

Benoît Courribet

Julien Bréval

Timothée Baschet

Son surround sur supports standard : une enquête technologique pour le musicien

CICM, MSH Paris Nord, Université de Paris 8

Introduction

- Contexte : enquête technologique, projet HD3D
- Le son multicanal : de la prise de son à la diffusion
- En particulier :
 - Techniques d'enregistrement multicanal
 - Formats et supports standard

1 - CRÉATION D'UN FLUX MULTICANAL

Approches permettant d'obtenir un flux multicanal

- Mise en espace multicanal d'un fichier audio de une ou deux pistes (enregistrement ou synthèse sonore) avec des techniques de **spatialisation artificielle** (*non détaillé ici*)
- Mise en espace multicanal d'un fichier audio de une ou deux pistes en utilisant un **upmix automatique** (*non détaillé ici*)
- **Enregistrement multicanal**

Différents systèmes d'enregistrement multicanal

- Systèmes espacés discrets
- Systèmes semi-coïncidents discrets
- Systèmes coïncidents discrets
- Systèmes coïncidents avec encodage selon un modèle simple du champ acoustique (*nous présenterons uniquement cette approche*)
- Autres approches

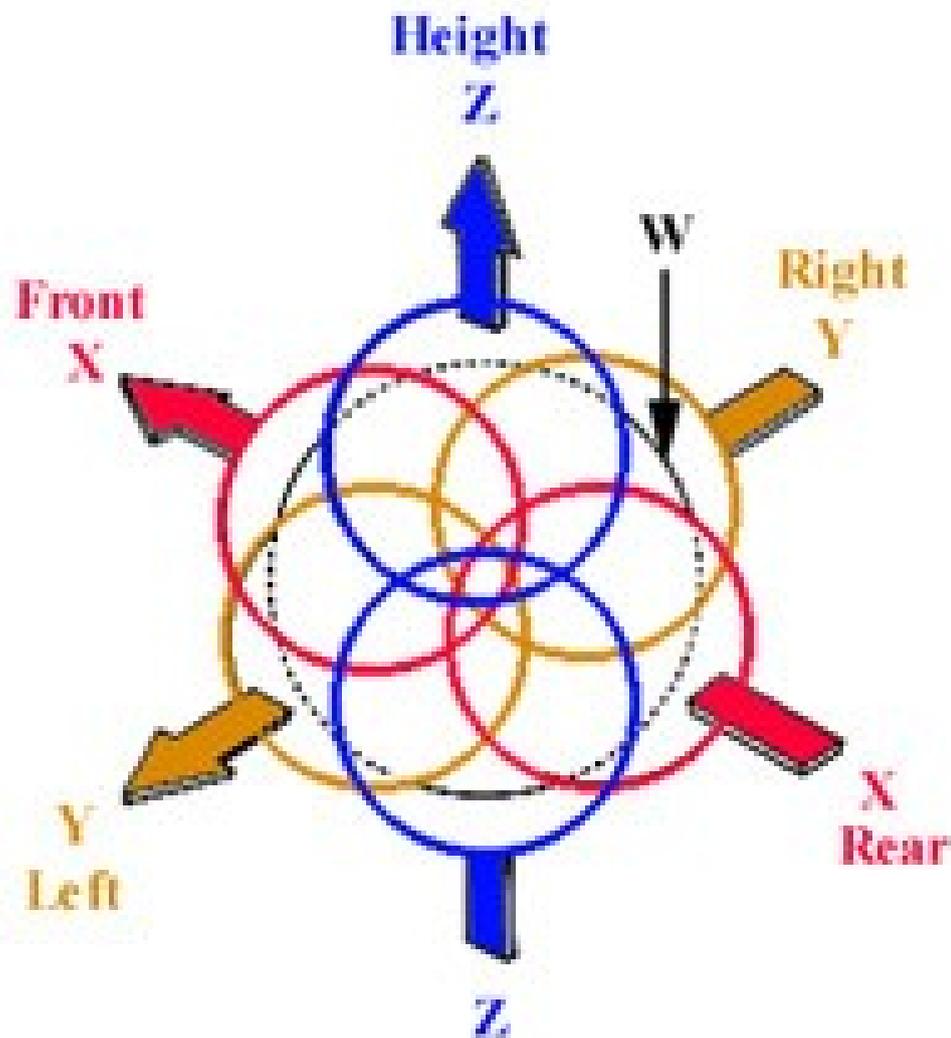
Prises de son surround coïncidentes

- Plusieurs microphones coïncidents discrets : il est souvent difficile d'obtenir une bonne coïncidence des capsules et aucun masquage des capsules par les corps des microphones ; de plus, les directivités ne sont pas toujours adaptées aux prises de son surround discrètes.
- Microphones contenant plusieurs capsules coïncidentes : les angles entre les capsules et leurs directivités ne sont pas toujours adaptés aux prises de son surround discrètes.
- Il est donc utile d'étudier d'autres approches.

Enregistrement surround coïncident avec modélisation du champ acoustique

- On utilise un modèle particulier représentant le champ acoustique.
- En premier lieu, on enregistre des pistes audio correspondant aux composantes du modèle choisi (généralement, diverses techniques sont possibles).
- Ensuite, il faut décoder l'enregistrement pour l'adapter au système de diffusion et au rendu sonore souhaité.

Le modèle *Ambisonics* à l'ordre 1



- Cet encodage du champ acoustique comprend 4 composantes : W, X, Y, Z.
- On appelle *Format B* ces composantes.
- On peut y associer un fichier audio de quatre canaux.

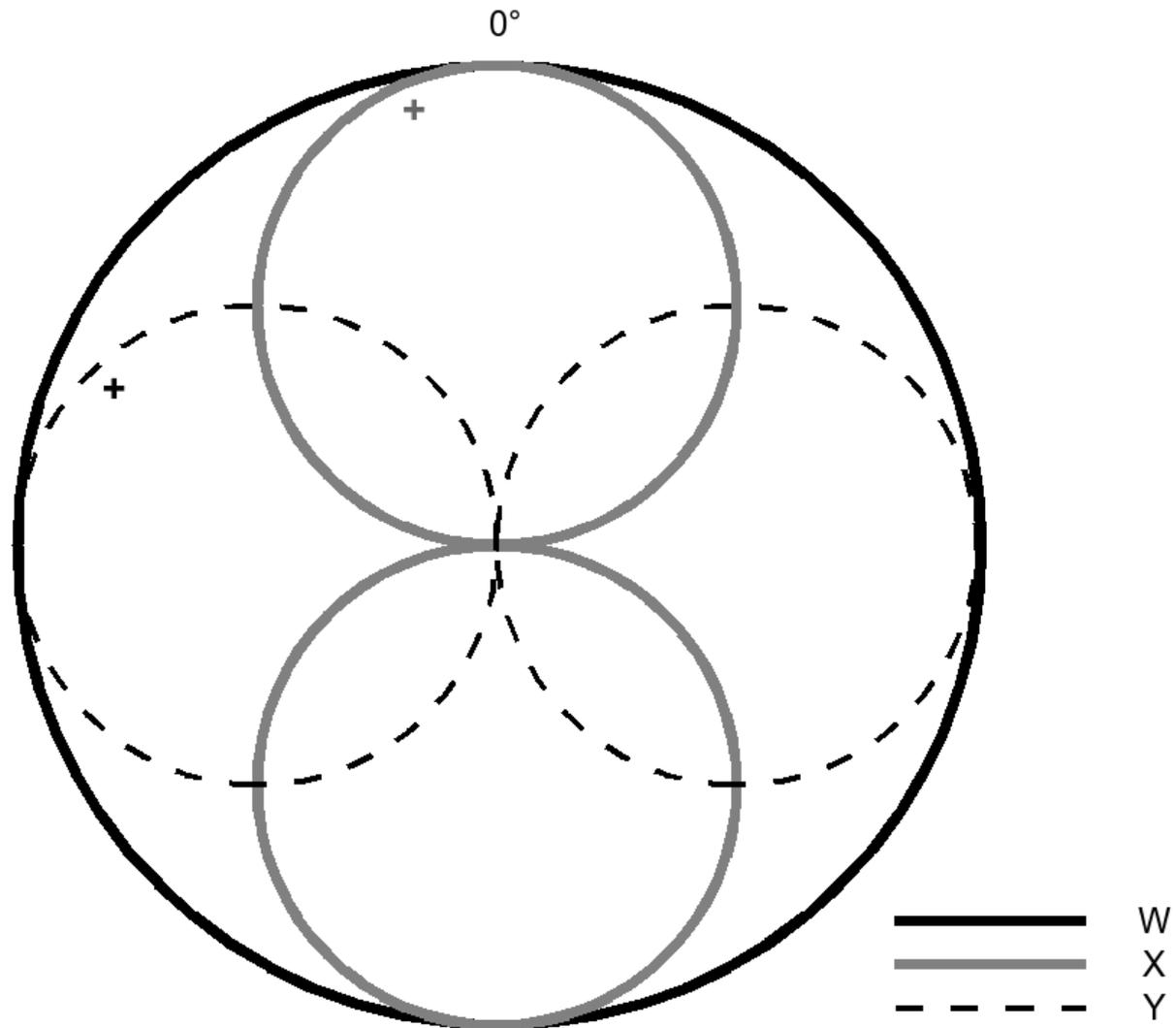
Précisions sur le modèle *Ambisonics*

- Restriction du modèle d'ordre 1 au plan horizontal : si le système de diffusion ne reproduit pas la verticalité du champ acoustique, on peut ignorer la composante Z. On parle alors de *Format B Horizontal*. Ce format peut être associé à un fichier audio de 3 pistes seulement (W, X et Y).
- On peut utiliser le modèle *Ambisonics* (ou des modèles similaires) à des ordres plus élevés, afin d'avoir une meilleure résolution spatiale (*nous ne détaillerons pas cette approche dans la présentation*).

