

# **Utilisation d'une rampe microphonique circulaire, pour la prise de son et la post-production de sources sonores réparties sur 360° et destinées à un système de restitution multicanal 5.1.**

Jean-Marc Lyzwa & Jean-Christophe Messonnier

**Service audiovisuel - Conservatoire de Paris**

---

## **Introduction**

Le système de restitution multicanal 5.1 ouvre de nouvelles possibilités par rapport au système de diffusion stéréophonique à deux canaux :

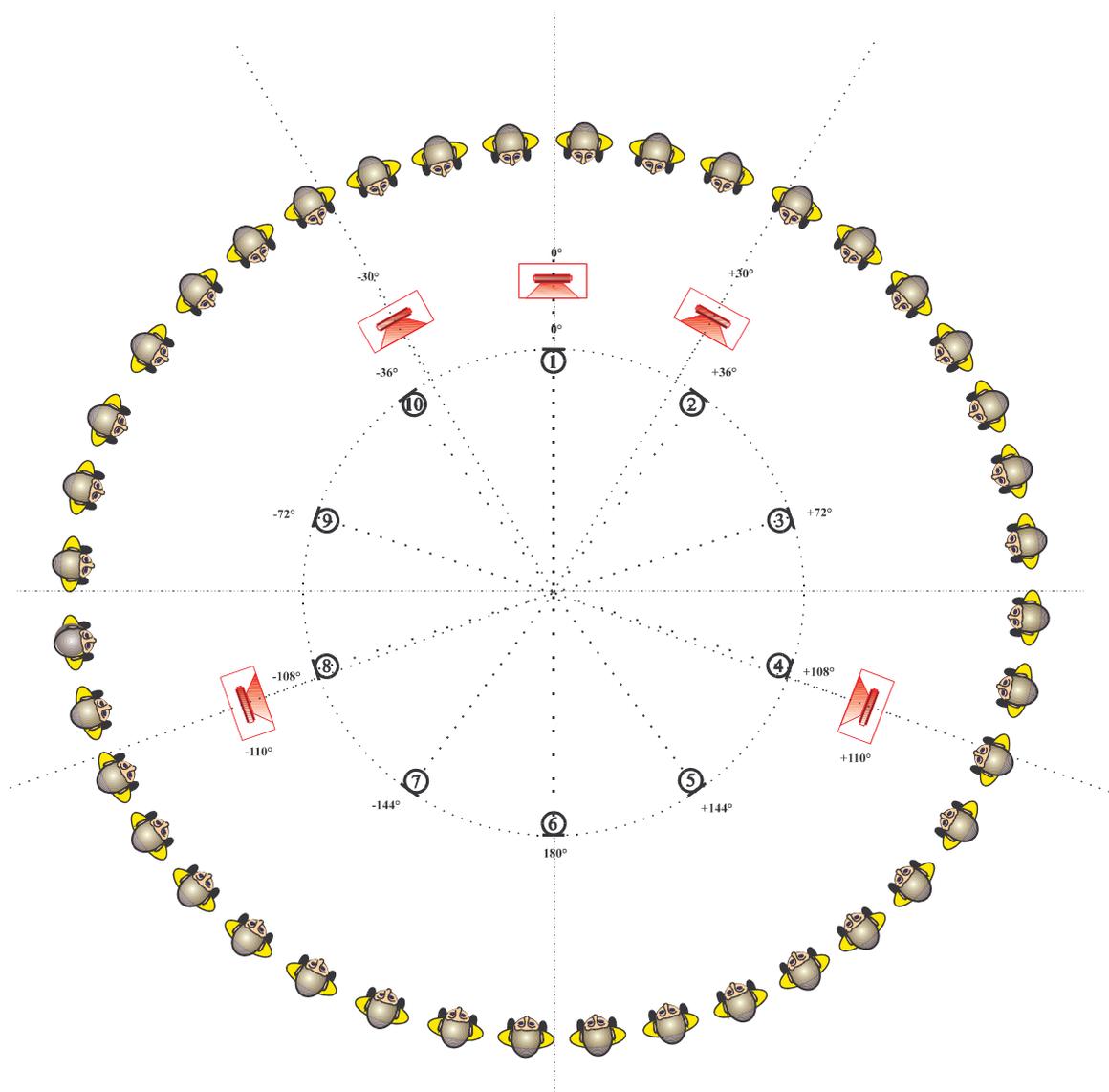
- la possibilité de percevoir la localisation du son sur tout le plan horizontal (azimut) voir même d'après certaines études sur le plan vertical (élévation).
- une meilleure sensation d'enveloppement par la réverbération et un meilleur traitement de la distance apparente (champ proche, champ lointain).

