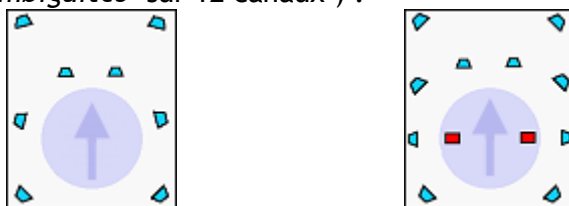


# Densité 66 et l'espace échantillonné

Nous vivons dans un espace sonore apparemment continu et tridimensionnel, soit. Mais comment en donner une représentation, ou plus intéressant, comment en créer de nouveaux avec des enceintes acoustiques ?

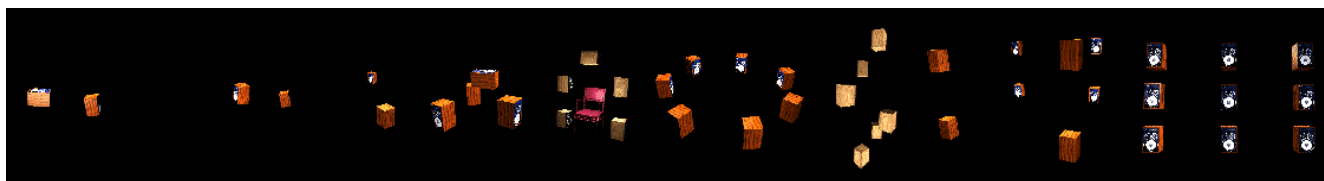
Lorsque j'ai commencé à composer mes espaces sonores à la fin des années 80, c'est à dire à considérer que le son produit par des haut-parleurs formait un tout perceptif autant qu'un choix artistique, et qu'en tant que tel il nécessitait que ceux-ci et la manière de les faire sonner fasse partie de la composition concrètement, je me suis d'abord basé sur le modèle que je connaissais et qui pouvait m'offrir quelques chances de me faire entendre, celui des plans stéréophoniques à la manière de ce que proposait l'*Acousmonium* et ses déclinaisons ("*Quatre études d'espace*" sur 8 canaux puis "*Le temps des ambiguïtés*" sur 12 canaux") :



Mais la pratique et la réflexion m'ont rapidement amené (cela m'a pris tout de même quelques années !) à ressentir la nécessité d'utiliser l'ambitus complet de l'espace compositionnel (pourquoi donc faire moins ?), c'est à dire à placer des points haut-parlants à la fois au-dessus et en-dessous de notre niveau d'audition habituel. Ceci m'a aussi amené à prendre littéralement mes distances avec le modèle scénique orchestral et à rompre définitivement le lien avec la représentation stéréophonique, quitte à devoir ensuite assurer moi-même la dimension matérielle de la diffusion...

J'ai procédé empiriquement, par tâtonnements interactifs entre composition et réflexion, en recherchant et en sélectionnant parmi la continuité de l'espace tridimensionnel de mon studio quels pouvaient être les points singuliers qui concentraient du "sens spatial" pour un projet donné, et qui une fois combinés ne formaient peut-être pas une continuité totale, mais en tout cas présentait une structure suffisamment riche pour que la composition sonne pour tout le monde.

Mais j'ai également essayé de "théoriser" ce que pouvait être un classement typologique des espaces haut-parlants, et je remplissais des carnets de croquis et projetais des œuvres qui prenaient racine dans ces choix de dispositions haut-parlantes (voir les "*Douze essais pour explorer l'espace acousmatique*" de 1991 puis les neufs dispositifs primaires du premier "*Acousma-Parc*").



(en point, en ligne, en surface convergente, en volume divergeant, en arche, en cercle, en hélice, en cube, en écran)

J'étais bien loin de la conception "orientée objets" moderne où l'on tente d'oublier les positions des enceintes au profit du placement des sons simplement *dans l'espace...* (mais quel espace ?).

C'est que contrairement à la démarche généralement partagée que l'on peut résumer par "comment reproduire un espace acoustique au moyen de haut-parleurs pour un auditeur idéal" ce qui me préoccupait pour ce genre d'œuvres, et me préoccupe toujours, c'était bien "comment créer des espaces haut-parlants qui puissent être habités par des auditeurs". Et dans ce cas là le pluriel s'imposait.