Approches permettant d'obtenir un enregistrement en *Format B*

- Enregistrement en *Format B Natif Horizontal*
- Enregistrement *FLRB* (peut être converti en *Format B Horizontal*)
- Enregistrement *double M/S* (peut être converti en *Format B Horizontal*)
- Enregistrement en *Format A* (doit toujours être converti en *Format B*)

Format B Natif Horizontal



Format B Natif Horizontal

Nimbus-Halliday Arrangement (Dr. J. Halliday, Nimbus Records)

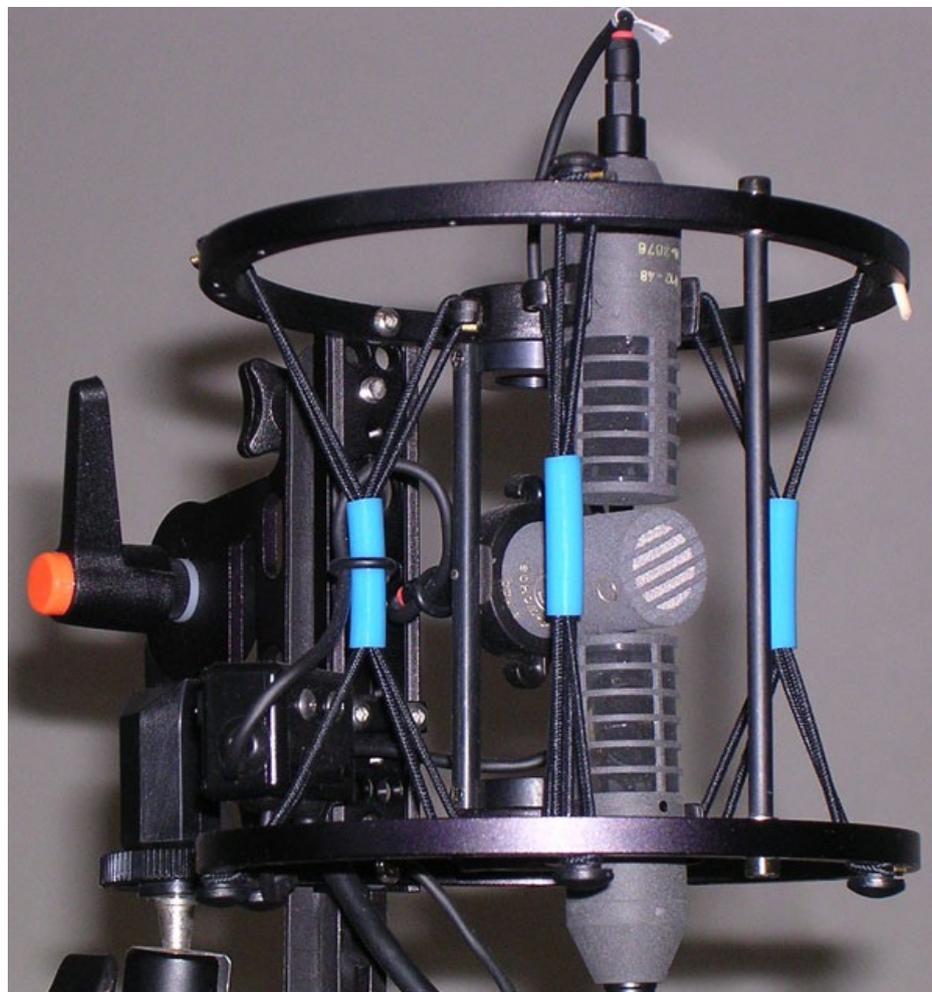


DPA et Schoeps



AKG Blue Line

Format B Natif Horizontal



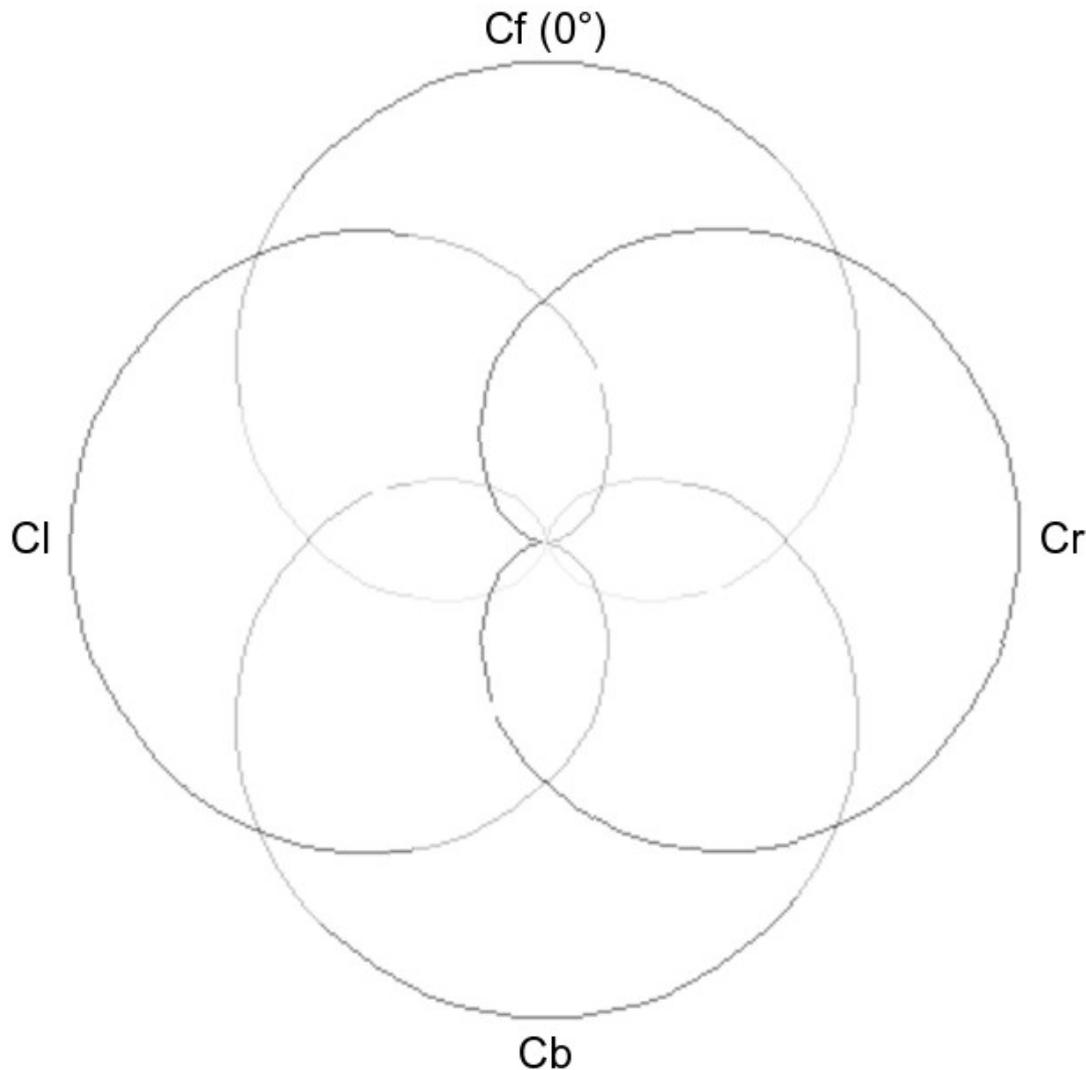
Nimbus-Halliday Arrangement réalisé avec des **Schoeps CCM**

Format B Natif Horizontal



Josephson C700S : ce microphone spécial contient les trois capsules nécessaires dans un même corps.

