

**École Nationale Supérieure Louis-Lumière**

Mémoire de fin d'études :

**L'aménagement sonore d'un lieu public**

Marie AVERTY

Directeur interne : Laurent MILLOT

Directeur externe : Thierry CODUYS

Section Son

Session : Juin 2006

# Remerciements

Les nombreuses personnes m'ayant aidées au cours de ce travail, de près ou de loin, intellectuellement, moralement ou matériellement, ne sauraient toutes être citées ici. Qu'elles y trouvent néanmoins toute ma reconnaissance pour leur contribution à ce travail.

Tout d'abord, je témoigne toute ma gratitude à mes directeurs de mémoire Laurent Millot et Thierry Coduys qui m'ont guidée et suivie sur toute la durée de mon travail de fin d'études.

Je remercie Mohammed Eллиq, qui m'a prêté son matériel afin d'effectuer les mesures acoustiques, et son assistant Manuel Lopes, qui m'a aidée à les réaliser.

Merci à Fabrice de l'atelier, qui m'a également aidée pour l'installation relative aux mesures acoustiques.

Je remercie également Dominique Lambert, qui m'a apporté son soutien et a contribué à augmenter ma bibliographie.

Mention spéciale à Nicole de l'administration, qui, par sa disponibilité et sa gentillesse, a contribué au bon déroulement des travaux de fin d'études.

Un grand merci à mes camarades de promotion, et plus particulièrement à Romain Vuillet, qui m'a grandement aidée pour l'élaboration du système en temps réel, a contribué aux prises de son avec également Amandine Goetz, et à Bart Velay, qui m'a aidée matériellement et surtout moralement.

Enfin une attention toute particulière à Magali, la « voix du couloir », qui a fait preuve d'une grande patience, m'a soutenue et encouragée.

# Table des matières

<b>Remerciements.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Approche sociologique du lieu public.....</b>	<b>6</b>
2.1. L'espace public en tant que lieu de mise en scène du social.....	6
2.1.1. L' « usager-acteur » dans l'espace public .....	6
2.1.2. L'espace public actif .....	7
2.2. Analyse comportementale du lieu de passage .....	8
2.2.1. Approche générale .....	8
2.2.2. Dans « le couloir bleu » .....	9
<b>3. Paysage sonore et aménagement d'un espace public.....</b>	<b>10</b>
3.1. Notion de paysage sonore .....	10
3.1.1. Caractérisation du paysage sonore .....	10
3.1.2. Le paysage sonore urbain.....	12
3.2. Notion d'aménagement sonore.....	13
3.2.1. Revalorisation et écologie acoustique.....	13
3.2.2. Approche scénographique .....	14
3.3. État de l'art des installations sonores dans les lieux publics.....	15
3.3.1. Installations sonores temporaires.....	15
3.3.2. Installations sonores pérennes.....	17
3.3.3. Interactivité et traitement en temps réel.....	19

<b>4. Mise en œuvre d'une installation.....</b>	<b>22</b>
4.1. Intention première.....	22
4.1.1. <i>Objectif</i> .....	22
4.1.2. <i>Prise de son et composition sonore</i> .....	24
4.2. « Le couloir bleu ».....	28
4.2.1. <i>Installation</i> .....	28
4.2.2. <i>Les outils</i> .....	32
4.2.3. <i>Environnement sonore et étude acoustique</i> .....	40
4.3. Résultats attendus .....	57
<b>Conclusion.....</b>	<b>59</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>60</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>61</b>

# 1. Introduction

Selon Murray Schafer dans son livre *Le paysage sonore* [1] (p. 25), la primauté de l'œil sur l'oreille en Occident daterait de la Renaissance : l'oreille aurait, depuis l'invention de l'imprimerie et l'apparition de la perspective en peinture, cédé à l'œil le rôle de premier récepteur de l'information. On constate d'ailleurs que c'est à partir de cette époque que Dieu devient image, alors qu'il n'était auparavant que son et vibration.

Si l'on considère la société occidentale actuelle et la ville aujourd'hui, il semble qu'on puisse faire la même analyse : les lieux publics sont envahis par panneaux informatifs, lumières éblouissantes et affiches publicitaires. Quant au son dans la ville, il est considéré la plupart du temps comme une pollution, exception faite des cas où on lui confère une valeur informative. Il se traduit alors soit par des signaux d'avertissement, caractérisés le plus souvent par leur aspect agressif et un niveau sonore assez élevé, afin de les faire émerger dans l'environnement sonore, soit par des messages prononcés par une voix humaine.

Cependant, certains musiciens, acousticiens tel Murray Schafer s'intéressent depuis les années soixante-dix aux notions d'environnement et d'écologie sonores. Étudiant les sons dans leurs rapports avec la vie et la société, ils cherchent, par une approche positive des phénomènes sonores dans les lieux publics, à organiser les sons les plus divers à des fins d'expression artistique : la concrétisation de cette démarche est notamment l'aménagement sonore d'un lieu public, phénomène auquel je me suis intéressée dans le cadre de mon travail de fin d'études.

En effet, dans ce mémoire, j'ai souhaité expérimenter une installation sonore. J'ai d'abord envisagé de l'effectuer dans un « vrai » lieu public, c'est-à-dire accessible à tous, comme un couloir de métro, mais j'ai réalisé qu'avec le temps et le budget alloués, il serait très difficile de travailler dans un tel lieu. J'ai donc choisi d'investir un lieu qui me serait accessible facilement et ne poserait pas de problème quant aux autorisations : un couloir de l'ENS Louis-Lumière, « le couloir bleu » du deuxième étage.

Afin de mener à bien cette étude, je réaliserai tout d'abord une étude de l'espace public d'un point de vue sociologique, en orientant mon analyse sur le lieu de passage, ce que constitue le

lieu choisi pour l'installation. Puis je définirai les notions de paysage et d'aménagement sonores, en m'appuyant sur les travaux de Murray Schafer et de ses disciples. Je présenterai ensuite un état de l'art sur les installations sonores mises en place jusqu'à ce jour et je ferai un point sur les moyens utilisés dans le cadre d'installations interactives. Enfin, je proposerai une mise en pratique de certains des concepts développés en proposant un aménagement sonore du lieu choisi.

## **2. Approche sociologique du lieu public**

### ***2.1. L'espace public en tant que lieu de mise en scène du social***

Dans cette partie, il ne s'agit pas de faire une étude exhaustive des lieux publics, leur diversité rendant une approche globale difficile. Je m'attacherai essentiellement au lieu public dans la ville en tant qu'espace urbain aménagé par l'homme, accessible à tous et mettant en jeu des interactions humaines.

Pour cela, je m'appuierai sur l'article de Grégoire Chelkoff, architecte et Jean-Paul Thibaud, urbaniste, *L'espace public, modes sensibles*, [2]. Partant de la constatation que formes spatiales et formes sociales s'y rencontrent, ils analysent leurs relations et mènent une approche pluridisciplinaire qu'il est intéressant de considérer.

#### **2.1.1. L'« usager-acteur » dans l'espace public**

D'un point de vue sociologique, on peut redéfinir l'espace public comme un espace de sociabilité où doit coexister un monde d'étrangers, qu'on englobe sous le terme de public. Précisons ici la place du public : à la fois « usager », demandeur de commodités pratiques, il n'est pourtant pas seulement un spectateur réceptif, passif, mais il est aussi acteur et se manifeste à travers des conduites.

D'où résulte le caractère problématique du lieu public : ce dernier n'est pas prédéfini, il est en évolution constante, il est l'objet d'une construction sociale. Car, si les relations en public impliquent la plupart du temps un comportement retenu, civilisé, voire une certaine convenance, on constate qu'en réalité, elles ne sont pas définissables si facilement et possèdent un caractère instable, précaire.

Pour vérifier ce postulat, il suffit de stationner quelques minutes sur un quai de métro pour réaliser que la politesse et la retenue ne sont pas toujours caractéristiques des relations entre inconnus : il ne sera en effet pas rare de voir un homme en interpeller un autre agressivement juste pour avoir été quelque peu bousculé, ou un individu adresser à une jeune fille un compliment sur son physique ...

Ainsi l'espace public est fondamentalement altérable et subit, parce qu'il est espace d'accessibilité et d'exposition, toutes sortes d'intrusions. On comprend alors pourquoi certains sociologues parlent d' « espace scénique » en désignant le lieu public.

### **2.1.2. L'espace public actif**

Interactions heureuses ou moins heureuses entre les acteurs de l'espace public, elles ne mobilisent pas seulement un contexte social, mais également perceptif, dans le sens où le cadre physique de ces interactions joue également un rôle. En effet, ce dernier ne saurait être considéré comme « observateur immobile » de l'action qui se déroule dans l'espace qu'il délimite : l'échange se produit dans et à travers un environnement visuel, sonore et pourquoi pas olfactif. L'organisation de l' « espace scénique » influence la construction, le déroulement de l'action. D'ailleurs cet environnement ne constitue-t-il pas, d'une certaine manière, ce qui nous regarde ou nous fait signe ? On peut même avancer que l'activité perceptive des acteurs en présence est l'instrument premier à partir duquel s'élabore l'échange social.

Si l'homme considéré ci-dessus s'énerve après un autre, est-ce, par exemple, parce que les crissements du freinage du train l'ont irrité ? Et si cet autre individu s'est permis une remarque à une inconnue, est-ce dû au fait que la lumière mettait particulièrement en valeur ses formes ?