Cela me semblait d'ailleurs si évident que je n'ai compris que plus tard pourquoi j'étais incapable d'investir correctement les espaces haut-parlants conçus pour la reproduction musicale ou fictionnelle, qu'il s'agisse de la stéréo, du "surround" ou de ceux qui sont basés sur la représentation

ambisonique. Ils m'apparaissent et m'apparaissent toujours malgré leur évidente omniprésence comme des cas particuliers, des cas d'école en soi intéressants mais finalement pas plus que d'autres, et tout de même un peu "aliens" par rapport à la réalité sonore telle que je pouvais l'explorer tous les jours.

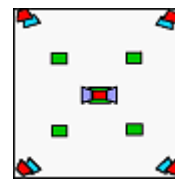
Le plus bizarre (et le plus inquiétant ?) c'est que trente ans plus tard nous ne sommes apparemment toujours qu'une poignée à partager cette impression...

Techniquement, mon approche consistait pour mes premières compositions en "3D" à simplement diviser l'espace plus ou moins cubique de mon lieu de travail, comme de celui des lieux de diffusion potentiels, en un maillage tridimensionnel sur lequel je pouvais placer les points haut-parlants dont je disposais, en essayant de les répartir de manière à ce qu'ils "couvrent" cet espace compositionnel le mieux possible.

Avec seize canaux on a assez vite fait le tour des possibilités...



1993 - Scènes de la réalité plus ou moins quotidienne, projection



1994 - Formes et couleurs de la vie, installation

Il s'agissait en fait d'*espaces échantillonnés*, et de même qu'on échantillonne un signal audio analogique en quantifiant ses dimensions temps et amplitude selon les critères de la perception auditive et les moyens dont on dispose à une époque donnée (une pensée émue pour les échantillonneurs du début des années 80), l'échantillonnage spatial peut s'effectuer selon une résolution et une linéarité variables dans chacune de ses trois dimensions.

Un des inconvénients de cette approche (pour certains...) est qu'elle semble indissociable de la description du système multicanal haut-parlant (le nombre et le placement des enceintes), et comme pour l'échantillonnage audio, on imagine souvent qu'elle signifie qu'il y a "des escaliers" ou "des trous" (!) entre les points échantillonnés.

Mais, toujours comme pour la conversion numérique/analogique, c'est peut-être ce qu'on voit mais ce n'est pas ce qu'on entend, et en basse résolution il suffit d'appliquer un lissage constitué par les fameux algorithmes d'interpolation du VBAP/DBAP/KNN etc. Et comme nous sommes en 2019, on peut aujourd'hui s'autoriser un peu de *haute-résolution* et utiliser des valeurs de quantification suffisamment élevées pour presque ne plus en avoir besoin (après le "retina" le "tympina" ?).

Un des avantages de cette méthode est qu'elle n'applique pas de traitement sur le signal multicanal autre que celui de l'amplitude (contrairement par exemple au traitement ambisonique), et qu'elle est compatible avec tout système du moment que le nombre de canaux nécessaire peut être géré (et qu'on connaît leur affectation !). Je pourrais rejouer ces pièces anciennes sans avoir besoin de modifier quoi que ce soit (à condition que j'aie pu les numériser lorsque je disposais encore du matériel initial, mais ceci est une autre histoire...) : c'est la projection directe.

Mais choisir un espace échantillonné n'est tout de même pas si évident.

Il y a d'abord la question de la densité.