Enregistrement *FLRB*



- $W = Cf + Cb$
- $X = Cf - Cb$
- $Y = Cl - Cr$

Enregistrements *FLRB*

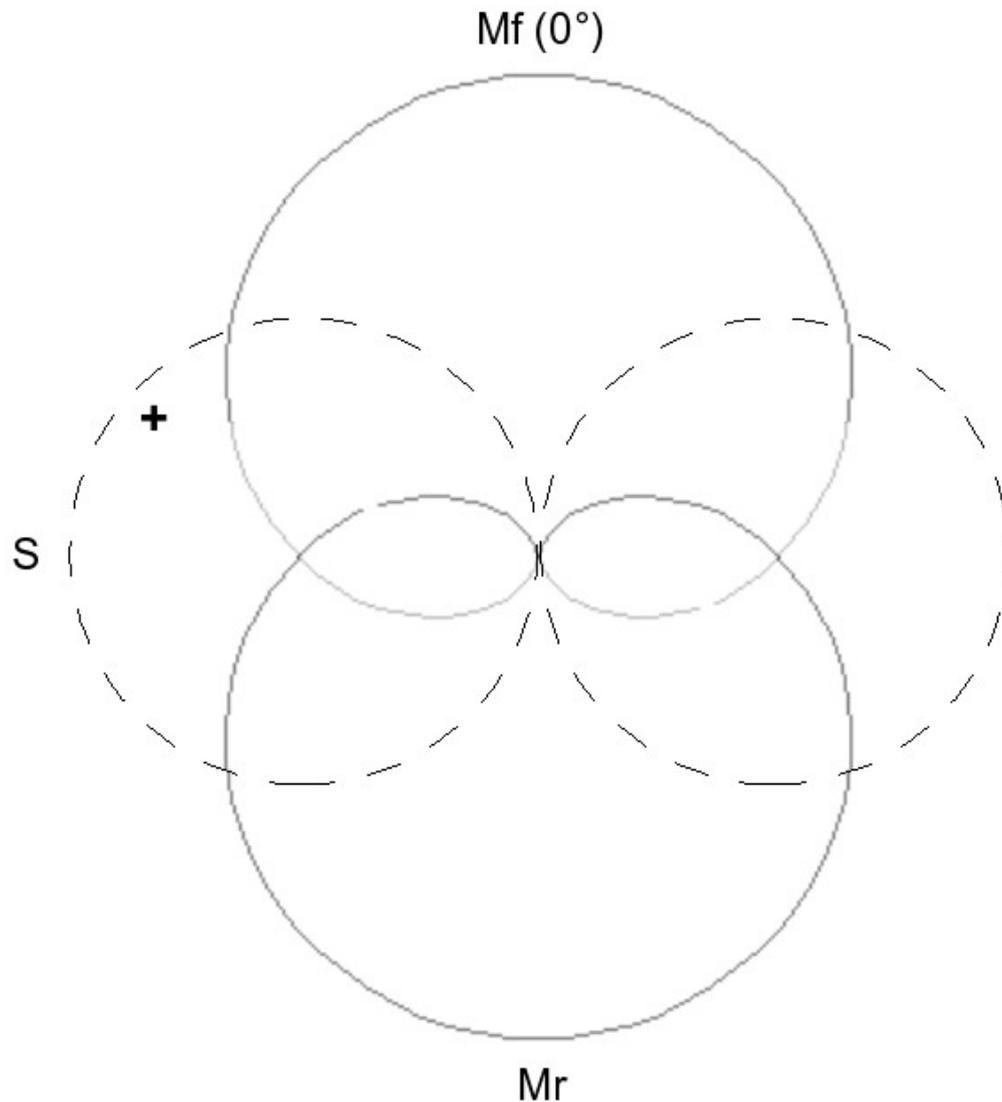


Line QM12i : contient 4 capsules cardioïdes (triples) disposées à 90 degrés



Enregistrement *FLRB* avec quatre microphones compacts cardioïdes **DPA 4023**

Enregistrement *double M/S*



- $W = M_f + M_r$
- $X = M_f - M_r$
- $Y = S$

Enregistrement *double M/S*



Schoeps CCM Double M/S, utilisable avec plusieurs systèmes de décodage :

- 2 matrices *M/S* matérielles
- Matrice *double M/S* matérielle
- Plug-in VST de décodage

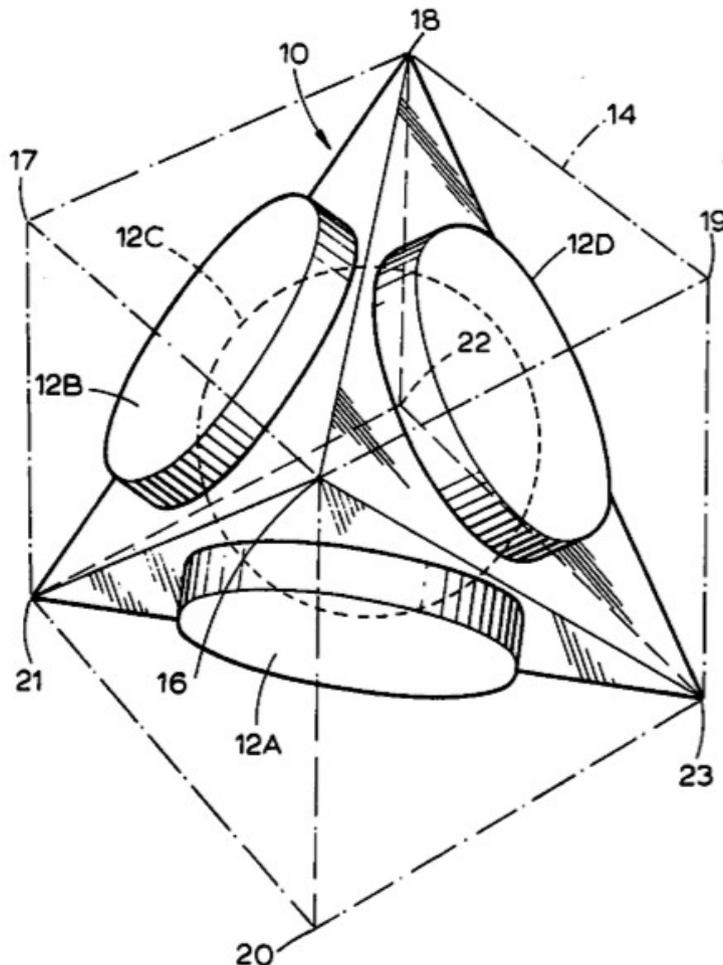
Enregistrement *double M/S*



Sanken WMS-5 : microphone double M/S
avec décodage surround spécifique

Enregistrement en *Format A*

4 capsules cardioïdes



- Conversion en *Format B* en utilisant les filtres théoriques
- Conversion en *Format B* en utilisant des filtres issus de mesures pratiques
- Conversion en *Format B* avec l'encodeur logiciel ou matériel fourni

Enregistrement en *Format A*

Système SoundField ST350

Microphone

Préamplificateur, encodeur
en *Format B* et décodeur
pour stéréophonie 2/0



Détail des capsules

Enregistrements en *Format A*



DPA-4 (ici en cours de calibration)



Core Sound TetraMic

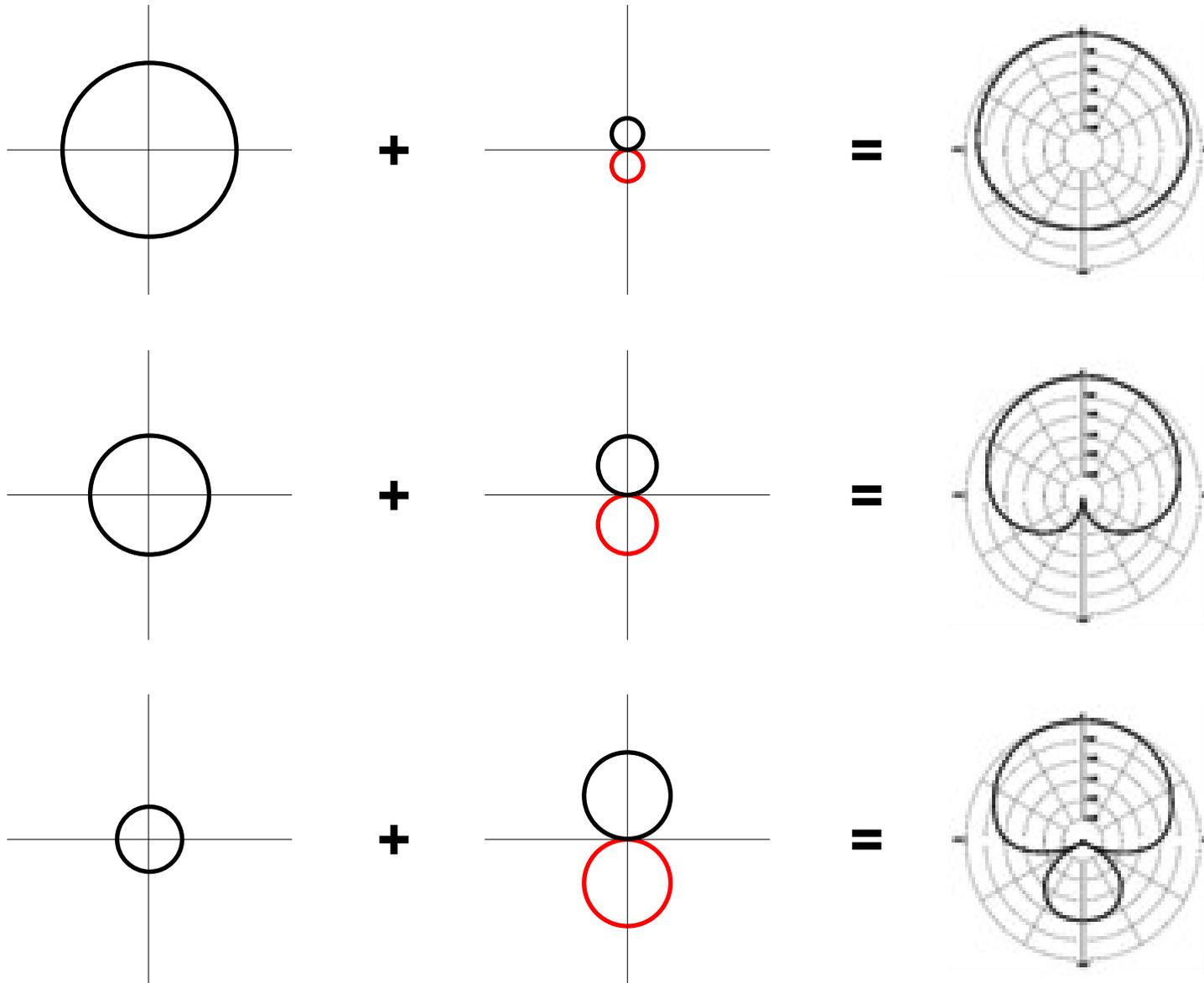
Décodage du *Format B*

- Il existe de nombreuses approches du décodage.
- Le choix d'une approche particulière conditionne le rendu sonore de manière considérable, notamment l'espace sonore obtenu.
- Nous décrivons ici un décodeur de *Format B Horizontal* basé sur la synthèse de microphones dits *virtuels* à partir des canaux W, X et Y enregistrés.