De nombreux problèmes subsistent néanmoins, notamment la difficulté d'obtenir une localisation du son direct précise et stable en fonction de la position d'écoute, dans certains secteurs spatiaux. G. Plenge et G. Theile [1], ont démontrés que la localisation des sources fantômes latérales obtenues en  $\Delta I$  entre les haut-parleurs avant gauche et arrière gauche ( $-30^\circ$ ,  $-110^\circ$ ) et entre les haut-parleurs avant droit et arrière droit ( $+30^\circ$ ,  $+110^\circ$ ), était très imprécise par rapport à notre centre d'écoute en comparaison à la localisation des sources frontales. Lorsque l'on place une source fantôme à  $+90^\circ$  (entre les haut-parleurs avant droit et arrière droit), on obtient une extra-largeur de la source, certaines composantes spectrales étant localisées près du haut-parleur avant, d'autres étant localisées près du haut-parleur arrière.

## **Présentation de notre démarche**

Cette comparaison de différents systèmes de prise de son a pour particularité d'utiliser des sources sonores réparties sur un plan horizontal, dans toutes les directions. Notre démarche a consisté à rechercher une correspondance des localisations entre l'espace de prise de son et l'espace de restitution. La recherche d'un tel système nous a conduit à une rampe circulaire composée de 10 microphones. La recommandation de l'ITU [2,3]

pour la disposition angulaire des haut-parleurs du système 5.1 étant  $0^\circ$ ,  $+30^\circ/-30^\circ$  et  $+110^\circ/-110^\circ$ , le fait de réaliser un système constitué de 10 micros répartis de manière régulière sur une couronne, tous les  $36^\circ$ , nous permet d'établir une correspondance entre la direction de 5 des microphones du système et celle des 5 haut-parleurs.



Implantation du chœur et du système microphonique par rapport au dispositif de restitution

L'utilisation de microphones de directivité omnidirectionnelle a été retenue pour des raisons de linéarité spectrale. La distance des micros par rapport aux sources sonores enregistrées (c'est-à-dire le diamètre du cercle sur lequel ils sont positionnés) est déterminée par la présence souhaitée et par des contraintes concernant la localisation des sources.

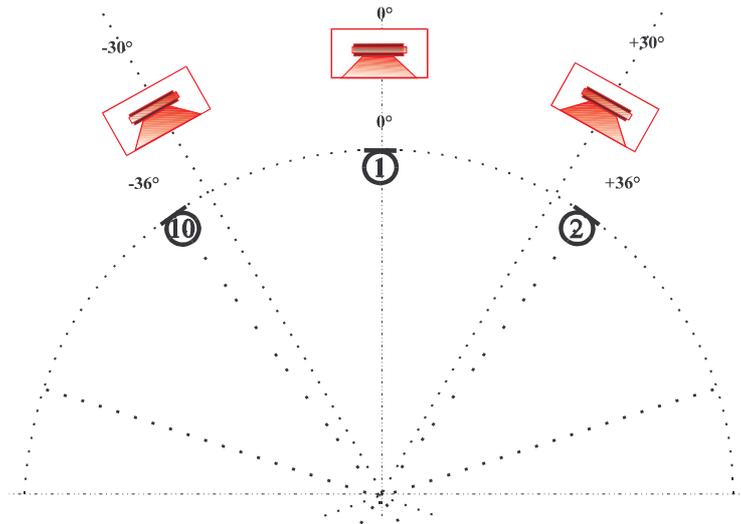
La substitution de microphones cardioïdes aux microphones omnidirectionnels conduirait à une indépendance plus forte des voies et à une présence plus importante des sources.