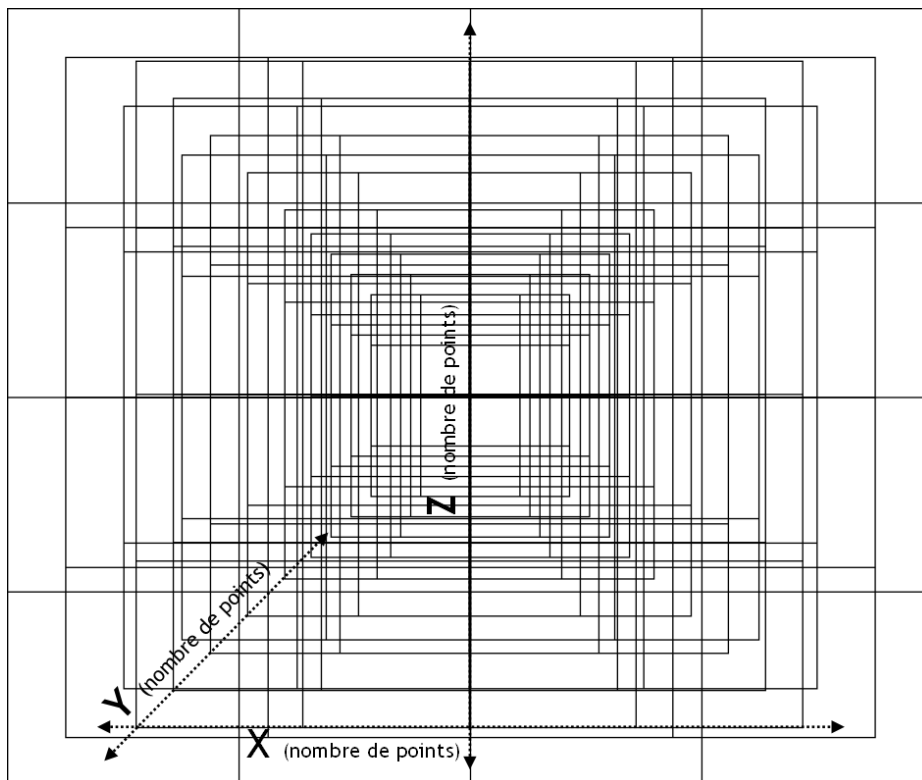
Plus les sources haut-parlantes sont proches de l'auditeur, plus elles doivent être serrées, d'une part parce que c'est la différence angulaire qui importe pour la perception d'une pseudo continuité, et d'autre part parce que la dilution spatiale due à la distance, qui permettrait de les espacer plus, n'intervient pas. Ceci va à l'encontre des contraintes physiques où il serait beaucoup plus facile de placer des enceintes très serrées loin de lui et rien du tout à proximité (c'est ce que fait la *Wave Field Synthesis*) !

Quelle doit-elle être alors ?

La juste réponse est évidemment "ça dépend".

Ça dépend des dimensions du lieu, de son acoustique, des caractéristiques de diffusion des enceintes, du nombre de personnes que l'on attend et de leur mobilité, sans oublier le plus important (mais qu'on oublie toujours) des types de sons et de leur écriture, ainsi bien sûr que des moyens techniques et financiers dont on dispose (qu'on ne peut jamais oublier).

Sur le plan théorique, un espace échantillonné "idéal" serait constitué d'un maillage tridimensionnel dont le pas de quantification, les "spatcells", serait proportionnel à la tête des auditeurs, voir un peu moins !



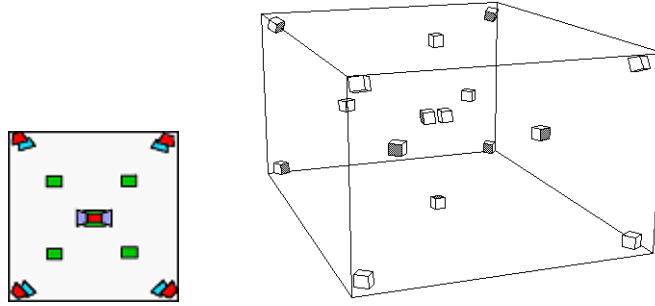
Si cela est tout à fait envisageable dans un univers virtuel (c'est un peu l'approche de la WFS) c'est évidemment physiquement inenvisageable... (peut-être que si je vis assez longtemps et en état d'ouïr y aura-t'il un jour une *Densité V* toute en projection virtuelle ?).

La question doit donc être posée dans l'autre sens : quelle est la distance minimum entre deux points haut-parlants pour qu'un auditeur puisse s'y déplacer "sans risque", voir "confortablement" (trop de proximité peut nuire aux oreilles !).

Une réponse possible est basée sur le "sur-échantillonnage" et le "sous-échantillonnage" spatial. C'est ce que j'ai appliqué au début des années 90, au départ d'une manière intuitive et expérimentale pour de simples raisons d'économie, et que je ré-applique aujourd'hui pour des raisons d'efficacité.