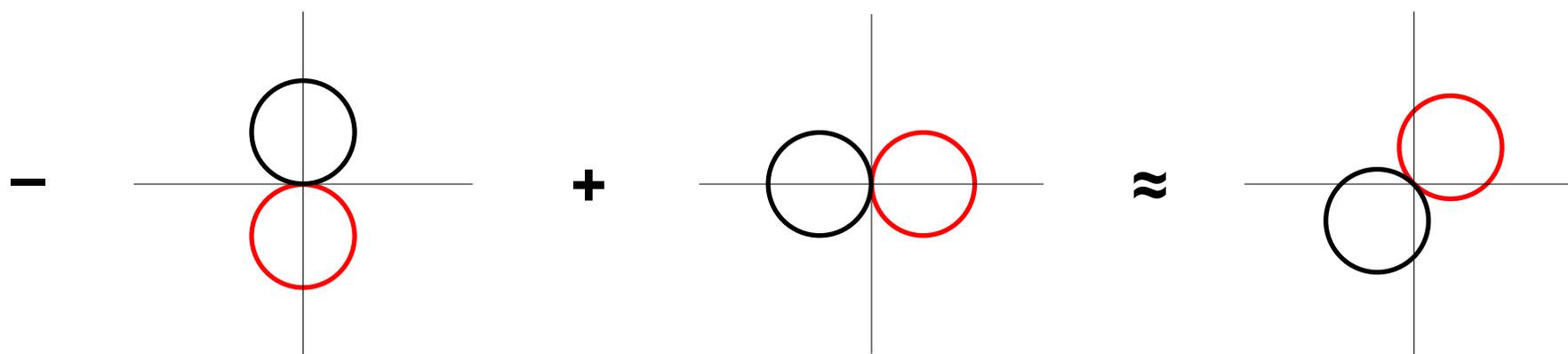
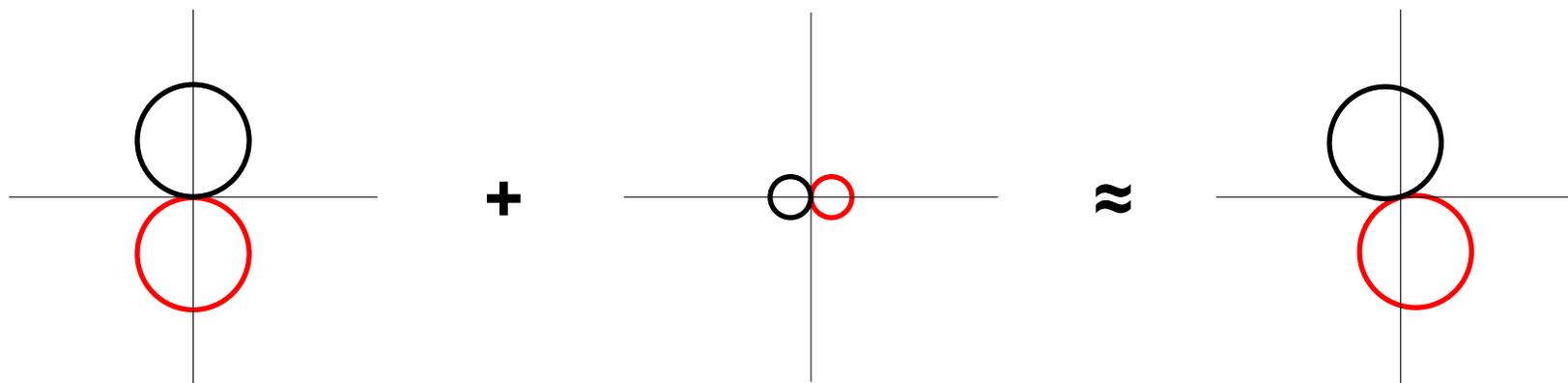
Synthèse d'un *microphone virtuel*

- Un *microphone virtuel* est entièrement défini par sa directivité et son angle de positionnement.
- Le mixage d'un microphone omnidirectionnel et d'un microphone en figure de "8" coïncidents permet de synthétiser un microphone dont la **directivité** dépend des coefficients de mixage.
- Le mixage de deux microphones en figure de "8" orthogonaux et coïncidents permet de synthétiser un microphone en figure de "8" dont l'**angle de positionnement** dépend des coefficients de mixage.

Exemples de synthèse de directivité



Exemples de synthèse d'angle



Technique de décodage

- Un *microphone virtuel* M est défini par la relation suivante : $\mathbf{M} = a\mathbf{W} + b(c\mathbf{X} + d\mathbf{Y})$, où a , b , c et d sont des coefficients de mixage compris entre -1 et 1.
- Dans chaque enceinte du système de reproduction sonore, on diffuse un seul *microphone virtuel* dont on peut choisir l'angle et la directivité.
- S'il y a un caisson de basses, on peut y diffuser le canal W .

Avantages du décodage

- Un même enregistrement en *Format B Horizontal* (3 pistes) peut être décodé pour plusieurs systèmes de diffusion allant du 1/0/0 au 3/2/1 (voire plus sous certaines conditions).
- Il est possible de varier les directivités et les angles de positionnement des microphones au moment de la post-production (donc après les sessions d'enregistrement).
- Possibilité d'effets de spatialisation : rotation de la scène, dominance, élévation (nécessite d'avoir enregistré le canal Z pour ce dernier).

Décodeur de *Format B Horizontal* : interface graphique de contrôle

PRESETS

read load > 24. 0 < save
write 51-pentagone < remove

Dominance (rear -> all -> front)
C

LEFT & RIGHT

Directivity (omni -> cardioid -> fig-8) 0.64
Angle (0° -> 180°) 144.
Level (dB) 0.
 < mute

CENTER

Directivity (omni -> cardioid -> fig-8) 0.64
Level (dB) 0.
 < mute

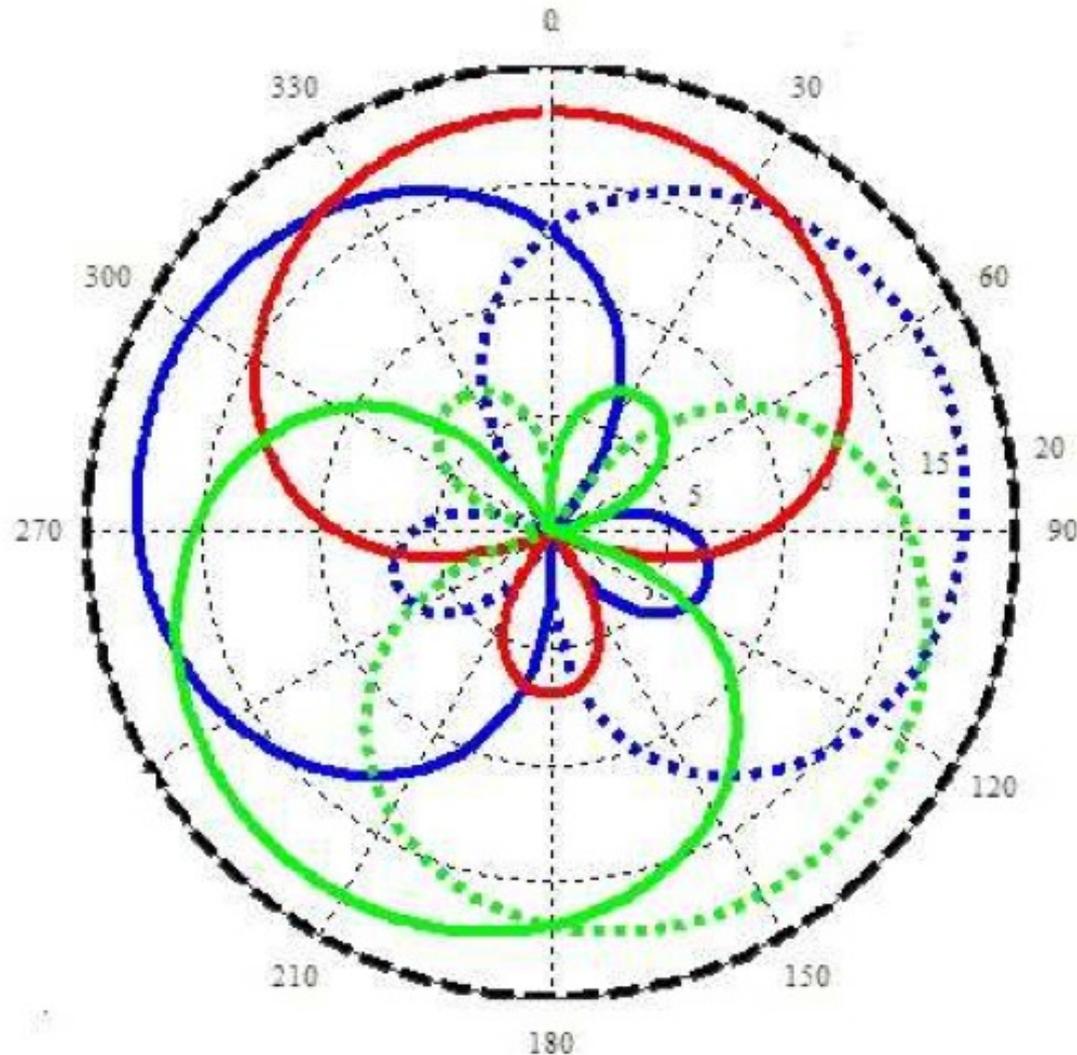
LEFT SURROUND & RIGHT SURROUND

Directivity (omni -> cardioid -> fig-8) 0.64
Angle (0° -> 180°) 72.
Level (dB) 0.
 < mute
Rear delay (ms) 0.
 LP filter (Hz) 5000.

SUBWOOFER

Level (dB) 0.
 < mute

Diagramme polaire obtenu avec le réglage du transparent précédent



Précautions à prendre lors d'un enregistrement coïncident

- Il faut placer les microphone en écoutant le canal W en mono (*Format B Natif, Format A*), le mixage en mono des canaux Cf et Cb (*FLRB*), ou le mixage en mono des canaux Mf et Mr (*double M/S*).
- Au moment de régler les paramètres du décodage, il faut vérifier que le *downmix* en stéréophonie 2/0 est acceptable.