Nous pouvons définir trois modes de localisation en ce qui concerne la perception dans l'espace de restitution. Etant donné l'effet de précedence, on considérera uniquement, pour une source, les sons parvenant au premier couple de microphones. L'effet de la contribution des autres microphones sur la localisation n'est sans doute pas

complètement négligeable, conduisant à une diminution de la précision. Cela dit la plupart des autres microphones sont à l'extérieur de la distance critique et donc leur contribution est plutôt à considérer pour l'apport d'énergie réverbérée (voir annexe 1).

### 1 - Localisation sur les haut-parleurs avant :

Les microphones **1**, **2** et **10** sont orientés respectivement vers les haut-parleurs  $-30^\circ$ ,  $0^\circ$  et  $+30^\circ$ .



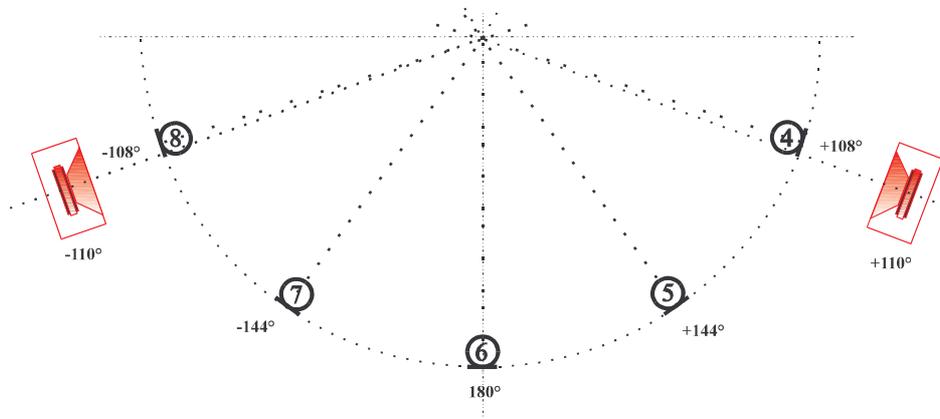
Pour le chœur, les sources comprises dans l'espace entre les microphones **10** et **1**, **1** et **2** génèrent sur ces couples de microphones des différences de temps  $\Delta t$  comprises entre 0 et 1.9 ms et des différences de niveau  $\Delta I$  comprises entre 0 et 2 dB (voir annexe 1). Les différences d'intensité ne tiennent pas compte de la directivité des sources et sont sans doute sous-estimées. Pour les percussions, les différences de temps et les différences d'intensité sont un peu plus grandes, les instruments étant placés plus près (voir annexe 2).

En tenant compte uniquement des différences de temps sur le premier couple de microphones **10** - **1** ou **1** - **2**, on peut inférer de la localisation dans l'espace de restitution à partir des données de G. Martin - R. Quesnel - W. Woszczyk [4]. Globalement, l'angle de prise de son des couples de microphones **10** et **1**, **1** et **2**, correspond au secteur d'espace compris entre les directions de ces deux paires de microphones, même si un tassement des sources sur l'extérieur des deux paires de haut-parleurs correspondant est à prévoir (c'est-à-dire aux alentours de  $-30^\circ$  et  $+30^\circ$ ).

L'angle de prise de son est donc un paramètre du système lié au diamètre du cercle sur lequel s'inscrivent les microphones. Il dépend aussi de la directivité des sources et des microphones, puisqu'il résulte de la présence ou non de différences d'intensité  $\Delta I$  se superposant aux différences de temps  $\Delta T$ .