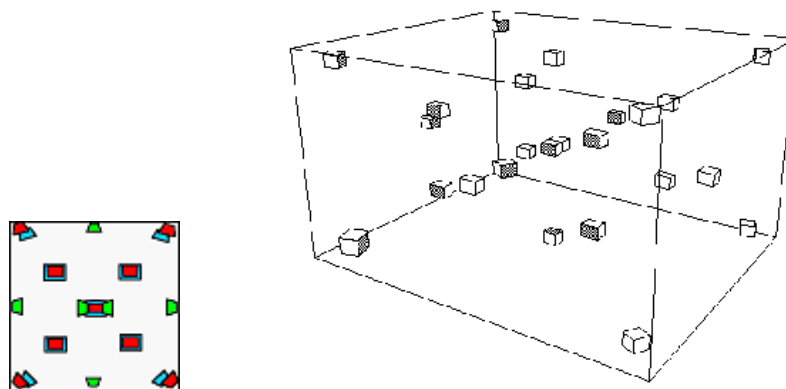
Comme pour son homologue audio-numérique, le principe consiste à subdiviser une valeur de quantification donnée pour obtenir temporairement une valeur plus élevée, puis à la réduire afin de ne conserver que certaines valeurs "pertinentes" (on pourrait certainement discuter longtemps sur ces choix). Le résultat ressemble généralement à une grille à trous, un quadrillage irrégulier, un "mode spatial", comme l'est un mode mixolydien par rapport à la gamme chromatique tempérée, ou le 5.1 par rapport à un cercle octophonique...

Si l'on prend le dispositif de "*Formes et couleurs de la vie*", on trouvait un cube 8 canaux "augmenté" de points à l'intérieur, placés le long d'un maillage invisible qui correspondrait à une quantification de 5x5x3, soit 75 points, alors que je ne disposais que de 16 canaux !



Je reconnais que le sous-échantillonnage appliqué était assez radical, et la perte de résolution résultante signifiait une simplicité des formes possibles, et des compromis qui me faisaient enrager mais qui s'accordaient néanmoins plutôt bien au propos (le sous-titre était "Carnet de croquis pour seize haut-parleurs").

Avec "*L'œil tactile*" en 1996, j'ai appliqué la même méthode, mais ses 24 canaux permettaient déjà une composition beaucoup plus riche et un rendu globalement très intéressant.



(note : les schémas réalisés sur ATARI sont d'époque...)

Aux 8 canaux des angles du cube s'ajoutaient le centre des 6 faces (2 étaient déjà présent dans les "Formes") et surtout la partie intérieure formait un petit cube complet, avec toujours son double point central.

Ces points étaient cette fois placés selon un maillage 5x5x5 (la petite vue de gauche fonctionne aussi bien en vue de dessus que de face ou de côté), et j'aurais pu continuer ainsi, année après année, à le compléter et le remplir peu à peu...

Mais la réalité socio-économique de la création acousmatique m'a hélas fait mettre ce travail en sommeil pendant une vingtaine d'années. Les pièces suivantes se sont malgré tout nourries de ce travail.

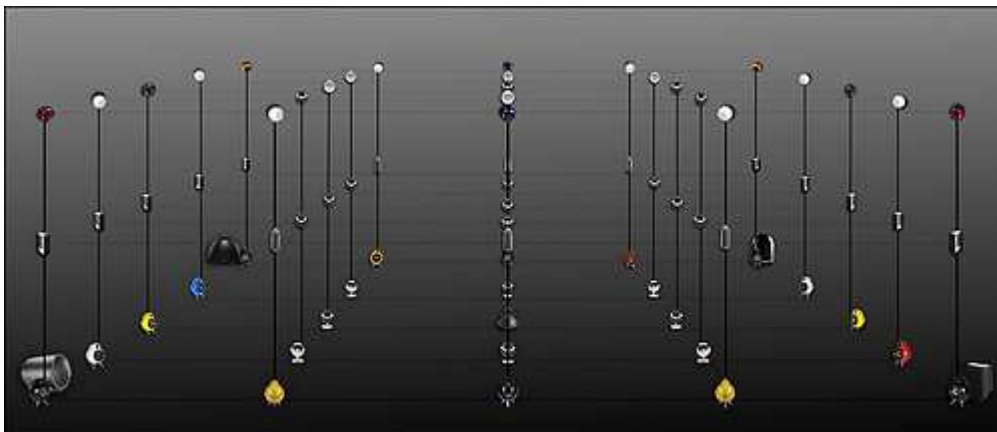
J'ai fini tout de même par me retrouver dans les années 2010 à rêver à ce que pourrait être un hybride de "*Formes et couleurs de la vie*" et de "*L'œil tactile*" qui profiterait de l'environnement technologique d'aujourd'hui, basé évidemment sur le matériel que j'ai accumulé avec l'*acousmobile* et les possibilités logicielles de mes *acousmodules*.

Il m'a fallu d'abord me fixer sur la quantification spatiale que j'allais utiliser, sur laquelle tout allait se construire.