2 – POST PRODUCTION

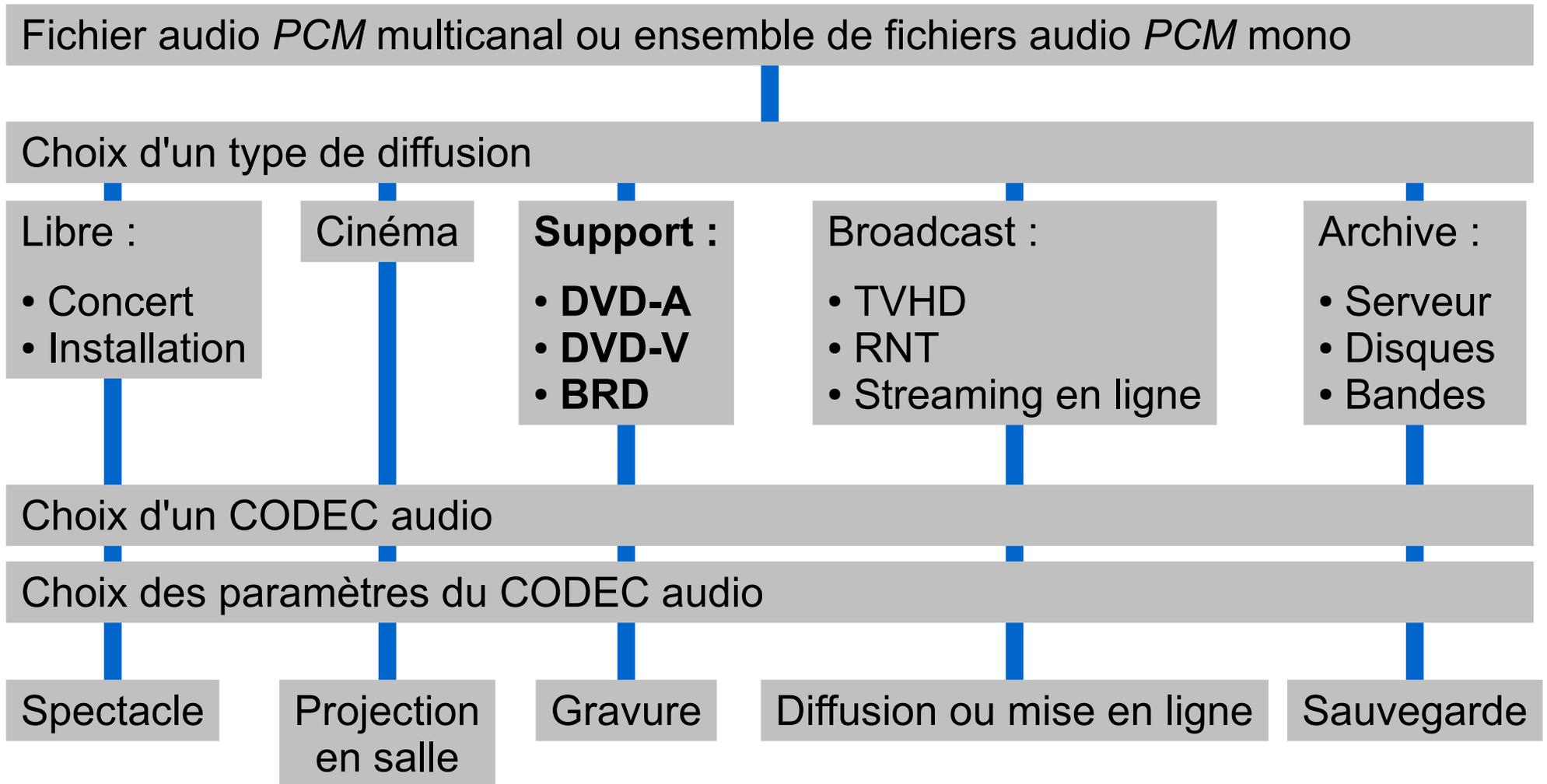
Travail de post production

- Dérushage
- Montage
- Application d'effets
- Mixage

À la fin de la post production, on obtient un fichier *PCM* multicanal (ou bien un ensemble de fichiers *PCM* monophoniques correspondant chacun à un canal).

3 – REPORT ET DIFFUSION

Report et diffusion

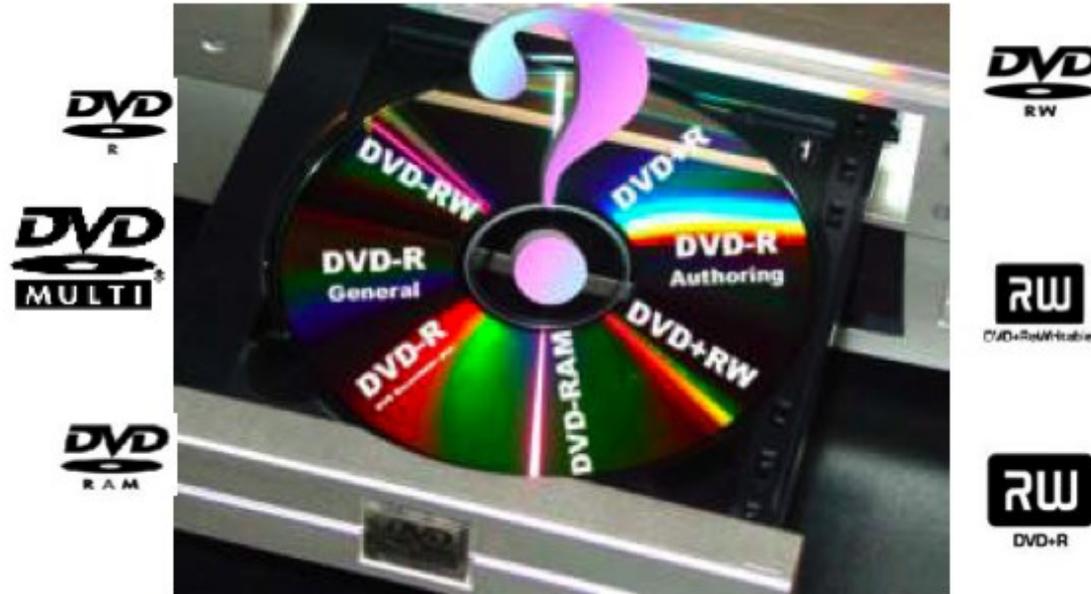


À chaque étape, il faut vérifier que le *downmix* en stéréophonie 2/0 est acceptable.

Supports standard

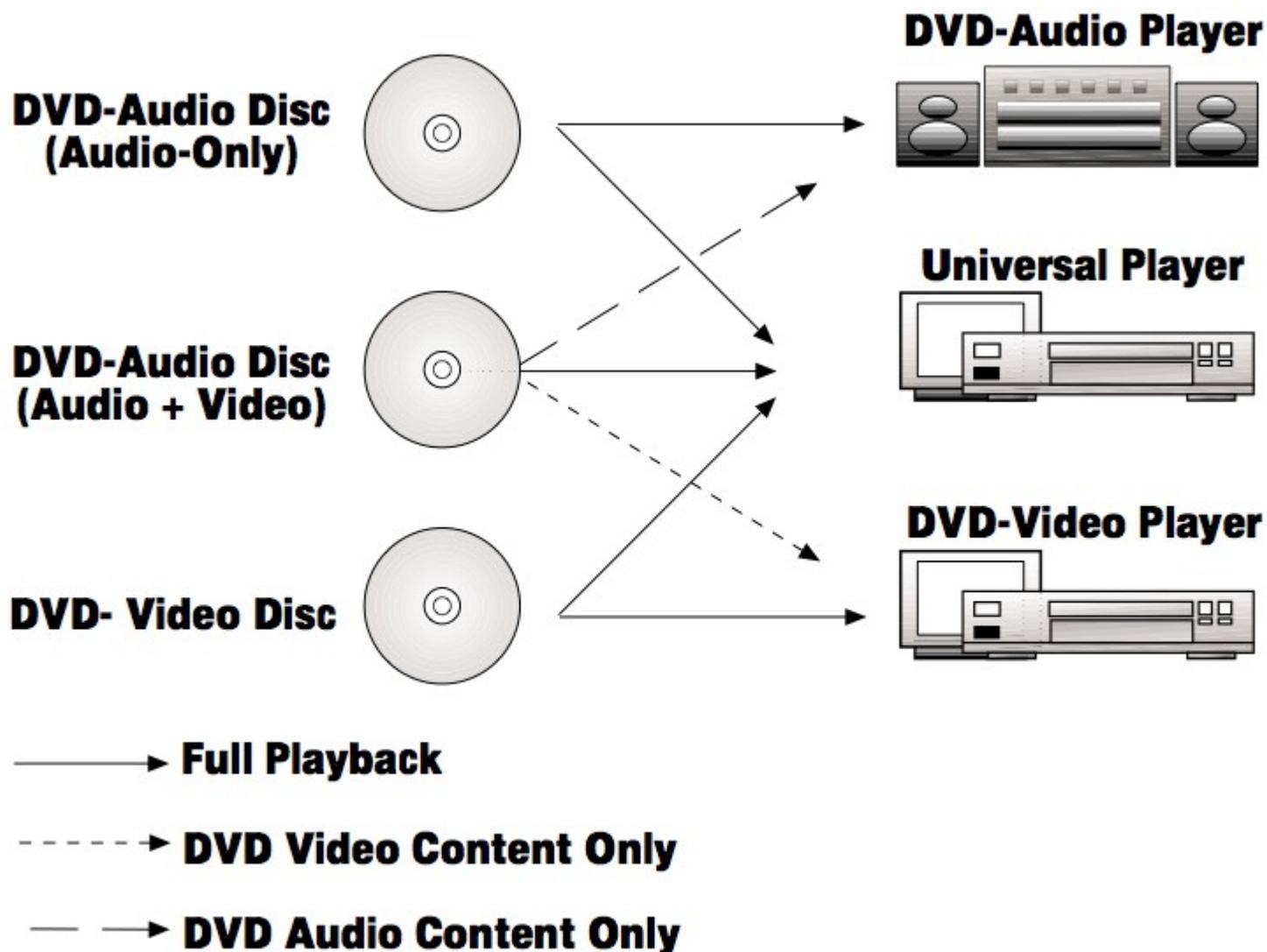
- **DVD-Audio** (avec ou sans vidéo) : jusqu'à 9.6 Mbps pour l'audio (sur un total de 9.8 Mbps)
- **DVD-Vidéo** : jusqu'à 6.144 Mbps pour l'audio (sur un total de 9.8 Mbps)
- **Blu-Ray Disc** : jusqu'à 27.648 Mbps pour l'audio
- À titre de comparaison, sur un **CD-Audio**, le débit maximal est de 1.41 Mbps