## 2 - Localisation sur les haut-parleurs arrières :

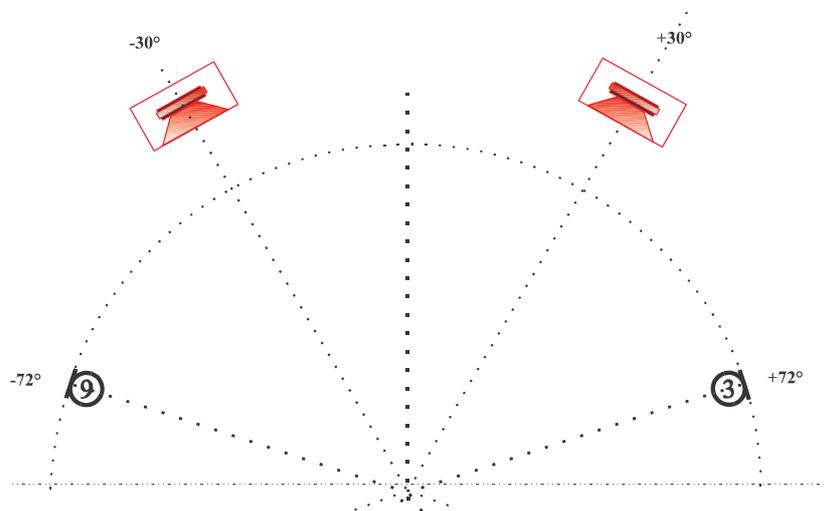
Les microphones **8, 7, 6, 5, 4**, sont orientés entre les haut-parleurs arrières (+110° et -110°), à l'aide de potentiomètres panoramiques.



La localisation est due aux différences d'intensité générées par les potentiomètres panoramiques. Les signaux correspondant aux microphones les plus proches des sources sont ceux qui contribuent le plus à la localisation. Les contributions des micros adjacents arrivent avec un retard compris entre 0 et 10 ms et peuvent être prises en compte. Les directions correspondantes aux microphones **8, 4 et 6** sont faciles à reproduire, puisqu'elles coïncident avec les directions des deux haut-parleurs +/-110° et avec celle du centre de ces deux haut-parleurs. L'ajustement des directions correspondant aux microphones  $\oplus$  et  $\diamond$  est réalisé en réglant la valeur des potentiomètres panoramiques de telle manière que la localisation de signaux tests indiquant la position de la source dans l'espace de prise de son correspondent à la direction originale de ces signaux (ceci bien évidemment en position centrée par rapport au dispositif d'écoute).

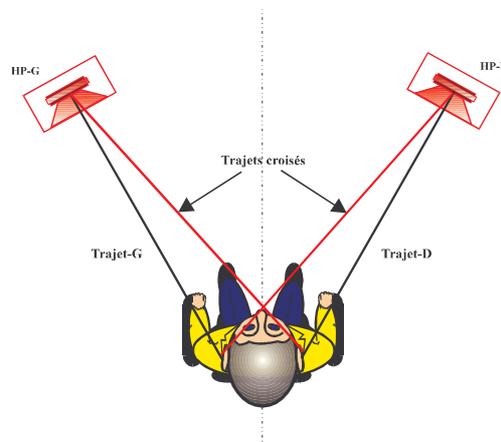
## 3 - Localisation latérale :

La localisation des sources latérales par différence d'intensité ou de temps entre les haut-parleurs +30°, +110° et -30°, -110°, n'étant pas satisfaisante, nous avons choisi une optique différente. Les signaux provenant des microphones **9 et 3** sont traités par un procédé **transaural**, permettant à partir des haut-parleurs avants +30° et -30° d'obtenir une localisation la plus proche possible de +72° et -72°, correspondant à ces microphones.



Ce procédé est réalisé à partir d'un système de traitement du signal : le **Spatialisateur**. Le spatialisateur, développé par l'IRCAM et Espaces Nouveaux (JM. Jot - O. Warusfel [5]), est un processeur spatial configurable qui intègre la localisation des sources et la reproduction de l'effet de salle (réflexions et réverbération). Ce logiciel utilise la plateforme de traitement du signal Max et est adaptable pour différents procédés de reproduction : multicanal (dont 5.1), binaural, transaural.