Une possibilité consistait bien-sûr à reprendre la grille 5x5x3 des "*Formes*" (sur laquelle est aussi basé actuellement le dispositif de l'*Acousmonef*) et à lui appliquer cette fois un échantillonnage linéaire, c'est à dire placer simplement un point haut-parlant à chacun de ses nœuds. La densité de *spatcells* serait suffisante pour composer quelque chose qui ait de bonnes chances d'être perçue quelle que soit la place d'un auditeur...

C'est cette solution que je suivais depuis quelques années, et sur laquelle j'avais commencé à rassembler mes idées, mon matériel, et à adapter mes logiciels.

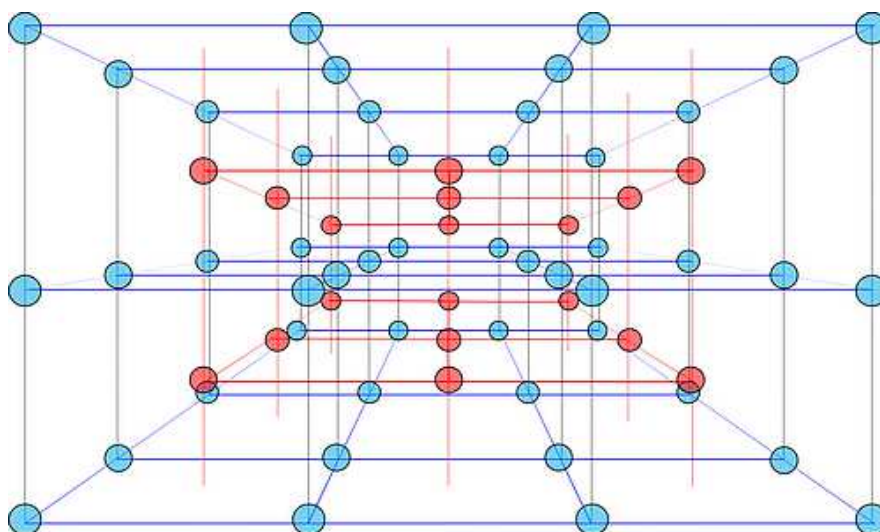
La pièce devait s'intituler "*Densité 75*".



Cependant, ce maillage possédait pour ce projet deux points un peu faibles : les trois niveaux de hauteur me semblaient un peu justes pour obtenir une densité et une précision vraiment importantes, et la grille horizontale de  $5 \times 5$  faisait qu'on passait finalement très vite de "sur le bord" à "au milieu", sans profiter de la multitude de ces plans intermédiaires qui font toute la richesse et la subtilité d'une architecture. Et même si un moment j'ai pensé étendre le dispositif à  $5 \times 5 \times 4$  (100 canaux) avec des déclinaisons possibles vers des résolutions inférieures, cela devenait tout de même assez lourd pour un gain peut-être pas si significatif.

Avec la proposition de faire une installation pour la 9BHN il m'a fallu choisir une solution définitive. Celle-ci est venue, comme en 1994, de l'utilisation du sur- et du sous-échantillonnage afin d'obtenir un dispositif de moindre résolution mais qui équivaut à une densité plus élevée.