Le DVD



- Plus de 24 supports physiques existants
- Plus de 6 variations de formats

DVD : disques et lecteurs



Le DVD-Video

DVD VIDEO FORMATS

3 Formats principaux* : LPCM, Dolby Digital, MPEG

2 Formats optionnels : DTS ET SDDS

	LPCM (Obligatoire)	Dolby Digital (Obligatoire)	DTS (Optionnel)	MPEG-2 (Obligatoire*)	SDDS (Optionnel)
Fréquence d'échantillonnage (kHz)	48 ou 96 kHz	48 kHz	48 kHz	48 kHz	48 kHz
Quantification	16, 20 ou 24 bits	Jusqu'à 24 bits	Jusqu'à 24 bits	Jusqu'à 20 bits	
Débit (Kbps)	De 768 à 6144 Kbps (Dépend du nombre de canaux)	Pour le 5.1 : <i>384 ou 448 Kbps.</i> Pour le 2.0 : <i>192 ou 256 Kbps</i> Pour le 1.0 : <i>64 ou 96 Kbps</i>	De 64 à 1536 Généralement <i>768 ou 1536 Kbps</i>	Pour le 2.0 : <i>De 64 à 384 Kbps</i> Pour le 1.0 : <i>De 64 à 192 Kbps</i>	Jusqu'à 1280 Kbps

* - Pour les systèmes PAL- SECAM 625/50, on doit choisir entre le LPCM, le MPEG et le Dolby Digital (AC3).

- Pour les systèmes NTSC 525/60, on doit choisir entre le LPCM et Dolby Digital (AC3).

Le DVD-Audio

- 1 format obligatoire : le *LPCM (Linear PCM)*, éventuellement avec compression non-destructive *MLP (Meridian Lossless Packing)*
- 3 formats optionnels : *AC3 (Dolby Digital)*, *DTS* et *MPEG-Audio*

DVD-Audio :

possibilités du CODEC *LPCM*

	DVD-Video	DVD-Audio
Nombre de canaux	1 à 8	1 à 6
Quantification	16, 20, 24 bits	16, 20, 24 bits
Fréquence d'échantillonnage	48, 96 kHz	44,1, 48, 88,2, 96, 176,4, 192 kHz

Quantization (bits)	Sample-Rate (kHz)	Channels	Data-Rate (Mbps)	Time (minutes)
16	44.1	2	1.41	422
16	48	2	1.54	388
20	96	4	7.68	78
24	192	2	9.22	65

Note: Single-layer, single-sided disc with no lossless compression; assumes 5% overhead for navigation and formatting data.

La question des supports standard

Un nouveau standard devrait :

- Constituer un réel pas en avant en terme de capacité et de débit ;
- Être créé pour une durée importante et non une solution intermédiaire ;
- Devrait être en nombre restreint et les aspects de compatibilité stable et durable.

Blu-Ray Disc

BD-ROM supports six types of audio stream formats ranging from a low bit rate to high audio quality, as shown in Figure 4-4 below.

	CODEC	LPCM	Dolby Digital	Dolby Digital Plus	Dolby Lossless	DTS digital surround	DTS-HD
Audio	Max.bitrate	27.648Mbps	640kbps	4.736Mbps	18.64Mbps	1.524Mbps	24.5Mbps
	Max.ch	8(48kHz, 96kHz), 6(192kHz)	5.1	7.1	8(48kHz, 96kHz), 6(192kHz)	5.1	8(48kHz, 96kHz), 6(192kHz)
	bits/sample	16, 20, 24	16 - 24	16 - 24	16 - 24	16, 20, 24	16 - 24
	Sampling frequency	48kHz, 96kHz, 192kHz	48kHz	48kHz	48kHz, 96kHz, 192kHz	48kHz	48kHz, 96kHz, 192kHz

Figure 4-4 – Specification of BD-ROM Audio streams

Conclusion

- Résultats des enquêtes : de nombreux verrous technologiques
- DCI : on peut espérer une généralisation de l'audio haute résolution non compressé
- Propagation des formats ouverts vers l'industrie ?
- Développement d'outils en cours (au CICM) :
décodeur de *Format B Horizontal*, logiciel d'upmix,
réverbération surround

Contact

<http://cicm.mshparisnord.org/>

benoit.courribet@gmail.com

julien@breval.com

timbaschet@gmail.com



Des questions ?

© 2005 BKatzung

ANNEXE : AUTRES MÉTHODES D'ENREGISTREMENT MULTICANAL

Prise de son espacée



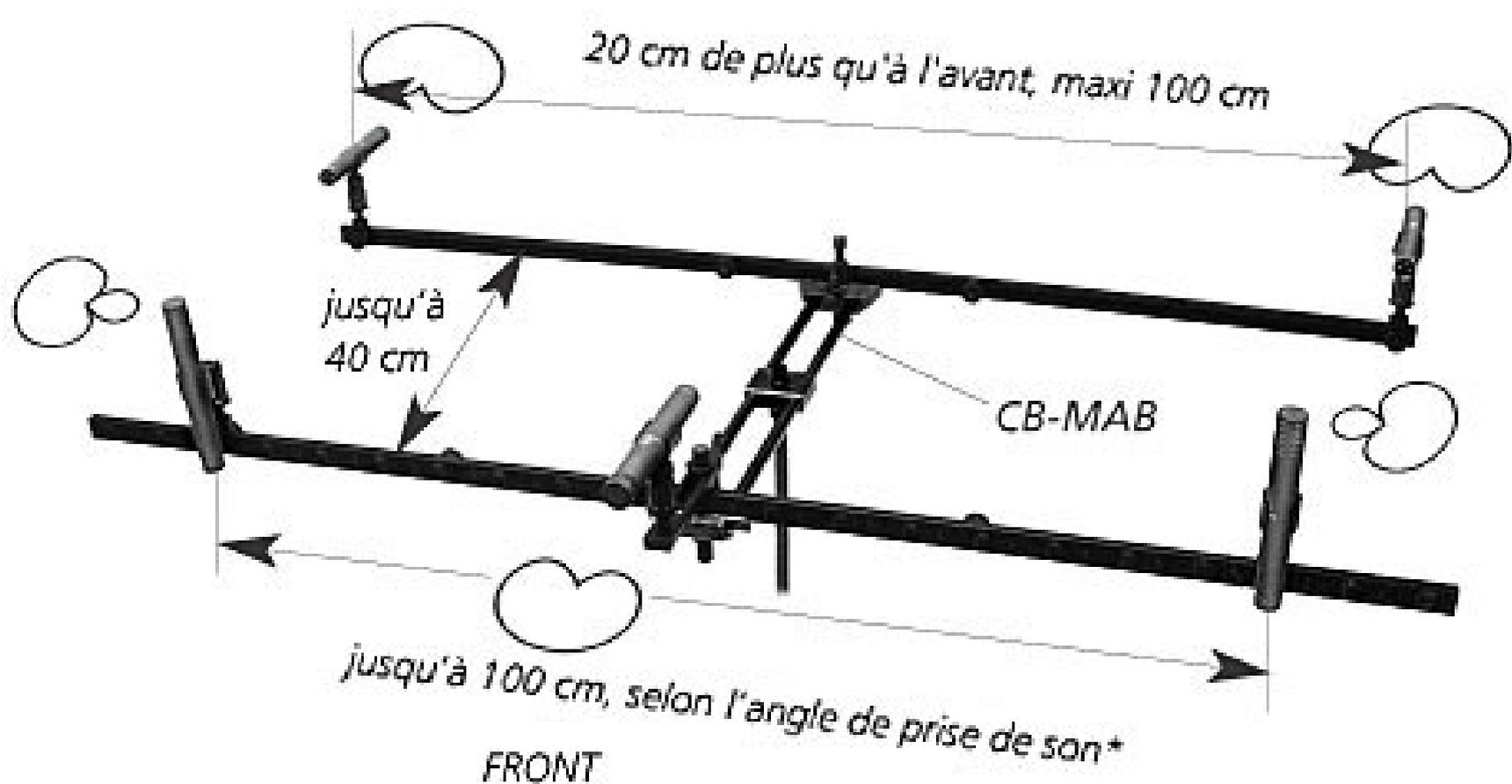
4 microphones placés sur les sommets
d'un carré de 5 mètres de côté

Arbre d'enregistrement surround générique (**DPA S5c**)