La synthèse binaurale permet de restituer par traitement d'un signal monophonique, les caractéristiques des signaux présents au niveau des oreilles lors de l'écoute d'une source réelle située dans une direction donnée de l'espace. A la base cette technique est destinée à une écoute au casque. Elle est applicable à une diffusion sur deux haut-parleurs à condition que le signal binaural soit décodé au travers d'une matrice de filtrage inverse dite d'annulation croisée. Cette technique, dite transaurale, a pour effet d'annuler l'onde acoustique transmise de chaque haut-parleur vers l'oreille opposée.



Ainsi, si l'on accepte une contrainte sur la position et l'orientation de la tête de l'auditeur et des deux haut-parleurs, il est théoriquement possible de reproduire, sur un dispositif stéréophonique conventionnel, des sons latéraux, arrière, en élévation, ou encore diffus (réverbération).

En pratique, l'efficacité du traitement transaural dépend de la précision de la position de l'auditeur et de l'absence de réflexions parasites trop proches pour les signaux provenant des haut-parleurs. Le fait que les signaux correspondant aux microphones 9 et 3 soient en partie corrélés diminue aussi l'efficacité du traitement mais ne remet pas en cause l'effet souhaité.

### Zone d'écoute

La zone d'écoute pour un système transaural est limitée, elle correspond à la zone située dans l'axe frontal, la médiane. A gauche ou à droite de cet axe, nous perdons l'image virtuelle latérale traitée en transaural, elle dévie à l'intérieur du système +30° et -30°. Cela dit, en avant et en arrière sur cet axe frontal, nous conservons une très bonne perception latérale. La localisation des autres sources fantômes est aussi soumise à variation en fonction de la position latérale de l'auditeur.

### Réverbération

Nous avons étudié l'emploi d'une réverbération artificielle pour ce système. L'effet le plus concluant a été obtenu en utilisant une réverbération précoce diffusée dans les mêmes secteurs spatiaux (avant/arrière ; gauche/droit) que les sons directs dont elle est issue, et une réverbération tardive, issue de la somme de tous les microphones, traitées

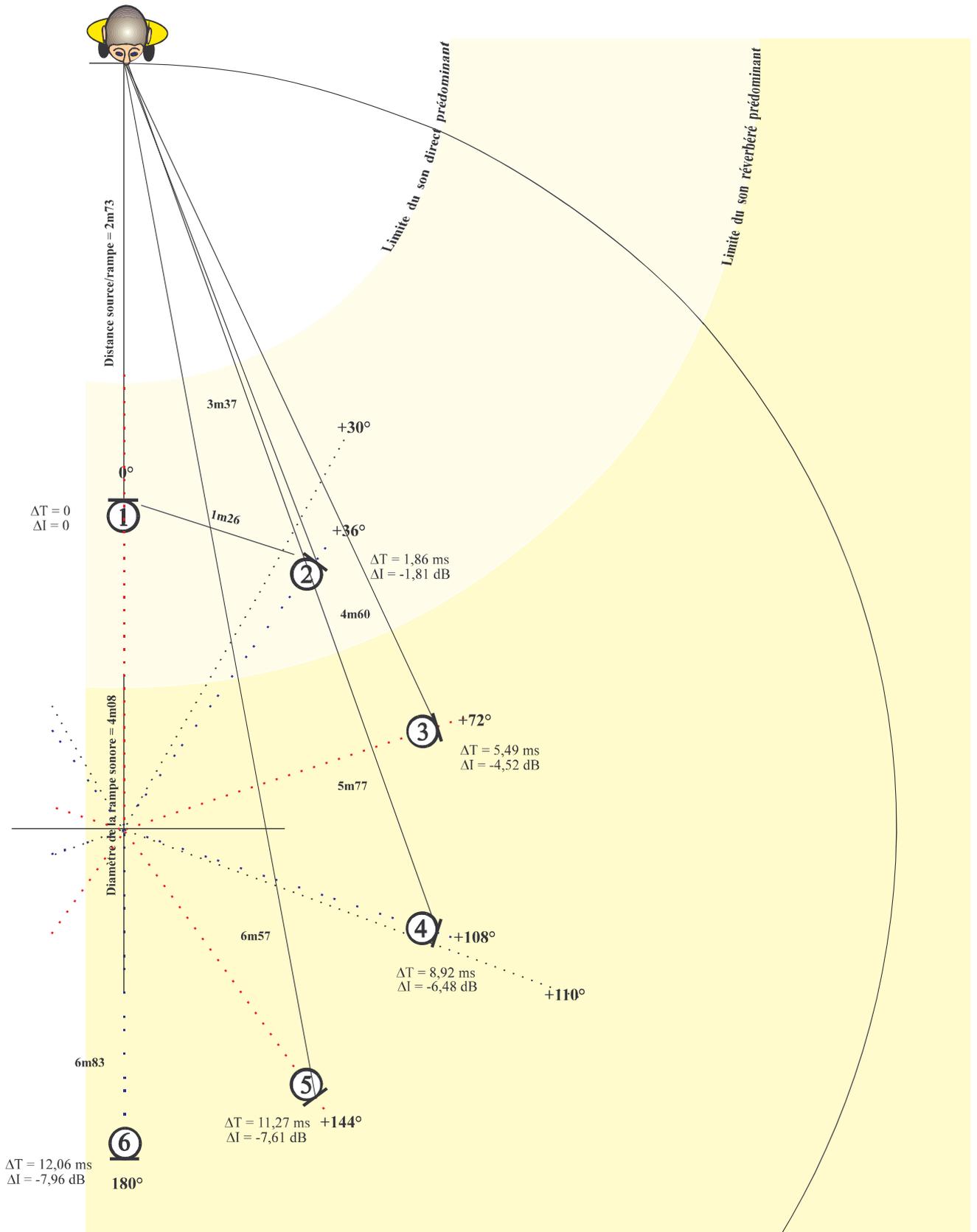
par le spatialisateur, consistant en quatre canaux de réverbération décorrolés et diffusés sur les haut-parleurs  $+30^\circ$   $-30^\circ$   $-110^\circ$   $+110^\circ$ .