Les relations mutuelles de l'acteur et du cadre forment alors la scène publique et c'est en ce sens que l'on peut parler de mise en scène du social.

On considère désormais que l'espace est actif dans l'échange social : la « composition urbaine », que l'on peut résumer par l'identité visuelle et le contexte sonore du lieu public, est donc un enjeu majeur de l'échange social dans l'espace public.

Il apparaît maintenant nécessaire de définir plus particulièrement le lieu public à étudier, afin de réaliser une approche sociologique plus précise.



## **2.2. Analyse comportementale du lieu de passage**

### **2.2.1. Approche générale**

- *Mouvement et transition* :

Comme son nom l'indique, le lieu de passage est un espace de circulation. Il implique nécessairement le mouvement : les passants ne sont là que pour un court instant, ils traversent le lieu et en principe ne s'arrêtent pas (sauf obstacle, incident...), ce qui se traduit par l'existence d'un flux continu.

Un autre aspect important du lieu de passage est son aspect transitoire : on passe d'un lieu à un autre.

En général, le passant n'a pas conscience du lieu traversé, il est encore dans le lieu précédent ou bien il anticipe sur le lieu où il se rend. Il « ne vit pas dans l'instant présent », il est là sans être là : si son corps est là, sa tête est ailleurs. Les passants sont comme des fantômes en mouvement, ils sont les acteurs d'une chorégraphie « bidirectionnelle ».

- *Promiscuité et absence de communication* :

Il est également intéressant de mettre en évidence l'aspect contraignant du lieu de passage. On est obligé d'y passer, d'où l'indifférence générale, l'absence de communication entre les passants, renfermés sur eux-mêmes, qui, de fait, s'ignorent.

Le lieu de passage a donc un usage fonctionnel unique, celui de permettre d'aller d'un endroit à un autre. De ce fait, il ne nécessite pas d'être vaste. Ainsi le lieu, souvent caractérisé par son étroitesse, contraint les passants qui s'ignorent, ne se connaissent pas, à la promiscuité. Pourtant, ils ne réagissent pas, « supportent » cette proximité et se frôlent, sans doute parce qu'ils sont psychologiquement absents et font totalement abstraction de ce qui les entoure. D'où l'étrangeté de toute rencontre dans un tel espace.

### **2.2.2. Dans « le couloir bleu »**

Afin de mettre en œuvre une installation sonore, j'ai choisi un lieu de passage, théoriquement accessible à tous certes, mais interne à l'Ecole. J'ai en effet souhaité optimiser le temps de travail alloué pour l'étude du lieu à proprement parlé. Je craignais de ne passer mon temps à faire de nombreuses démarches afin d'obtenir l'autorisation pour un « vrai » lieu public, qui plus est sans aucune garantie de succès. D'autre part, il m'est apparu que le choix d'un lieu interne à l'Ecole faciliterait d'autant plus la réalisation de mesures, prises de son et autres étapes nécessitant l'occupation du lieu. Il apparaît cependant que ce lieu diffère par certains aspects d'un lieu de passage public « classique ».

Tout d'abord, notons que le lieu choisi dessert à ses extrémités une cage d'escalier, isolée par des portes battantes, et un petit hall donnant sur d'autres couloirs, espace ouvert, vaste et sujet à la détente. De plus, de part et d'autre du couloir sont répartis des bureaux et des salles de cours dont l'amphithéâtre (salle principale des cours magistraux) et des laboratoires photographiques.

D'autre part, ce lieu étant interne à l'Ecole, la plupart des passants se connaissent, se saluent et peuvent même s'arrêter pour converser ; les salles desservies peuvent induire une situation d'attente devant leurs portes (rendez-vous dans un bureau, attente avant ou à l'issue d'un cours ...) ; le lieu peut donc être également un espace de communication, même si elle est essentiellement de nature éphémère.

Il est intéressant de s'attarder sur ce dernier aspect : les couloirs d'école, d'entreprise, de lieux « communautaires », dans le sens où ces lieux rassemblent des personnes partageant des choses (travail, passion, loisir ...) sont des espaces qui peuvent créer une certaine intimité. De par la promiscuité évoquée plus haut, le caractère fermé et parfois sombre ou confiné, le couloir est un lieu qui « rapproche », qui peut même conduire à la confiance. D'où l'expression « bruits de couloir » puisqu'il se dit d'ailleurs que les rumeurs naissent et circulent dans les couloirs. Ses usagers, qui n'ont pas forcément l'habitude de se voir et de se parler dans un autre environnement, communiquent. Il apparaît donc que l'espace couloir peut créer des rapports particuliers entre ses « acteurs », rapports qui ne peuvent exister que dans cet espace, grâce à cet espace.

### 3. Paysage sonore et aménagement d'un espace public

#### 3.1. *Notion de paysage sonore*

##### 3.1.1. Caractérisation du paysage sonore

###### 3.1.1.1. *Préalables*

La notion de paysage sonore (*soundscape* dans la langue d'origine) a été introduite par Murray Schafer avec son livre *Le paysage sonore* [1] (p. 21) : il le définit comme « champ d'étude acoustique, quel qu'il soit. (...) On isole et étudie un environnement acoustique, comme on analyse les caractéristiques d'un paysage donné. ».

Dans ce livre, Murray Schafer effectue un état des lieux des paysages sonores ruraux et urbains de l'Antiquité à nos jours. Pour chacun d'entre eux, il relève ses caractéristiques, « les sons qui s'y distinguent soit par leur individualité, soit par leur nombre, soit par la domination qu'ils exercent ».

Pour cela, il effectue différentes approches du paysage sonore. En effet, selon lui, l'étude d'un paysage sonore nécessite d'abord une approche causale des sons : il réalise donc une classification des sons visant à en extraire la signification et la fonction. En se basant sur des critères référentiels, il définit six grandes catégories comportant chacune des subdivisions : les bruits de la nature, les bruits humains, les bruits et sociétés, les bruits mécaniques, le calme et le silence, les indicateurs sonores. Il admet que ce système est arbitraire, aucun son n'ayant de signification objective.

Une autre approche, basée sur la catégorisation des sons selon leur perception, permet une nouvelle classification. Murray Schafer distingue trois catégories de sons dans un paysage sonore :

- la **tonalité**, donnée par la tonique, la note principale du paysage sonore ; elle n'est pas nécessairement perçue de façon consciente, on l'entend sans l'entendre ; elle n'en est pas pour autant négligeable, car elle est, malgré elle, habitude auditive ;
- les **signaux**, sons de premier plan, que l'on écoute consciemment ; ils sont à la figure ce que la tonalité est au fond ;

- l'**empreinte sonore**, qui caractérise une communauté, possède des qualités qui le font tout particulièrement remarquer : elle se confond avec la tonalité si celle-ci est unique.

Ainsi pourrait-on analyser l'environnement sonore d'un lieu. Cette catégorisation devient plus lisible si l'on prend un exemple. Considérons, par exemple, un hall de gare :

- sa tonalité se situe dans les basses fréquences, elle est constituée par le ronflement des machines qui tournent en permanence, et n'est pas forcément perçue ;
- les signaux sont les annonces SNCF, composées d'une petite mélodie et de messages prononcés par une voix humaine ;
- l'empreinte sonore est constituée de divers éléments : arrivée et départ des trains, roulement des tableaux de départ et arrivée, bruit de compostage des billets ...

### **3.1.1.2. Paysage sonore du « couloir bleu »**

Pour le lieu faisant l'objet de mon étude, on peut envisager une telle analyse, même si son environnement sonore est relativement calme.

Si l'on étudie d'abord l'environnement sonore du couloir d'un point de vue causal, on peut classer les sons perçus dans les catégories suivantes :

- bruits humains : pas, interpellations (voix), ouvertures/fermetures de porte, « toc toc toc » aux portes ;
- bruits de la nature : oiseaux ;
- bruits mécaniques : RER, bruit de fonctionnement des laboratoires ;
- bruits et sociétés : rumeur urbaine ;
- indicateurs sonores : sonneries de téléphone.

Considérons maintenant la catégorisation « perceptive » des sons. Je tiens ici à préciser qu'elle est évolutive selon la perception de chacun et donc discutable : elle correspond seulement à ma perception du « couloir bleu ».

Selon cette catégorisation, la tonalité peut être assimilée au bruit de fonctionnement des laboratoires et à la soufflerie dans le couloir. Elle est parfois complétée par le bruit de fonctionnement des néons. Les signaux sont les bruits de portes ouvertes et fermées, les « toc toc toc » sur ces portes, les pas, les interpellations (voix humaines). Enfin l'empreinte sonore

est constituée de divers éléments : extérieurs, la rumeur urbaine, les oiseaux, le RER, et intérieurs, les sonneries de téléphone provenant des bureaux ...

Dans ma démarche d'aménagement sonore, la seconde catégorisation apparaît comme étant la plus intéressante. En effet, elle permet d'établir une hiérarchie des sons du point de vue perceptif, des les classer dans des couches perçues différemment. La tonalité est le plus souvent perçue de manière inconsciente, tandis que l'empreinte sonore est perçue de manière plus consciente, mais n'est pas toujours analysée par l'auditeur. Pour finir, les signaux, considérés comme porteurs d'une information, sollicitent toute l'attention de l'auditeur. Cette classification permet d'aborder le lieu tel que ses usagers le perçoivent et d'être ainsi au plus proche du ressenti des personnes qui le fréquentent. Elle apparaît donc tout à fait intéressante dans le cadre de mon étude.