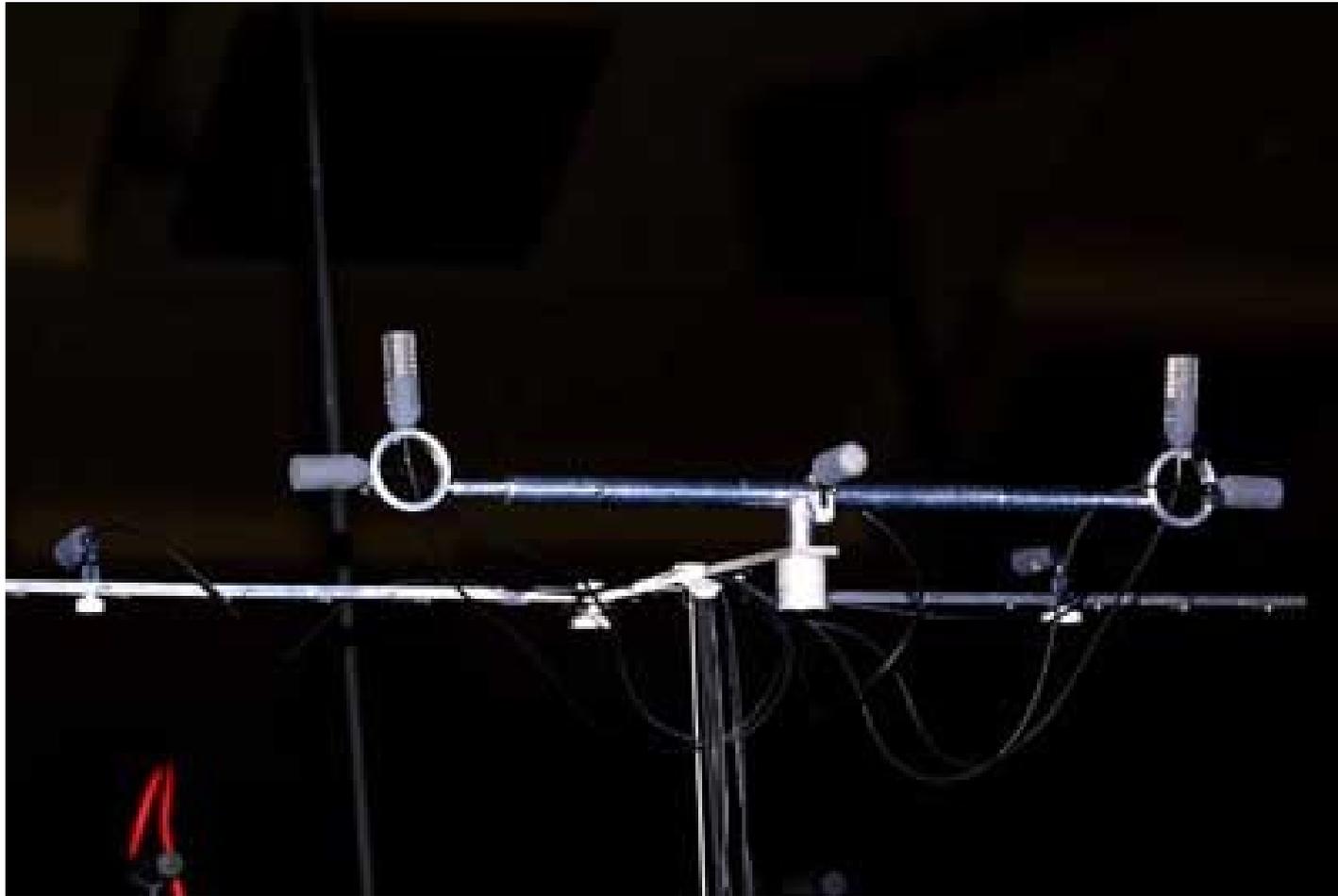
Cet arbre est utilisable avec tous les microphones classiques

Prise de son semi-coïncidente : *OCT Surround*



OCT Surround utilisant des microphones **Schoeps MK**

Prise de son semi-coïncidente : *OCT Surround*

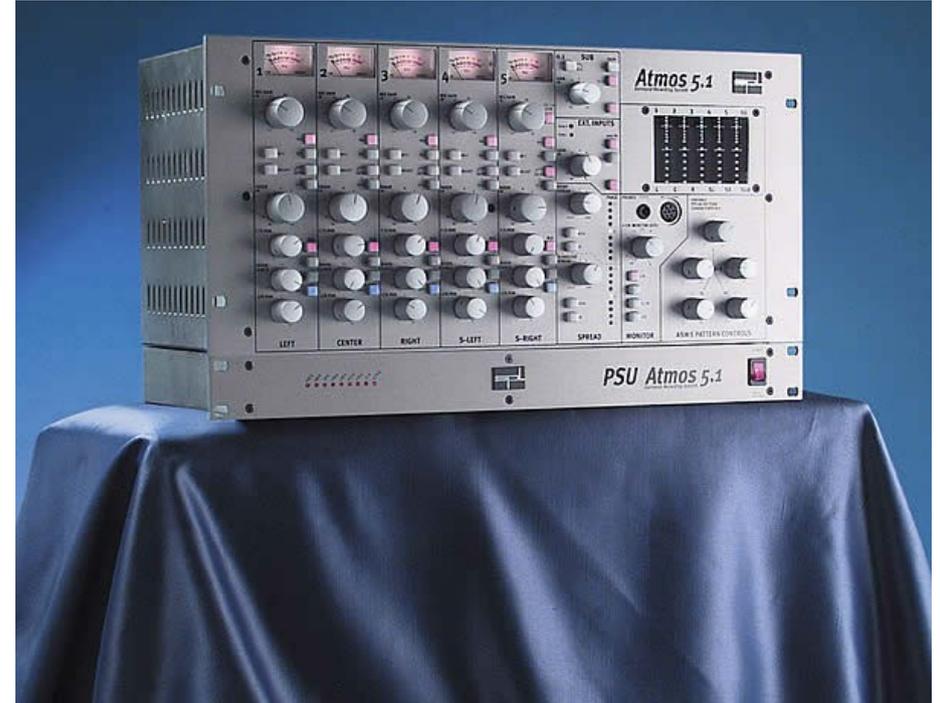


OCT Surround utilisant des microphones **Schoeps CCM**

Prise de son semi-coïncidente : Arbre *INA-5* (**Brauner / SPL Atmos**)