## Conclusions

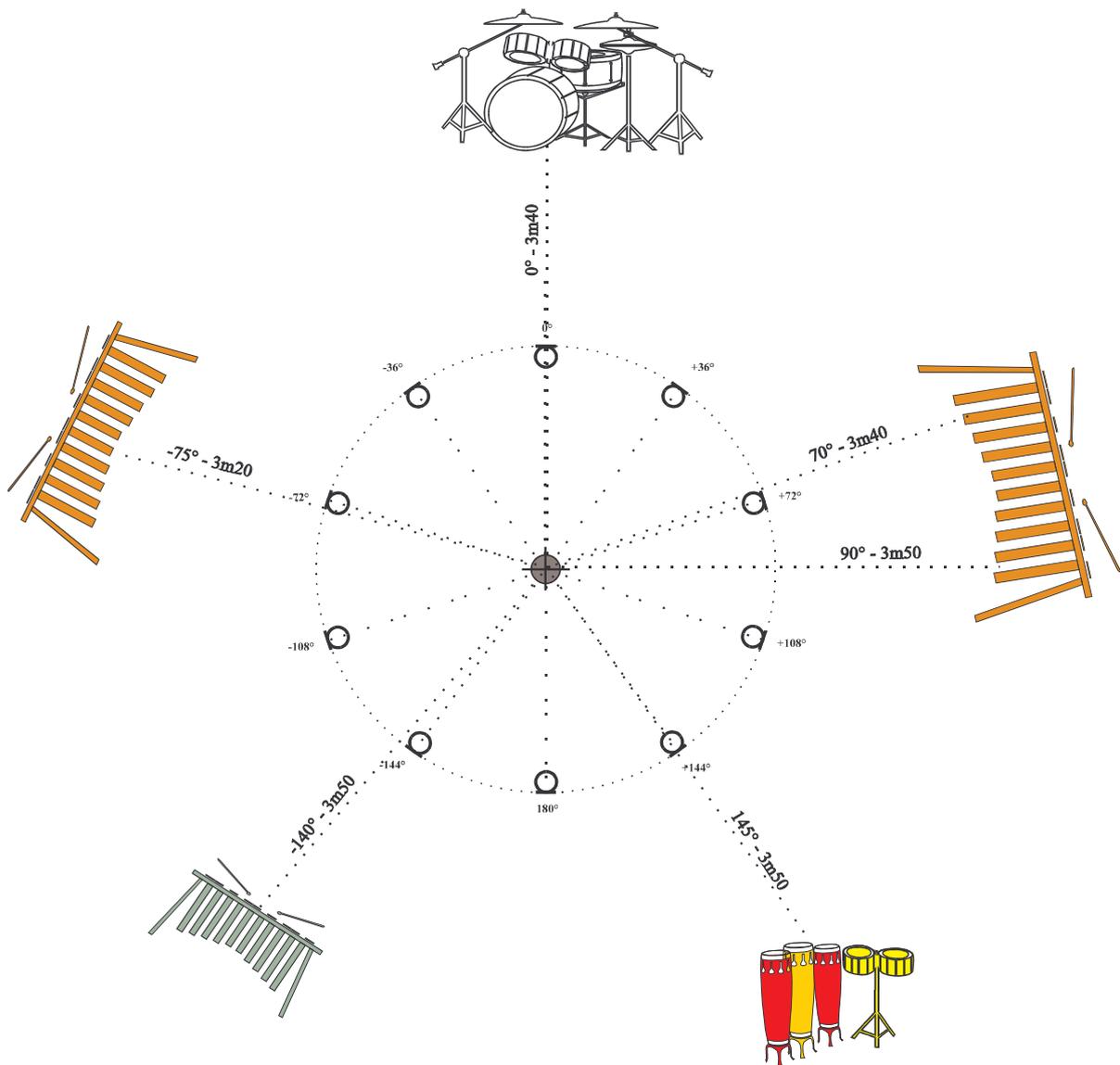
L'avancée de notre expérience ne nous permet pas encore de tirer de solides conclusions pour expliquer l'interaction entre les différentes parties de notre système. A première vue il semble y avoir une interaction entre les signaux traités en transaural et les haut-parleurs avant et arrière ( $-30^\circ$   $-110^\circ$  d'un côté,  $+30^\circ$   $+110^\circ$  de l'autre) puisque l'on peut localiser des sources fantômes entre ces différentes directions mais une étude plus systématique est à réaliser.