### **3.1.2. Le paysage sonore urbain**

Avec ce type de caractérisation du paysage sonore, on constate qu'elle s'applique indifféremment à un environnement rural ou urbain. Murray Schafer s'est d'ailleurs intéressé aux deux types d'environnements, qui recèlent selon lui, une richesse propre équivalente. Cependant, une différence notable apparaît du point de vue de la perception de ces environnements : tandis que le paysage sonore rural est la plupart du temps considéré comme agréable, reposant, le paysage sonore urbain, et plus particulièrement celui des lieux publics, est le plus souvent perçu comme une pollution.

En effet, dans la ville, l'homme n'écoute plus, il considère l'environnement sonore qui l'entoure comme du bruit au sens péjoratif du terme, et il l'ignore tant qu'il le peut, subit ses agressions sinon. Son attention est seulement retenue lorsqu'apparaissent des signaux sonores ponctuels, tels que klaxons, coups de sifflet, sirènes, annonces diffusées par haut-parleur (...), signaux seulement perçus comme des informations (donc pour leur contenu) et non comme des sons (pour leur valeur esthétique par exemple).

Pourtant le paysage sonore urbain est d'une grande richesse et chaque lieu public possède son empreinte sonore, son unique qui le caractérise.

On constate malheureusement que cette diversité acoustique est la plupart du temps ignorée ; l'aménagement sonore vise à revaloriser l'environnement acoustique des lieux publics et à sensibiliser ses utilisateurs à l'univers sonore qui les entoure.

## **3.2. *Notion d'aménagement sonore***

### **3.2.1. Revalorisation et écologie acoustique**

Outre les aménagements sonores fonctionnels qui constituent la majorité (constitués de signaux sonores d'avertissement, indications temporelle, directionnelle), des installations visant à amener les citoyens à une écoute plus musicale de la ville sont réalisées depuis les années soixante-dix. Partant d'une problématique de reconsidération de nos environnements sonores, chercheurs, architectes, urbanistes et musiciens cherchent à « positiver » la perception de ces environnements plutôt qu'à les envisager toujours en termes de nuisance.

Cette revalorisation vise également à mettre en évidence l'empreinte sonore de chaque paysage dont la fréquentation quotidienne nous fait souvent oublier l'originalité. Elle s'inscrit dans une démarche d'écologie acoustique, définie par Murray Schafer comme l'étude des sons dans leurs rapports avec la vie et la société. Il est d'ailleurs intéressant de citer ce dernier [1] (p. 281-282), dont l'approche métaphorique permet de mieux comprendre les objectifs de l'aménagement sonore : « Considérons le monde comme une immense composition musicale, qui se déploierait sans cesse devant nous. Nous en sommes à la fois le public, les musiciens et les compositeurs. Quels sons voulons-nous préserver, encourager, multiplier ? Lorsque nous le saurons, les sons gênants ou destructeurs se détacheront suffisamment pour que nous sachions pourquoi il nous faut les éliminer. Seule une composition d'ensemble de l'environnement acoustique peut nous donner les moyens d'améliorer l'orchestration du paysage sonore. L'esthétique acoustique n'est pas uniquement l'affaire des acousticiens. C'est une tâche qui requiert la collaboration de beaucoup de gens : professionnels, amateurs, jeunes – tous ceux qui possèdent une bonne oreille – car le concert de l'univers est permanent et les places à l'auditorium sont gratuites. »

Concrètement, de nombreux artistes oeuvrent dans les villes et réalisent des installations. Pour ceux qui s'inscrivent dans cette démarche de revalorisation des environnements sonores, leurs

aménagements se matérialisent le plus souvent par des installations de haut-parleurs diffusant des sons en relation avec l'environnement sonore du lieu, et parfois de panneaux acoustiques.

### **3.2.2. Approche scénographique**

Il apparaît également intéressant d'analyser l'espace public du point de vue d'un scénographe, comme le fait Isaac Joseph dans son article *L'espace public comme lieu de l'action* [3] (p. 3) : en effet, cette approche permet d'appuyer la vocation de l'aménagement sonore, c'est-à-dire de révéler l'empreinte sonore de l'espace public par l'intermédiaire d'une réalisation ancrée dans l'espace et le temps.

Le regard que le scénographe porte sur l'espace urbain s'organise sur un découpage. De la même manière qu'une pièce de théâtre est découpée dans l'espace et le temps, l'espace urbain est constitué d'une série de séquences ayant chacune leur ouverture et leur clôture. De ce point de vue, mettre en scène l'espace urbain, ce n'est pas l'apprêter pour un spectacle, faire qu'il en impose, mais l'organiser sur un récit ou un parcours possible. Si l'on considère le cas particulier de l'aménagement sonore, il apparaît qu'il ne constitue pas une « performance », et que, si création sonore il y a, elle est dans la continuité de l'environnement qu'elle complète, valorise, auquel elle participe.

De même, dans « Digital Performance », second exemplaire de la revue *Anomalie digital-arts* [4], le lieu aménagé est envisagé par l'artiste comme une « scène numérique », scène liée à l'environnement réel, rendue sensible, intelligente grâce aux interfaces, aux systèmes mis en place.

Cette approche permet de mieux cerner l'objectif premier des installations dans les lieux publics, qui visent à les valoriser et non à faire oublier leur essence.

### ***3.3. État de l'art des installations sonores dans les lieux publics***

Le terme d'installations sonores dans les lieux publics désigne un large éventail de réalisations. Tout d'abord, précisons que le terme d'installation sonore exclut ici les aménagements n'ayant aucune vocation artistique. Dans cette partie, j'essaierai donc d'établir des catégories afin de mieux cerner les particularités des aménagements sonores.

#### **3.3.1. Installations sonores temporaires**

Remarquons tout d'abord que la plupart des aménagements sonores sont temporaires et réalisés dans le cadre de festivals ou expositions. Les associations ou personnes à la tête de ces manifestations invitent des artistes à investir des lieux et proposent leurs créations le temps du festival ou de l'exposition.

On peut ainsi citer de nombreux festivals ayant lieu dans le monde entier et comptant parmi leurs manifestations des installations sonores dans des lieux publics : le « Printemps électroacoustique » de Montréal, « City Sonics » à Mons (Belgique), « Résonances » ainsi que « la Nuit Blanche » à Paris, « Créations pour jardin » à Dijon, « Musiques en scène » à Lyon, la « Biennale Européenne d'Art Contemporain » de Nîmes. Les adresses Internet des sites concernant ces festivals apparaissent en annexe 1.

Citons également l'exposition temporaire « New York, new sounds, new spaces », ayant eu lieu à New York en 2002.

Parmi ces créations, on peut distinguer deux types d'installations : les installations interactives et celles qui ne le sont pas, que je nommerai « non-interactives ». Afin de mieux cerner ces catégories, il est nécessaire de citer quelques exemples des installations réalisées lors de ces manifestations.

- Installations « non-interactives » :
  - **Montréal 1992, Boris Chassagne et Steve Montambault : « Le silence est comme un bruit »** : sonorisation d'une piste cyclable et piétonnière avec des haut-parleurs diffusant des voix parlées et chantées, tantôt atonales, tantôt mélodiques ;



- **Montréal 1992, R. Murray Schafer : « Musique pour le parc Lafontaine »** : composition en quatre mouvements musicaux retraçant l'histoire acoustique du parc et de Montréal, diffusée sur divers haut-parleurs dans le parc ;
- Installations interactives :
  - **New York 2002, Jody Elff : « Inlet »** : installation dans un hall de musée, retraduisant le bruit ambiant dérivant de l'activité de l'espace dans lequel l'œuvre se trouve ; le son du hall est capté par une série de microphones et analysé du point de vue de son contenu tonal dont il résulte une structure harmonique rediffusée dans l'espace ;
  - **New York 2002, John Hudack : « Shifting Lift »** : installation dans un musée basée sur le mouvement d'une branche d'arbre filmée en direct depuis le musée, traduit en son par un procédé informatique ;
  - **Paris 2004, Frederic Voisin et Robin Meier : « Caresses de Marquises »** : installation-concert pour neurones artificiels située à la gare de l'Est : il s'agit d'expérimenter les propriétés d'agents neuromimétiques représentés par autant de haut-parleurs disposés sur les Marquises de la gare ; ces agents, différents par leur architecture neuronale et leur mode de synthèse sonore, réagissent aux différents aspects de leur environnement et interagissent entre eux ; tous les motifs sonores et musicaux émergent de manière autonome, selon l'état interne de chaque agent, l'objectif étant d'expérimenter de nouveaux modes d'interaction entre l'homme et les machines ;
  - **Lyon 2000, Nicolas Reeves et le laboratoire NIX GESTATIO : « La Harpe à Nuages »** : installation météo-électronique « qui fait chanter les nuages » : au moyen d'un faisceau laser infrarouge, la Harpe lit en direct la structure des nuages qui passent à la verticale du lieu où elle est située et convertit cette structure en séquences sonores, acoustiques et musicales ; elle produit des ambiances sonores changeant selon les grandes conditions

du ciel, à l'intérieur desquelles des variations mélodiques s'opèrent selon l'altitude, la densité et la structure du nuage ;

- **Lyon 2000, Bernard Gortais et Yann Orlarey : « Mutations »** : installation mettant en relation quatre lieux géographiques avec des mondes sonores et plastiques virtuels ; ceux-ci sont matérialisés par quatre écrans sur lesquels se développent des « jardins » composés de formes et de sons ; ces entités sont en interaction et évoluent en permanence selon les données météo et l'attention que le public porte à chaque écran, ces données étant évaluées par une caméra située au-dessus de chaque écran.