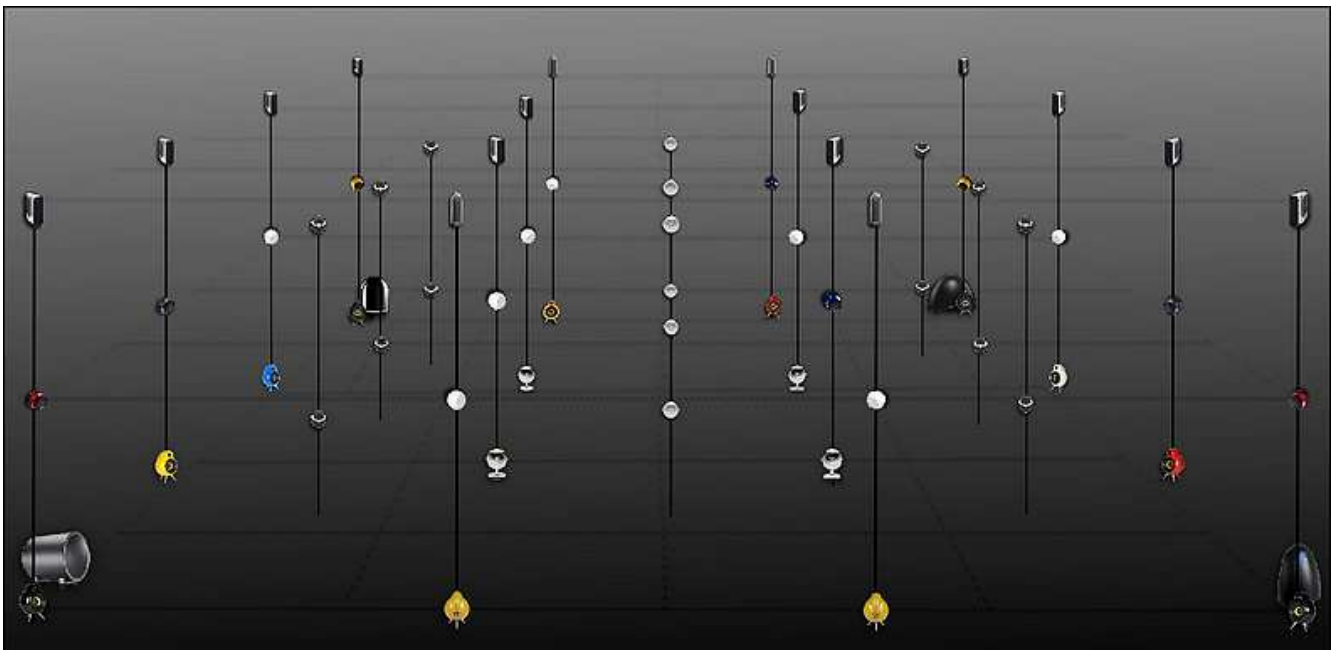
Prenez une organisation spatiale régulière de  $4 \times 4 \times 3$  soit 48 canaux (comme la disposition de base du *4D-Sound*) et subdivisez là en ajoutant des points intermédiaires dans les trois dimensions (ce qui forment une grille  $3 \times 3 \times 2$  soit 18 canaux) : vous obtenez un dispositif de seulement 66 canaux dont les points haut-parleurs sont placés selon un maillage de  $7 \times 7 \times 5$ , soit 245 *spatcells* !



Bien-sûr ce sous-échantillonnage est potentiellement moins précis et plus sujets à des "erreurs d'interprétation", mais ces 66 canaux devraient néanmoins être beaucoup plus satisfaisants que les 75 précédents, et offrir un excellent support pour placer, construire et animer les objets et les images que je souhaite y faire vivre... tout en laissant suffisamment de place pour que les auditeurs puissent s'y déplacer.



(le principe, à l'échelle)



(les enceintes)

L'autre aspect avec lequel il faut jouer est celui de la diffusion spatiale des points haut-parlants.

Parce que cet espace échantillonné ne s'appuie que très peu sur la projection à distance du son mais au contraire sur la multiplication et la collaboration d'un assez grand nombre de points à faible portée, idéalement, chaque point devrait être omni-directionnel.

Dans la pratique le problème ne se pose vraiment que pour ceux qui se trouvent à l'intérieur de l'espace d'écoute. En effet, ceux qui sont placés sur la périphérie peuvent être traditionnellement orientés vers l'intérieur et on peut y placer des enceintes "normales" (même si des diffuseurs grand-angles seraient les bienvenus compte tenu de leur espacement proportionnellement toujours important et de la proximité probable des auditeurs).

C'était une faiblesse relative de *L'œil tactile*, et c'est certainement un des éléments qui font la force du système *4D-Sound* de Paul Oomen que d'avoir conçu ses enceintes à dispersion "à 360°" sans lesquelles il ne serait pas vraiment viable.

Pour ma part, que ce soit avec l'*Acousmonef* ou avec les systèmes mobiles, je bataille toujours un peu pour trouver l'équipement adéquat. En fait, beaucoup moins avec l'*Acousmobile* car de nombreux constructeurs proposent de petits modèles basés sur une réflexion plus ou moins omnidirectionnelle (ici les Jamo S-25 et S-35) alors qu'ils sont extrêmement rares pour des puissances plus importantes.

Donc, pour *Densité 66*, cet aspect est plutôt bien traité...

Alors rendez-vous, si tout va bien, du 27 septembre au 6 octobre au Palais Hirsch de l'Université Lyon II pour la Biennale Hors Normes.

Jean-Marc Duchenne, février 2019

<http://sonsdanslair.free.fr>

<http://www.art-horslesnormes.org/>