Le procédé que nous avons mis en oeuvre n'est pas un système à part entière. L'intérêt est plutôt de combiner différentes techniques de prise de son en fonction du problème posé : disposition des sources, types de musiques, etc... Le traitement transaural permet la localisation de sources fantômes dans les directions latérales. Les signaux traités peuvent provenir de microphones placés dans une logique très différente de celle que nous avons suivie et est donc transposable à d'autres systèmes de prise de son. Cette conception de la prise de son en multicanal rejoint donc la conception la plus couramment adoptée actuellement en stéréophonie à deux canaux, ou la localisation des sources sonores n'est pas forcément réalisée par un principe unique mais plutôt par un ensemble de techniques complémentaires.

# Annexes



Annexe 1



Annexe 2

---

[1] G. Plenge - G. Theile : Localization of lateral phantom sources - Journal of audio engineering society - april 1977 - volume 25 - number 4.

[2] ITU-R Recommendation BS. 775-1 : Multichannel stereophonic sound system with and without accompanying picture - International Telecommunication Union - Geneva - 1992-1994.

[3] ITU-R Recommendation BS 1116 : Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems including multichannel sound systems - International Telecommunication Union - Geneva - 1994.

[4] G. Martin - R. Quesnel - W. Woszczyk : Sound source localization in a five-channel surround sound reproduction system - 107 th Convention 1999 september 24-27 - New-York - preprint 4994.

[5] J.M. Jot - O. Warusfel - IRCAM : [www.ircam.fr/equipes/salles](http://www.ircam.fr/equipes/salles).

Jean-Marc Lyzwa :

tel. 01.40.40.45.31

[jmlyzwa@cnsmdp.fr](mailto:jmlyzwa@cnsmdp.fr)

Jean-Christophe Messonnier :

tel. 01.40.40.47.02

[jcmessonnier@cnsmdp.fr](mailto:jcmessonnier@cnsmdp.fr)