### **3.3.2. Installations sonores pérennes**

L'aménagement sonore pérenne d'un lieu public résulte le plus souvent d'une rencontre entre un artiste et une puissance publique, commanditaire. Il apparaît important ici de souligner le rôle de l'institutionnel, qui finance, dirige le projet du début à la fin et autorise ou non l'artiste à concrétiser ses idées.

Il est à l'heure actuelle difficile de recenser toutes les installations sonores ayant cours dans le monde, mais il semble qu'elles soient aujourd'hui encore assez peu nombreuses. L'aspect fixe et permanent de l'installation constitue sans doute un des éléments les plus difficiles à gérer. Il apparaît en effet que la plupart des citoyens ne sont pas prêts à intégrer dans leur environnement quotidien une installation sonore, vraisemblablement parce qu'ils ont une approche erronée et négative, et voient dans ce type d'installation un potentiel de pollution sonore, donc de fatigue et de désagrément.

C'est sans doute cet aspect qui dissuade les puissances publiques d'investir dans de tels projets. Citons par exemple le cas d'une installation audio-visuelle dans une station de métro parisienne. Commandée par la RATP à l'occasion de ses cent ans, elle a été mise en œuvre par la Kitchen dans la station Carrefour Pleyel (sur la ligne 13). Sur le thème de la musique, l'aménagement comprenait la diffusion de sons en rapport avec l'environnement du métro, ainsi qu'une installation lumière sur la voûte de la station, formant un ciel étoilé. Prévu pour durer, il a finalement fonctionné trois semaines avant d'être interrompu. Le point positif est le fait qu'il a suscité un véritable débat sociologique : usagers du métro et agents de la RATP se

sont posé des questions quant à l'utilité, l'intérêt d'un tel aménagement, et quant à ses effets sur les personnes qui fréquentent plus ou moins régulièrement la station (travailleurs ou non). Avec un tel exemple on constate que le public n'est pas acquis et qu'il est important de réaliser une étude comportementale du lieu, afin d'être au plus proche de ses usagers.

On peut cependant citer quelques exemples toujours en fonctionnement dans le monde, à caractère « non-interactif » ou interactif :

- Installations « non-interactives » :
  - **Montréal, Charles de Mestral : « Back Door to Atlantis »** : située à l'entrée du Cégep (école de formation aux métiers d'art, préuniversitaire et technique), installation holophonique comprenant vingt haut-parleurs qui projettent une image acoustique tridimensionnelle ; composé d'un collage électroacoustique stéréophonique de sons naturels (vagues, baleines, oiseaux, voix d'enfants, ondes cérébrales humaines), le champ sonore varie selon le positionnement du spectateur ;
  - **Lyon, Pierre Alain Jaffrennou : « Animots »** : située dans le parc de Gerland, l'installation sonore comprenant 16 points de diffusion met en scène un monde virtuel et animal fondé sur des sons évocateurs de petits animaux des jardins (insectes, batraciens, oiseaux ...) et sur des sons ambigus, d'un caractère intermédiaire entre réalisme et abstraction ; suivant des lois de probabilité, un ordinateur calcule en temps réel la composition et la spatialisation des sons ;
  - **Lyon, Pierre Alain Jaffrennou : « Panoptique 2 »** : située sur le parvis de l'Opéra de Lyon, l'installation vidéo et son vise à opérer un passage entre la vie intérieure de l'Opéra et l'espace public extérieur centré sur la place de la Comédie ; composée d'un vaste panneau optique et d'un dispositif stéréo de projection son longue portée, l'installation diffuse sept films dont les événements sonores sont coordonnés par un ordinateur ;
  - **Reims, Mario Verandi : « Je ne suis pas ici, je suis de passage »** : située dans une galerie marchande, l'installation constituée de huit points de

diffusion diffuse simultanément quatre courtes compositions stéréophoniques dans quatre points différents de la galerie ; la matière sonore est composée d'enregistrements de passants répondant à la question « où se trouve le passage Subé ? » (nom de la galerie), de sons provenant des rues de Reims, de sa cathédrale et de sons de synthèse ;

- Installations interactives :

- **Parc régional du Pilat (sud-ouest de Lyon), Michel Stievenart/GRAME : « Jardin des sons de Pelussin »** : située dans un milieu rural, l'installation composée d'objets sonores divers invite le promeneur à une écoute ludique du paysage sonore naturel émaillé des sons qu'il génère lui-même sur les machines.

### **3.3.3. Interactivité et traitement en temps réel**

Une partie des installations recensées précédemment sont interactives. Cet aspect apparaît comme fondamental dans ces aménagements c'est pourquoi il est intéressant de préciser la notion d'interactivité, en mettant en évidence son intérêt, ses enjeux, et en abordant la question de la gestion d'un système interactif.

#### **3.3.3.1. Intérêt et enjeux**

Dans l'approche sociologique, nous avons vu qu'un espace public n'est pas un lieu prédéfini, qu'il est en évolution constante, en construction permanente. D'où l'intérêt d'une évolution parallèle de l'installation sonore, qui doit se caler sur l'activité humaine et les interactions sociales qui peuvent avoir lieu.

Dans « Digital Performance », second exemplaire de la revue *Anomalie digital-arts* [4], l'interactivité d'une œuvre, quelle qu'elle soit, est d'ailleurs valorisée dans cette même optique : elle donne à l'œuvre une forme d'immédiateté, comme au théâtre. Sa diffusion diffère en cela d'une séance de cinéma ou de l'écoute d'un CD, où la technologie est seulement l'intermédiaire entre l'interprète et le spectateur ou l'auditeur. Ici, le spectateur/auditeur a un rapport direct avec la technologie et l'œuvre, il joue avec elle.

Cette interactivité est rendue possible grâce à des interfaces dédiées, à savoir des systèmes de détection et de traitement en temps réel.

### **3.3.3.2. Gestion d'un système interactif**

Dans la revue déjà citée plus haut [4] (p. 341), Robb Lovell aborde le système interactif en tant qu'interface dans un espace de représentation réactif. Il définit huit étapes fondamentales pour la bonne gestion d'un tel système :

- 1, l'action, phénomène physique utilisé pour manipuler le média ;
- 2, la détection, numérisation d'un phénomène provenant d'un capteur ;
- 3, le traitement, manipulation des données numérisées pour en obtenir une signification ;
- 4, la traduction, transformation de la signification en des signaux de contrôle pour une réponse ;
- 5, le contrôle, coordination de l'équipement installé qui crée et génère ce média ;
- 6, la production, procédé ou algorithme qui crée le média ;
- 7, la manipulation, modification du média après sa création ;
- 8, le rendu, matériel qui produit physiquement le média.

Afin de gérer au mieux l'aspect interactif d'une installation, il s'agit donc tout d'abord de répertorier toutes les actions possibles dans l'espace occupé. À ce stade-là, une question se pose : toutes les situations possibles sont-elles détectables et intéressantes, ou plutôt quelles informations vais-je considérer comme utiles ? Une réflexion d'Armando Menicacci (musicologue) à propos des interfaces, recueillie dans « Digital Performance » [4] (p. 20), m'a permis de répondre à cette question : « Les interfaces quelles qu'elles soient ne considèrent pas tout comme pertinent, elles agissent comme un filtre laissant seulement passer ce qui peut se faufiler entre les mailles : les interfaces ont une impédance. En d'autres termes elles ont des seuils (Threshold) auxquels elles sont sensibles. Au-dessous de ce seuil elles agissent d'une certaine manière, au-dessus elles changent de comportement. »

Cette réflexion met en évidence le fait que l'aspect interactif d'une installation ne signifie pas que le système va réagir au moindre événement : certaines actions ont une influence sur le système et d'autres n'en ont pas. D'où l'importance du choix de l'artiste lorsqu'il fixe ce « seuil », car au-delà de déterminer le degré d'interaction possible entre l'installation et le spectateur (devenu acteur), il oriente également le comportement de ce dernier. En effet, si

telle action fait réagir le système et que la personne en prend conscience, elle va être amenée à répéter cette action ou pas, selon son appréciation.

Il est donc important de souligner le fait que l'interactivité d'une installation est à double sens et que c'est en cela qu'elle est intéressante pour le spectateur : l'installation évolue en fonction des événements produits par le spectateur et vice-versa ; chacun peut ainsi vivre une expérience unique.

## **4. Mise en œuvre d'une installation**

Ma démarche sera inspirée des ouvrages et travaux de Murray Schafer [1]. J'ai choisi comme base de travail un lieu de passage connu, le couloir bleu du niveau 2 de l'ENS Louis-Lumière. Il ne s'agit pas d'un lieu public accessible à tous, celui-ci se trouvant au sein d'une école. Il constitue cependant un lieu d'étude intéressant, dans la mesure où il est relativement passant et fréquenté par les divers acteurs de l'école : étudiants, professeurs de toutes sections (cinéma, photo, son) ou personnel administratif et technique.

