: Tout → 1-2

+0.00 dB Canaux de piste: 16

panor. Centre Largeur 100%

Media playback offset: +0 ms Echantillons

- Envois [send] -

Ajouter un nouvel envoi...

Sorties Matérielles Audio

Ajouter une nouvelle sortie matérielle...

matériel:Main Out 1 Supprimer

-11.00 Centre Post-Fader (Post-pan) -11 dB

4 → Main Out 1

matériel:Main Out 2 Supprimer

-11.00 Centre Post-Fader (Post-pan) -11 dB

4 → Main Out 2

matériel:Line Out 5 Supprimer

-11.00 Centre Post-Fader (Post-pan) -11 dB

3 → Line Out 5

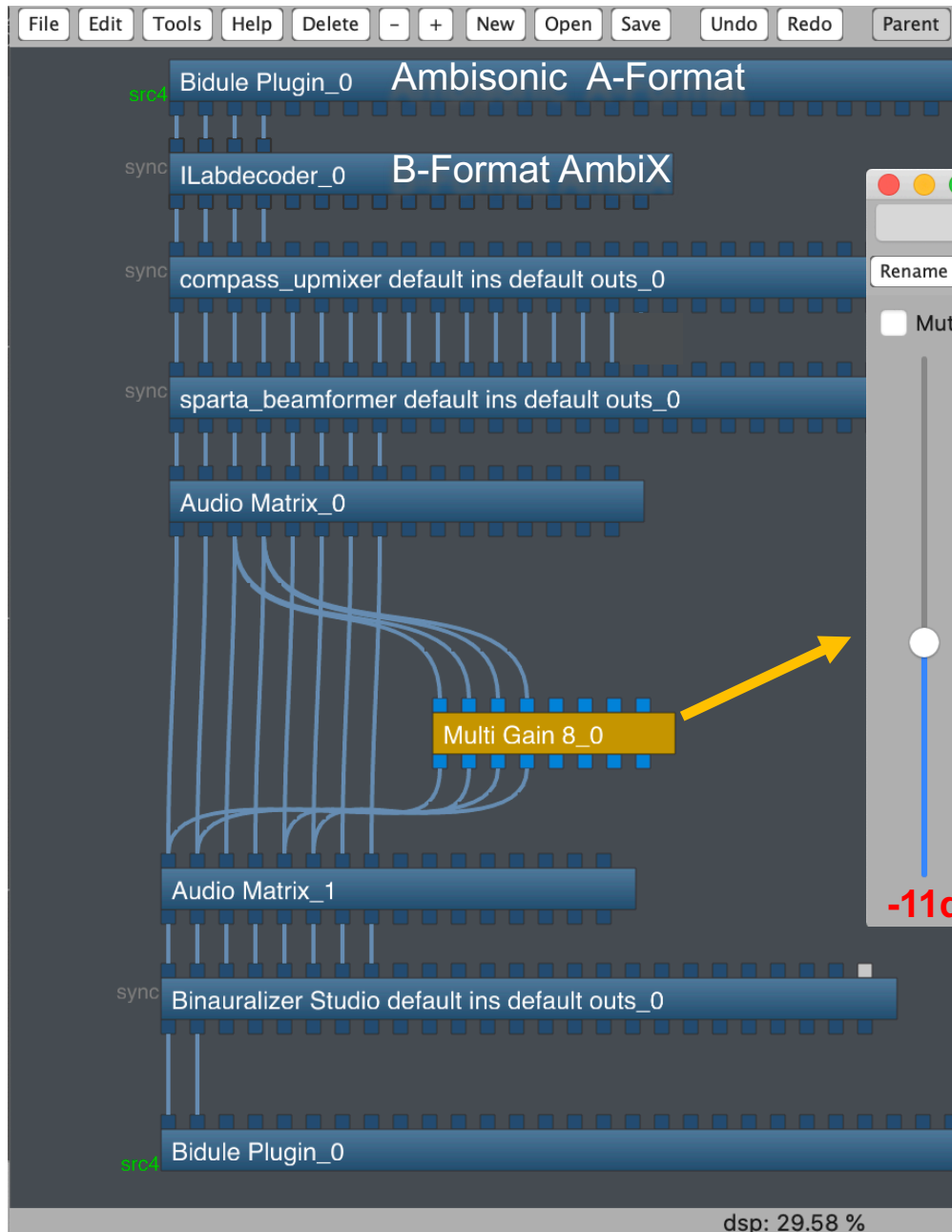
matériel:Line Out 6 Supprimer

-11.00 Centre Post-Fader (Post-pan) -11 dB

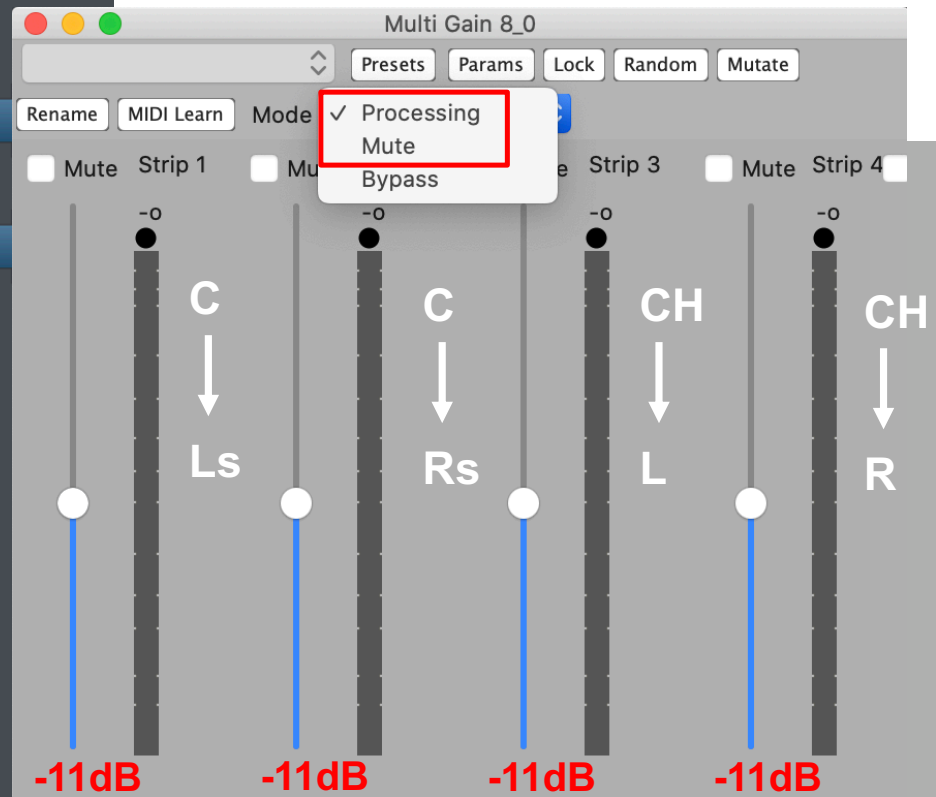
3 → Line Out 6



<https://www.plogue.com/francais/produits/bidule-fr.html>



Binauraliser ou pas ?
en introduisant le
« Pan IMMERSIF® »



Bidule

Hôte modulaire de plug-ins

Prix: 95\$

Création d'un **« Pan IMMERSIF[©] »** MULTICANAL

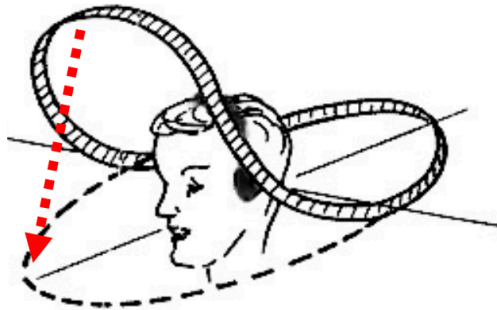
- ✓ « Bain sonore », on se sent plus concerné par ce qui nous entoure...
- ✓ Stabilise les sources sonores dans le plan azimutal...
- ✓ Matière et cohérence des sources sonores...
- ✓ Timbre plus réaliste...
- ✓ L'attention soutenue par l'écoute spatiale 3D...
- ✓ Évidence des plans et de la profondeur...
- ✗ Le « Pan IMMERSIF[©] » ne peut pas s'appliquer à un système de reproduction non-orienté (sans Centre), tel que le Cube 4.0.4 ou le 3D 360° 8.0.0...
- ✗ Difficile de le mettre en œuvre, peut-être l'intégrer à un plugin Ambisonique 3D ?

Création d'un « *Pan IMMERSIF*® » **BINAURAL**

✓ Plus subtil qu'en
MULTICANAL...

✓ Le « *Pan IMMERSIF*® » a
pour principal effet, de faire
redescendre les sources
sonores frontales...

**But : Faire
descendre
la source...**



✓ Enfin des sources
vraiment frontales !!

✗ Le « *Pan IMMERSIF*® » ne
peut pas s'appliquer à un
système de reproduction
non-orienté (sans Centre),
tel que le Cube 4.0.4 ou le
3D 360° 8.0.0...

✗ Difficile de le mettre en
œuvre, peut-être l'intégrer à
un plugin Ambisonique 3D ?

Merci de votre attention

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

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