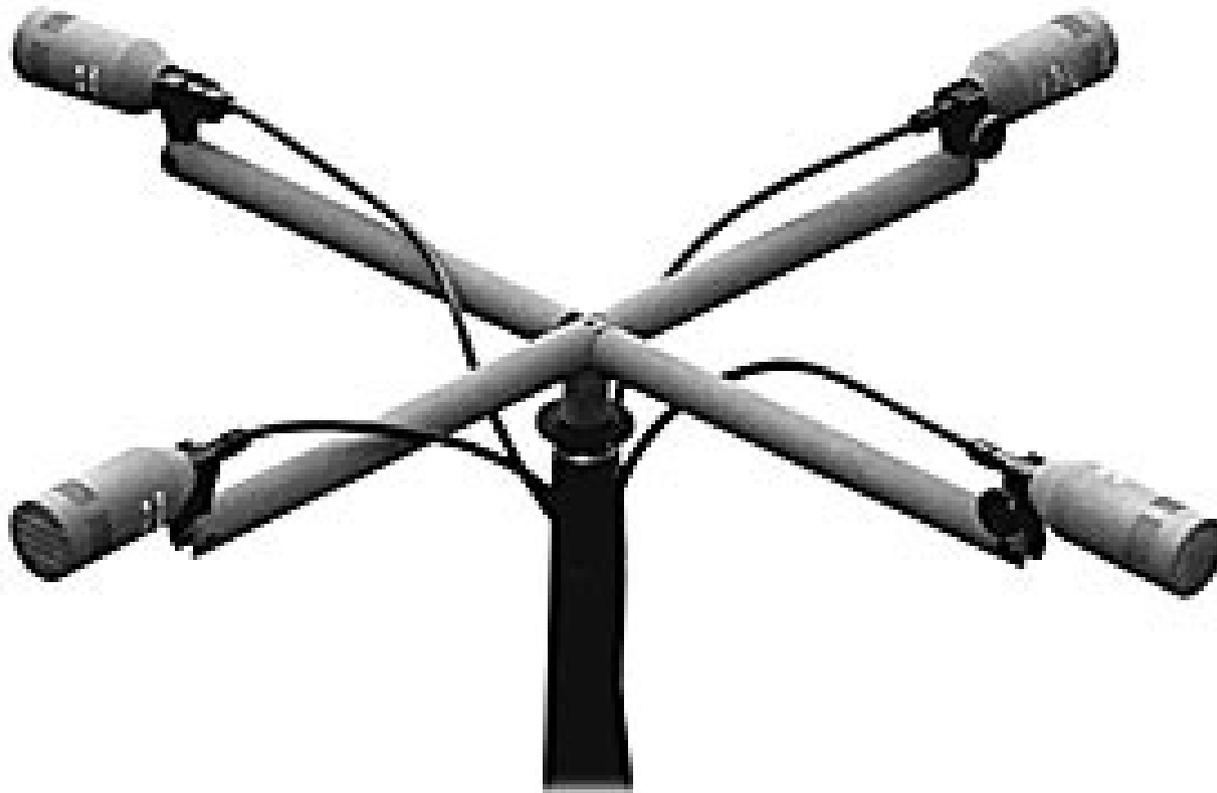


Microphones



Préamplificateur / contrôleur
de directivités / mixeur /
spatialisateur

Prise de son semi-coïncidente : *IRT Cross*



IRT Cross réalisée avec des microphones **Schoeps CCM**

Prise de son avec obstacle acoustique : **Holophone H2 Pro**



Autres systèmes de prise de son multicanal

Schoeps KFM Surround



*KFM 360
avec 2 MICROPHONES COMPACTS CCM 8Lg
(bidirectionnels)*

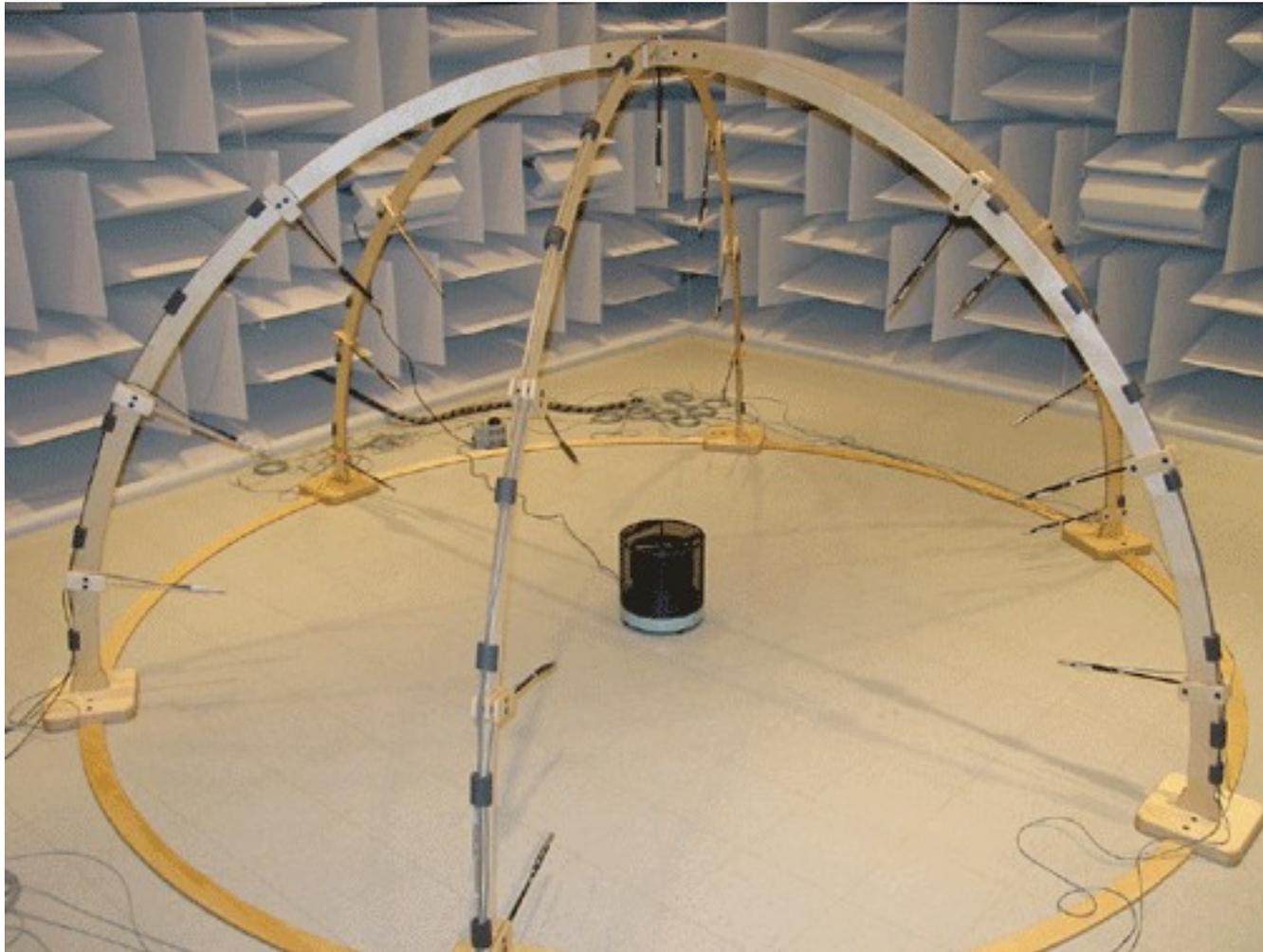


*DSP-4 KFM 360
Processeur avec convertisseurs A/D et
D/A intégrés*

Zoom H2



Autres systèmes de prise de son multicanal



Prise de son en Haute Résolution Spatiale

Système d'enregistrement 5.0 Trinnov SRP



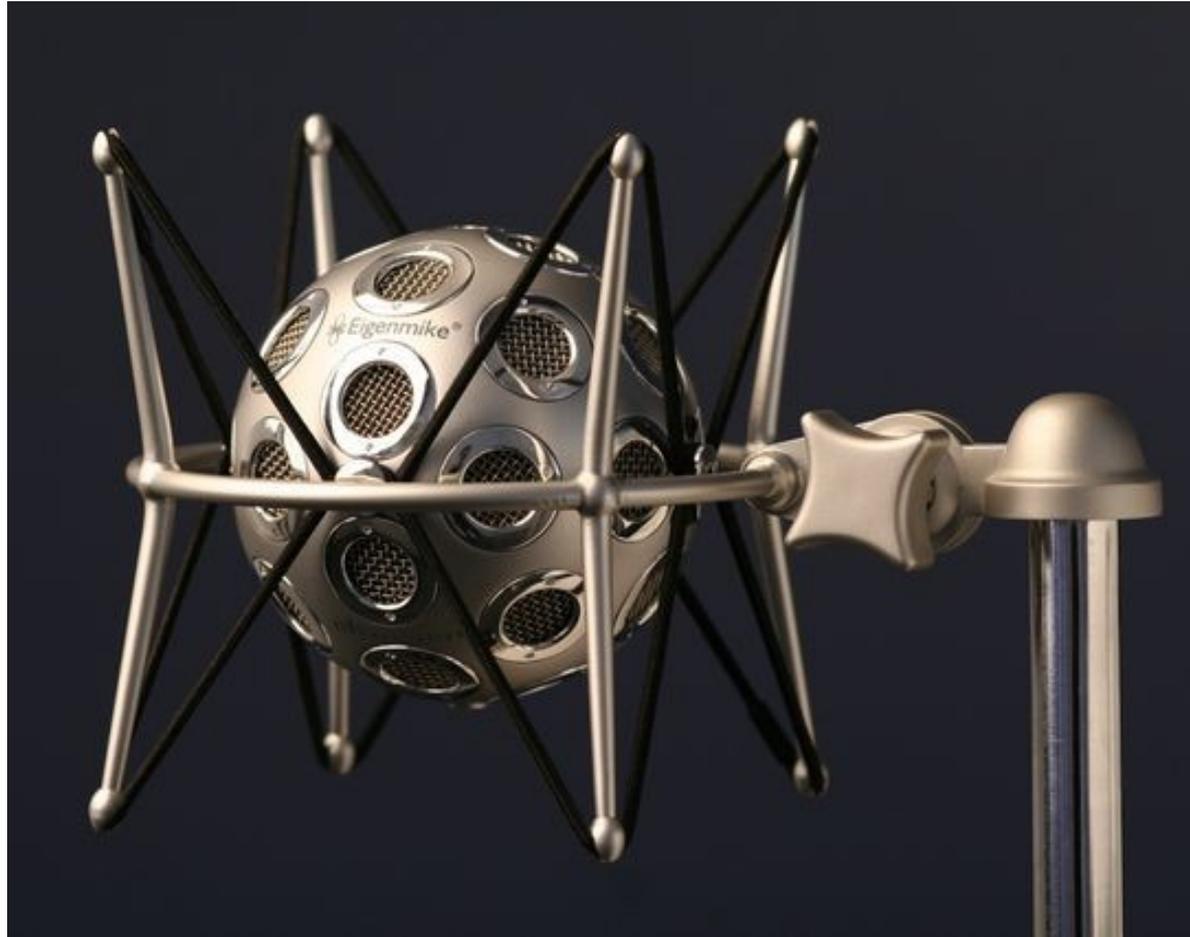
+



=

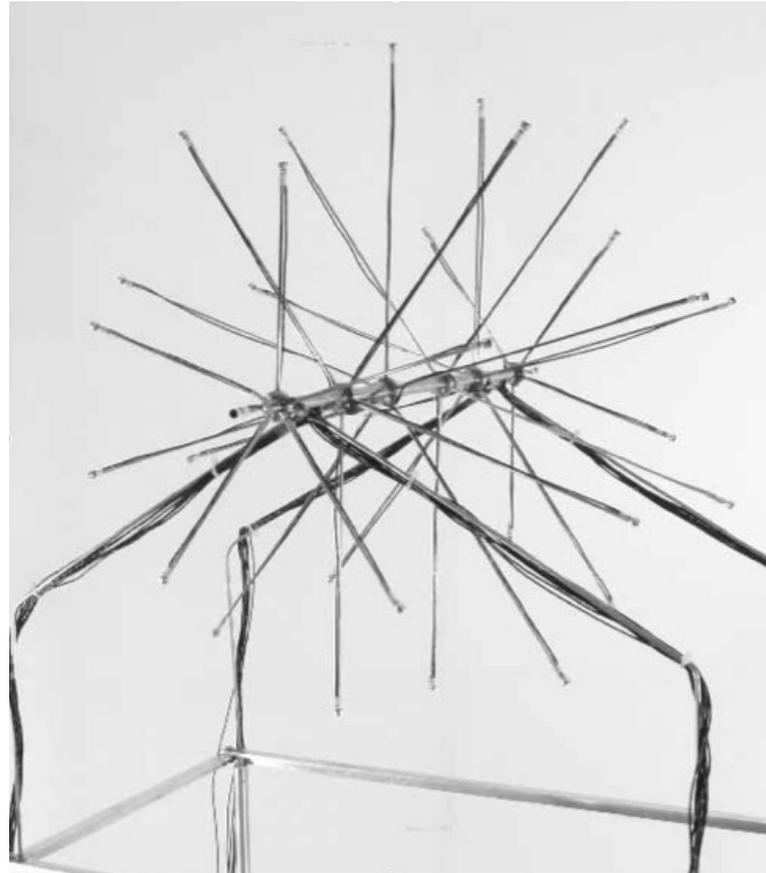


Prise de son en Haute Résolution Spatiale



MH Acoustics E32 Eigenmike

Prise de son en Haute Résolution Spatiale



Sphère géodésique de microphones pour l'analyse
directionnelle des champs acoustiques reverbérés
(**NRC - Canada**)