Dans cette partie, je commencerai par exposer mon intention première en m'appuyant sur l'analyse comportementale effectuée en **2.2.2**. Je décrirai ensuite mon travail de prise de son et de composition sonore.

Puis j'aborderai l'installation d'une manière concrète. Je décrirai le dispositif et les outils utilisés, en traitant plus particulièrement la question des systèmes de détection et de traitement en temps réel. Puis j'étudierai l'environnement sonore et acoustique du « couloir bleu », étude qui me permettra de définir si un traitement acoustique actif est ou non possible et/ou nécessaire. L'installation ne pouvant être réalisée qu'après la fin de la rédaction de cette étude, je définirai enfin précisément les résultats attendus et les perspectives possibles.

### ***4.1. Intention première***

#### **4.1.1. Objectif**

**« Un couloir, surtout s'il est long, nous attire. » (Henri Bosco)**

Le couloir est comme un boyau et les passants, lorsqu'ils s'y déplacent, créent un flux, un glissement. Il me semble donc intéressant de baser ma création sur le principe de la déambulation. Au fur et à mesure de son avancée, le passant découvre un univers sonore qui le sollicite et le désoriente.

Mon but est donc de détourner le comportement habituel des gens dans le lieu de passage. En les interpellant, je cherche à leur faire prendre conscience du lieu où ils se trouvent, des personnes qui les entourent ou pas, de cet environnement que, bien souvent, ils ignorent. Il s'agit d'interrompre le flux, de créer l'« incident ».

Au-delà de cette prise de conscience de l'espace dans lequel le passant déambule, j'ai également pour objectif de modifier la perception habituelle qu'il pourrait en avoir. D'abord interpellé, ce dernier s'ouvre à l'extérieur, se situe dans l'espace, puis est désorienté par les sons entendus qui redéfinissent l'environnement qui l'entoure. Ces sons sont connus, familiers, mais leur spatialisation les rend soudain étrangers et nouveaux pour l'auditeur qui les redécouvre et se laisse porter au fil de sa déambulation.

Dans le livre *Le sonore et le visuel* [5] de Jean-Yves Bosseur, le compositeur Max Neuhaus déclare (p. 147) : « Une des choses qui me fascine, c'est que nous percevons l'espace à la fois visuellement et auditivement (...) C'est une bonne chose que d'utiliser l'oreille comme un transformateur de la perception de l'espace ; c'est beaucoup moins conscient, mais tout aussi puissant d'une façon différente. (...) Bien que je ne transforme jamais un espace visuellement, beaucoup de gens sentent mes espaces visuellement changés, de par le travail sur le son. »

Ma démarche artistique consiste donc à recycler, réutiliser des sons familiers du lieu « couloir » (pas, ouvertures/fermetures de portes, chuchotements, rumeurs extérieures, bruits de fonctionnement des luminaires ...) et de les « révéler » au passant en les transformant, en modifiant leurs rapports entre eux et en les redistribuant dans l'espace.

#### « **When attitudes become form** »

Cette phrase est tirée du livre *L'Arte Povera* [6] de Giovanni Joppolo. Il s'agit d'une phrase-clé du mouvement artistique « L'Arte Povera », développé entre 1966 et 1969. Elle met en évidence la démarche nouvelle des artistes : mettre en forme le comportement et non plus baser l'œuvre sur le concept mental de l'artiste. « L'Arte Povera » est « une expression libre liée à la contingence, à l'événement, au présent (...), à la conception anthropologique, à l'homme réel » (p. 16).

Le but de l'activité artistique est d' « utiliser la connaissance des lois objectives pour une transformation active de ce monde objectif » (p. 17). L'œuvre est intégrée à l'environnement qui l'entoure, elle en tient compte et elle le modifie.

Enfin les artistes ont la « volonté de déplacer, de l'objet vers l'intervention, l'attention du spectateur », et de placer ce spectateur « dans une position de réflexion sur l'énergie, le corps, la matière, le naturel, l'artificiel, le surnaturel » (p. 20-21). Ce dernier est « appelé à



participer, non seulement au niveau de l'espace de l'œuvre qui l'introduit dans un parcours, mais aussi, car ces démarches supposent de sa part non plus une contemplation mais une appréhension synchronique, là où le temps d'exécution coïncide avec la durée de l'œuvre » (p. 72). Au-delà de l'intégration de l'œuvre dans un environnement, les artistes ont également l'intention de faire participer le spectateur, qui devient acteur.

Sans prétendre me placer dans la lignée de ce mouvement, c'est sous le même angle que je souhaite aborder l'installation sonore, en essayant de solliciter le passant et de l'amener à la réflexion.

#### **4.1.2. Prise de son et composition sonore**

« L'enregistrement fabrique un paysage avec ce qui n'a jamais été perçu comme tel *in situ*, en réagglomérant des éléments que séparait l'audition directe, et en faisant percevoir de manière plus intense les bruits de fond, dont la présence fonctionne alors sur l'ensemble comme un principe totalisant, unifiant. » Michel Chion, *Le promeneur écoutant*, [8].

##### **4.1.2.1. Chuchotements**

La prise de son s'est organisée en deux parties distinctes, dans deux lieux différents : j'ai commencé par effectuer la prise de son des chuchotements dans un lieu silencieux, à savoir le studio radio de l'ENS Louis-Lumière. Ce choix s'explique par le fait que je souhaitais obtenir une matière sonore la plus « propre » possible (rapport signal/bruit le plus grand possible) : ainsi j'ai eu la possibilité d'effectuer des traitements sans que le signal d'origine s'en trouve dégradé, ou du moins sans que cette dégradation soit perceptible.

Pour cette prise de son, j'ai utilisé le matériel suivant :

- deux microphones AKG avec écran antipop ;
- un enregistreur numérique Fostex FR2.

J'ai sollicité deux personnes pour cette prise de son, et leur ai demandé tour à tour de prononcer en chuchotant des phrases sur le thème du couloir en tant que lieu où la proximité crée une intimité inattendue et provoque des échanges « secrets » :

- « *Un couloir, surtout s'il est long, nous attire.* » ;

- « *C'est dans les couloirs qu'on confie ses secrets.* » ;

- « *C'est dans les couloirs qu'on révèle ses secrets.* » ;
- « *C'est dans les couloirs que les secrets se révèlent et que les rumeurs naissent .* » ;
- « *Le couloir est le confident de ses passants.* » ;
- « *Le couloir est une boîte à secrets.* » ;
- « *Les rumeurs courent dans les couloirs.* » ;
- « *Les bruits de couloir ... Chuuut ...* ».

Je cherchais à obtenir une intelligibilité maximale, car ces phrases sont destinées à être comprises et à susciter la réflexion, l'étonnement ou l'amusement chez le passant.

Puis j'ai réuni les deux personnes et leur ai demandé d'imaginer une conversation chuchotée où l'une d'entre elles révèle quelque chose d'inattendu à la seconde et suscite sa surprise. Peu importait ce qu'elles disaient, puisque je souhaitais effectuer un montage en superposant des bribes de conversation. L'intelligibilité n'était pas recherchée, et seule la situation de révélation/étonnement devait être perçue.

#### **4.1.2.2. Sons additionnels**

Outre les chuchotements, j'ai souhaité ajouter des sons familiers appartenant à l'environnement du couloir et les retravailler de manière à les rendre déroutants, surprenants.

J'ai donc décidé d'enregistrer des sons du paysage sonore du « couloir bleu ». En m'appuyant sur l'analyse réalisée en **3.1.1.2.**, j'ai choisi de capter différents types de sons :

- des sons appartenant à la tonalité du lieu, donc perçus inconsciemment la plupart du temps par l'auditeur ;
- des signaux sonores, perçus comme porteurs d'information et donc écoutés attentivement.

J'ai réalisé la prise de son dans le « couloir bleu » un jour de vacances scolaires, afin d'enregistrer les différents sons choisis dans un environnement relativement calme. Avec l'aide de deux camarades de promotion, Amandine Goetz et Romain Vuillet, j'ai donc effectué la captation des sons suivants :

- appartenant à la tonalité : bruit de fonctionnement des néons, soufflerie du couloir ;

- appartenant aux signaux : ouvertures/fermetures de portes, claquements de portes ; pas divers (homme/femme ; à des vitesses variables ; en suivant le passant/en positionnant le micro au centre du couloir).

Disposant de sons divers du paysage sonore du couloir, je pouvais établir une nouvelle hiérarchie et bouleverser leur perception habituelle : mettre en avant le bruit des néons, le démultiplier, jouer avec les portes ...

Pour cette prise de son je disposais du matériel suivant :

- un microphone cardioïde Oktava 012 ;
- un enregistreur DAT DAP-1.

#### **4.1.2.3. Composition sonore**

J'ai réalisé un montage et des traitements sur le logiciel Protools.

J'ai travaillé chez moi avec deux haut-parleurs placés comme dans une régie classique, c'est-à-dire aux deux extrémités d'un triangle équilatéral à l'horizontale, triangle à la troisième extrémité duquel je me plaçais. Ces conditions n'étant pas idéales pour travailler des sons destinés à une installation comportant huit haut-parleurs placés en position zénithale, j'ai donc essayé d'améliorer ces conditions de travail et d'écoute en plaçant les enceintes en position zénithale. Pour cela, j'ai monté un meuble léger avec des éléments en fil chromé : deux montants en échelle de 2,10 m, reliés par une étagère en bas et par deux barre de penderie en haut. J'ai fixé une chaîne sur chacune de mes enceintes et j'ai ainsi pu suspendre les haut-parleurs aux barres de penderie. Cette installation n'était toujours pas idéale, mais me permettait cependant de me rapprocher de la perception que l'on aurait sur le site de l'aménagement et d'évaluer par exemple si l'intelligibilité des chuchotements était suffisante ou non.

Comme je l'ai précisé en **4.1.2.**, j'ai organisé mon travail en fonction des situations auxquelles je souhaitais que le système réagisse. À chacune d'elle correspondait une « bande son ». Le tableau suivant (figure 1) résume le contenu de chaque petit montage son, au nombre de sept. D'autre part un CD audio, situé en quatrième de couverture et comprenant sept plages correspondant aux différents montages permet d'avoir un aperçu auditif de ces séquences.

<b>Action</b>	<b>Nombre de personnes présentes</b>		
	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2 et +</i>
<i>Marche</i>	ambiance composée des nappes sonores du couloir	« un couloir (...) nous attire »	« chut », courses et claquements de porte
<i>Arrêt</i>		conversation chuchotée	ouvertures de portes, pas, conversation chuchotée
<i>Reprise de la marche</i>		« chut », courses et claquements de porte	« un couloir (...) nous attire », « chut », courses et claquements de porte

fig. 1 : Tableau établissant la correspondance entre les situations possibles dans le couloir et les différents montages son effectués.

Afin d'avoir le plus de liberté possible sur PureData, j'ai compartimenté les montages autant que je le pouvais : en effet je souhaitais avoir la possibilité de déclencher les sons d'un même montage sur différents haut-parleurs. Je n'ai donc pas effectué de « bounce » général des montages : j'ai « bounced » chaque son séparément (afin d'intégrer les éventuels traitements en insert ou en auxiliaire), puis exporté chaque bounce grâce à la fonction « export selected as files » et placé les fichiers dans un répertoire WAV destiné à PureData. Parallèlement, j'ai relevé les « time codes » de chacune de ces régions, afin de pouvoir les déclencher au moment où je le souhaitais avec PureData.

## 4.2. « *Le couloir bleu* »

### 4.2.1. Installation

Ce couloir est utilisé la plupart du temps dans un seul sens, c'est-à-dire de l'intérieur vers l'extérieur. En prenant l'extrémité intérieure comme point de départ, il y a huit destinations possibles : la salle des professeurs, deux laboratoires de photographie, le bureau du responsable de la communication, une salle de cours, l'amphithéâtre, le bureau du directeur et la sortie au fond du couloir menant à une cage d'escalier.

Il s'agit donc de prendre en considération toutes ces données, sachant qu'un arrêt est possible devant la porte de chacun de ces lieux, impliquant une attente ou une conversation.

Le matériel, fourni par la Kitchen, m'a permis d'élaborer le dispositif suivant :

- Dans le couloir :
  - 8 haut-parleurs sont placés à égale distance (ou à peu près selon la configuration du plafond) à hauteur du plafond en position zénithale ; 2 caissons de basse sont situés aux extrémités et alimentent 4 haut-parleurs ;
  - sous les haut-parleurs, à 1 m de hauteur, 8 barrières infrarouges permettent la détection des déplacements dans le couloir ;
  - ces barrières sont reliées analogiquement à 2 interfaces Wharol, situées au centre de chaque groupe de 4 détecteurs, transmettant les informations à l'ordinateur de la régie via Ethernet.
- Une régie est installée dans une salle de cours située au centre du couloir (B27) ; dans cette régie :
  - un ordinateur est attribué à la gestion du son à proprement parlé (par le logiciel PureData), il reçoit donc les données des interfaces Wharol via Ethernet, et est équipé d'une carte son RME possédant 8 entrées/8 sorties ;
  - la carte son est reliée par ADAT à une console servant de surface de contrôle pour les niveaux de sortie vers les amplis et caissons de basse ;
  - les sorties de la console sont envoyées vers deux amplis bicanaux alimentant les 4 haut-parleurs situés au centre du couloir, et vers les deux caissons de

basse situés aux extrémités du couloir, alimentant chacun les deux haut-parleurs les plus proches.

Les schémas des figures 2 et 3 résument l'installation. On peut retrouver en annexe 2 les références précises du matériel, une liste du câblage nécessaire et un plan de câblage.

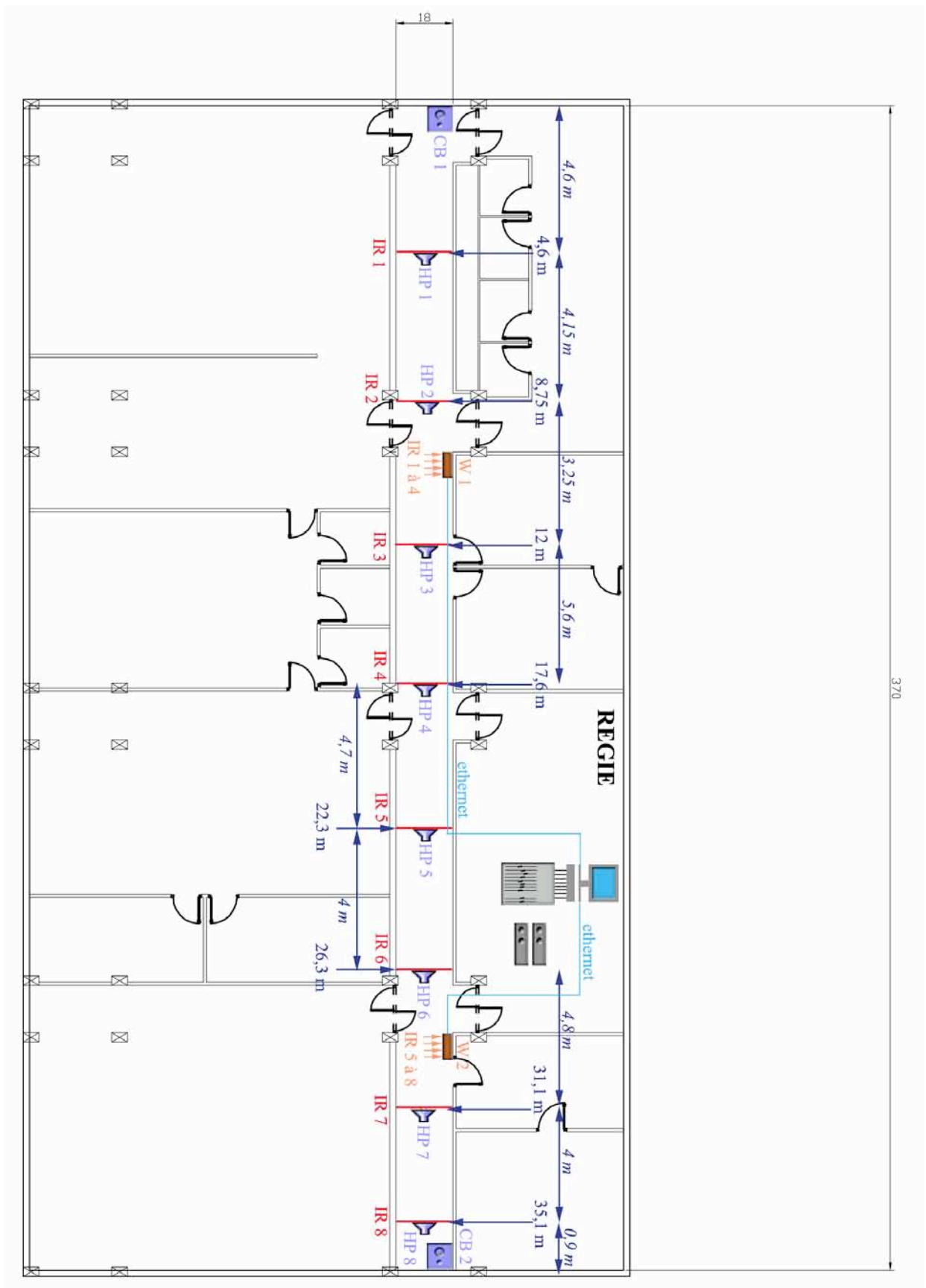


fig. 2 : Plan de l'installation dans le couloir bleu.

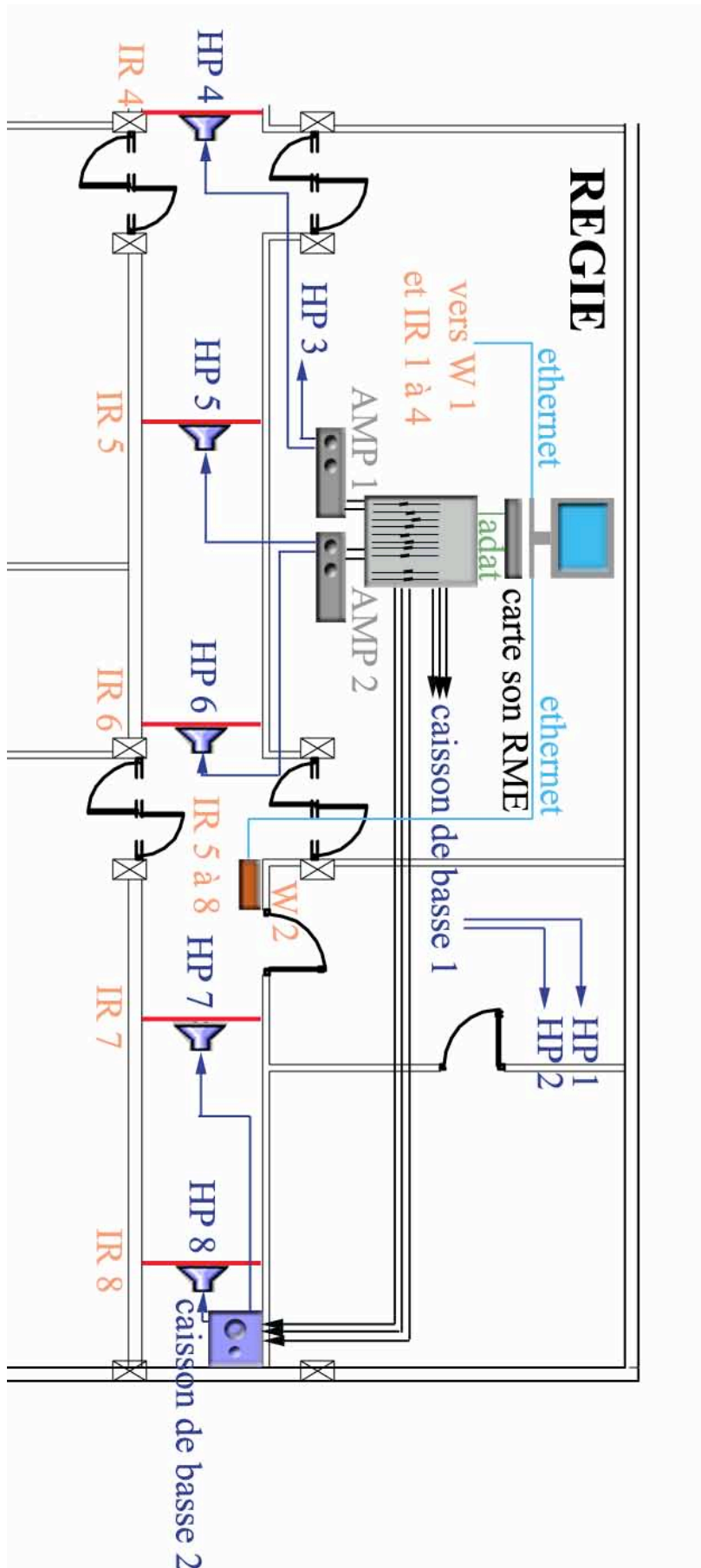


fig. 3 : Plan de l'installation de la régie.



Légende des figures 2 et 3 :

- CB 1 et CB 2 : caissons de basse 1 et 2 ;
- HP 1 à 8 : haut-parleurs suspendus dans le couloir ;
- IR 1 à 8 : barrières infrarouges installées à 1 m de hauteur dans le couloir ;
- W 1 et W 2 : interfaces Wharol reliées en analogique aux barrières infrarouges et via Ethernet à l'ordinateur.

### **Gestion des caissons de basse**

Les caissons de basse diffusent chacun un mélange de ce qui est envoyé vers les haut-parleurs : mélange des signaux envoyés vers les haut-parleurs 1 à 4 pour le caisson de basse à l'entrée du couloir, mélange des signaux envoyés vers les haut-parleurs 5 à 8 pour le caisson de basse à la sortie du couloir.

Chaque caisson reçoit la modulation destinée aux deux haut-parleurs qu'elle alimente, c'est-à-dire que le caisson 1 reçoit les modulations des haut-parleurs 1 et 2 et le caisson 2 celles des haut-parleurs 7 et 8.

En ce qui concerne la modulation destinée aux haut-parleurs situés au centre du couloir (alimentés par les amplis), elle est envoyée dans les caissons via la console, sur laquelle on crée deux tranches : la première est un mélange des signaux envoyés vers les haut-parleurs 3 et 4 (mélange obtenu en utilisant des auxiliaires), la seconde est un mélange des signaux envoyés vers les haut-parleurs 5 et 6.

### **4.2.2. Les outils**

J'ai choisi de réaliser une installation interactive, afin qu'elle puisse évoluer au fil de la déambulation du passant. Pour cela j'ai eu recours à des outils particuliers, à savoir un système de détection et un système de traitement en temps réel.

Avant de détailler les systèmes utilisés, j'ai d'abord établi une liste des événements possibles dans le couloir. Afin de gérer au mieux l'aspect interactif, j'ai effectué une sélection de ceux qui auront une influence sur le système. Dans le cas de mon installation, le paramètre à considérer afin de déterminer le seuil d'interactivité du système était le nombre de personnes dans le couloir. Sachant que plus il y a de personnes déambulant dans l'espace, plus un suivi individuel est difficile, j'ai choisi d'établir un seuil au-delà duquel on considère qu'il y a un groupe de personnes, et que l'information de position et de vitesse de chacune d'entre elles

n'est plus intéressante. J'ai finalement décidé de fixer ce seuil à trois personnes : en dessous de ce seuil, j'ai considéré les passants individuellement et ai souhaité que l'installation réagisse à leurs déplacements. Au-delà de ce seuil, j'ai considéré les personnes comme un groupe et ai souhaité que le système réagisse en conséquence face à cette entité.

J'ai donc établi une liste comprenant toutes les situations possibles dans le couloir pour lesquelles je souhaitais faire réagir le système :

- une personne marche ;
- une personne s'arrête ;
- une personne reprend la marche ;
- un groupe (à partir de trois) marche ;
- un groupe s'arrête ;
- un groupe reprend la marche ;
- deux personnes marchent, s'arrêtent et reprennent leur marche indépendamment ;
- il n'y a personne dans le couloir.

Ensuite j'ai dû déterminer comment détecter ces informations avec le système dont je disposais ; de même, dans la composition sonore, j'ai eu à associer à chacune de ces situations une « bande son ».

Remarquons ici qu'il se détache deux problématiques dans les situations répertoriées. Soit une seule personne se trouve dans le couloir et l'on est dans le cadre d'une interactivité individuelle ; soit plusieurs personnes sont dans le couloir et l'on se trouve dans le cadre d'une interactivité collective. Ici l'interaction devient multiple : il y a interaction entre les acteurs et le système mais également entre les acteurs ; chacun d'entre eux influe sur l'évolution du système et il y a une infinité de possibles.

#### ***4.2.2.1. Détection***

##### **Information de passage et de position**

Le système de détection choisi est matérialisé par une suite de huit barrières infrarouges traversant le couloir dans sa largeur, disposées sous les haut-parleurs prévus pour la diffusion du son, à 1 m de hauteur. Il s'agit d'un système « binaire » puisqu'il ne peut connaître que deux états : On ou Off. En effet, soit la barrière est « passante », soit elle est interrompue par

le passage d'une personne, passage donc détecté. Ainsi on peut connaître la position de la personne lorsqu'elle franchit une barrière.

Il est intéressant de souligner ici le caractère abstrait du système de détection : en effet, les barrières ne fournissent pas d'information quant à la nature de ce qui interrompt le flux. Ce peut être un humain, mais également un chariot, ou n'importe quel objet pouvant passer à la hauteur des barrières. Ce que l'on suppose donc être un humain lorsque la barrière est franchie peut ne pas en être un, mais le système réagira malgré tout.

### **Information de vitesse et anticipation de la position**

Malgré le caractère binaire du système, il est possible d'obtenir d'autres informations par le biais de ces détecteurs. En effet, connaissant la distance entre deux barrières, en relevant le temps mis par une personne pour aller d'un détecteur à l'autre, il est possible de déterminer la vitesse du passant. De même, en considérant que ce dernier évolue à une vitesse constante et qu'il ne s'arrête pas, il est également possible d'estimer l'instant où il va passer sous les haut-parleurs suivants.

### **Différenciation des personnes**

Il s'agit maintenant de considérer le fait que plusieurs passants peuvent parcourir le couloir et que les barrières infrarouges ne permettent pas de distinguer une personne d'une autre.

En préambule de cette partie, j'ai fixé un seuil à trois personnes en émettant l'hypothèse que le système pourrait réagir aux déplacements simultanés mais différents de deux personnes. Je réalise cependant que ce système n'est pas adapté pour permettre la différenciation de deux personnes : même en considérant que deux barrières non contiguës sollicitées en même temps ou à peu d'intervalle signifient que deux personnes se trouvent dans le couloir, il apparaît que de nombreux cas de figures nous échappent avec ces détecteurs. En effet, si deux personnes se croisent, comment savoir si chacun poursuit son trajet ou si les personnes font demi-tour ? De même si une personne en rejoint une seconde à l'arrêt et que l'une d'entre elles reprend la marche, comment savoir laquelle des deux se déplace ? Enfin si deux personnes se déplacent indépendamment et que la seconde dépasse la première entre deux barrières, comment savoir au passage de la barrière suivante que la seconde personne détectée est maintenant passée devant la première ?

Je renonce donc à considérer la situation où deux personnes se déplacent indépendamment dans le couloir, et à réaliser un suivi individuel. Par ailleurs je constate qu'un système de détection avec des webcams aurait certainement été plus efficace pour recueillir ce genre d'information. Cependant je ne renonce pas à considérer la situation où plusieurs personnes se déplacent (à partir de deux), où plusieurs barrières sont donc sollicitées simultanément ou presque : dans ce cas j'assimile ces personnes à un groupe, une entité, dont je ne cherche pas à suivre précisément le déplacement.

#### **4.2.2.2. Temps réel avec PureData**

Afin d'effectuer un traitement en temps réel, c'est-à-dire utiliser les informations récoltées grâce au système de détection pour modifier la bande son destinée à l'installation, j'utilise le logiciel PureData. J'ai choisi ce logiciel car il constitue un équivalent de MaxMSP (développé par l'IRCAM et la société Cycling'74), moins accessible au premier abord, mais présentant l'avantage considérable d'être gratuit.

L'initiation à ce logiciel ne faisant pas partie de la formation que j'ai reçue à Louis-Lumière, j'ai appris à l'utiliser avec un camarade de promotion, Romain Vuillet, qui a d'ailleurs fortement participé à l'élaboration du système de traitement en temps réel. En annexe 3 se trouve une brève présentation du logiciel, avec une description de ses principaux outils et le commentaire d'un exemple simple de patch.

Dans le cadre de l'installation, la première fonction de PureData est d'abord de recueillir les informations délivrées par les barrières infrarouges. Ensuite il s'agit de traduire ces informations et de les utiliser afin de modifier la bande son.

#### **Interactivité individuelle**

J'ai donc commencé par considérer le cas le plus simple : une seule personne se déplace dans le couloir. L'objectif consistait alors à reconnaître les différentes situations accessibles à partir de l'information du seul déclenchement des barrières infrarouges et de faire correspondre une séquence son à chacune de ces situations (au nombre de quatre) :

- la personne marche : séquence WALKING ;
- la personne est arrêtée : séquence STOP ;
- elle reprend sa marche : séquence RESTART ;
- elle est sortie du couloir : séquence NONE.

D'autre part j'ai cherché à extraire l'information concernant le sens de déplacement dans le couloir, considérant que le sens - intérieur vers extérieur du bâtiment - est le sens « à l'endroit » (puisque sens de déplacement le plus courant), et le sens - extérieur vers intérieur -, le sens « à l'envers ».

Enfin j'ai travaillé sur l'information de vitesse, en définissant une vitesse nominale (et donc par défaut quand une seule barrière est franchie) : je l'ai fixée à 1,5 m/s, après avoir chronométré la traversée du couloir effectuée par plusieurs personnes.

À l'issue de cette première étape, j'ai réalisé l'interface de contrôle, sous PureData, décrite en figure 4.

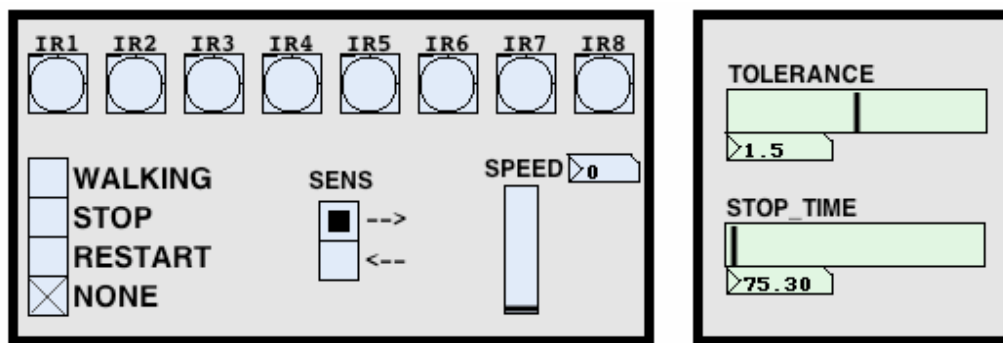


fig. 4 : Interface de contrôle des données fournies par les barrières infrarouges et recueillies sur PureData.

Les éléments en bleu permettent juste une visualisation tandis que les éléments en vert sont réglables :

- IR1 à 8 : ces figures correspondent aux huit barrières infrarouges réparties le long du couloir sous les enceintes, à 1 m de hauteur ; lorsqu'une barrière est franchie, le cercle bleu correspondant au capteur se noircit ;
- WALKING/STOP/RESTART/NONE : ces quatre cases correspondent aux quatre situations possibles (marche/arrêt/redémarrage/personne dans le couloir) ; une croix apparaît dans la case de la séquence détectée ;
- SENS : deux sens de déplacement possibles : en haut, le sens « à l'endroit », c'est-à-dire de l'intérieur vers l'extérieur du bâtiment ; en bas le sens « à l'envers », c'est-à-dire de l'extérieur vers l'intérieur du bâtiment ;
- SPEED : la vitesse de déplacement est visualisable sur un fader allant de 0 à 5 m/s ; la valeur exacte est affichée à côté ;

- **TOLERANCE** : la tolérance permet de régler le temps maximal entre deux franchissements de barrières pour une personne qui marche ; un temps « nominal » est défini à partir d'une vitesse nominale (1,5 m/s) et il est possible de faire varier le temps maximal de 1 à 2 fois le temps « nominal » grâce au fader. Si le temps de franchissement entre deux barrières est inférieur au temps maximal, la séquence WALKING reste active (elle est automatiquement déclenchée dès le franchissement de la première barrière) ; si ce temps est supérieur au temps maximal, la séquence STOP est activée ;
- **STOP\_TIME** : il est également possible de régler la durée de la séquence STOP grâce au fader, allant de 7 à 51 s ; si en configuration de séquence STOP, aucune barrière n'est franchie au bout de ce temps, on passe en séquence NONE.

Cette première partie nous a donc permis d'extraire et d'interpréter les informations recueillies. Il s'agit maintenant d'utiliser ces informations pour déclencher des sons et les faire évoluer. Pour cela, il faut établir un nouveau patch, comprenant des sous-patches attribués à chaque séquence, dans lesquels les fichiers WAV provenant du logiciel Protools sont chargés. Pour chaque séquence, j'ai créé un répertoire contenant les fichiers WAV « bouncés » (donc traités). Sur Protools, j'ai relevé les time codes de chaque son afin de pouvoir les déclencher au moment voulu.

Pour la séquence WALKING, je souhaitais utiliser les informations de vitesse et de sens. Lorsque le passant se déplace à la vitesse nominale de marche (1,5 m/s) et dans le sens « à l'endroit » (intérieur vers extérieur du bâtiment), j'ai donc décidé de lire le son à l'endroit, à sa vitesse normale. Lorsqu'il accélère, le son accélère (il est donc lu plus vite), lorsqu'il ralentit, le son est lu plus lentement. Lorsque le passant vient de l'extérieur du bâtiment, le son est lu à l'envers, accélère si la personne accélère, ralentit si la personne ralentit.

Dès qu'elle s'arrête, les sons correspondant à la séquence STOP sont déclenchés. Évidemment, je ne dispose plus d'information de vitesse ou de sens, les sons sont lus normalement.

Dès que le passant redémarre, les sons de la séquence RESTART sont lus. Les sons étant relativement courts et percussifs, je considère qu'il n'est pas forcément intéressant de faire

moduler leur vitesse ou de les inverser, car ils risquent, au contraire, de perdre leur sens, ce que je ne souhaite pas. Je ne tiens donc pas compte des informations de vitesse et de sens.

Enfin quand plus personne n'est plus dans le couloir, une ambiance correspondant à la séquence NONE est déclenchée.

### **Interactivité collective**

Lorsque plusieurs barrières sont franchies simultanément ou presque, le système réagit de manière différente : on est face à un groupe, une entité, qui occupe plus ou moins d'espace dans le couloir.

De la même manière que pour le cas d'une personne seule, j'envisage de détecter 4 situations différentes :

- le groupe circule (certaines personnes peuvent néanmoins être à l'arrêt) ;
- le groupe est arrêté (personne ne circule) ;
- le groupe redémarre (certains peuvent également être à l'arrêt) ;
- personne n'est dans le couloir.

Les personnes pouvant se déplacer indépendamment et à des vitesses différentes, je ne m'intéresse plus à l'information de vitesse. Cependant je cherche à localiser la position approximative où se trouvent le plus de personnes, cette information me permettant par la suite de réaliser un suivi ou pas du groupe que j'appelle par la suite groupe « majoritaire », par opposition aux éventuelles personnes seules ou groupes « minoritaires » présentes en même temps dans le couloir.

Aux 4 situations définies plus haut correspondent 4 séquences, 4 bandes son décrites dans la figure 1 du **4.1.2.3**.

À la date de rendu du mémoire, la conception du patch concernant l'interactivité collective n'est pas encore effective. D'ici la date de la soutenance, je pense être en mesure d'extraire les informations souhaitées et à les traiter de manière à rendre l'interactivité collective possible. Dans le cas contraire, l'aspect collectif de l'installation sera une perspective envisagée pour son amélioration.

Une fois les sons reliés aux informations détectées, il reste enfin à s'occuper de la diffusion et de la spatialisation des sons, sachant qu'il s'agit de gérer la répartition des séquences sur les 8 haut-parleurs.

### **Spatialisation**

Pour chaque séquence, une stratégie différente de spatialisation a été imaginée. Que ce soit pour le déplacement d'une personne seule ou d'un groupe, la spatialisation souhaitée est la suivante :

- pour la séquence WALKING, le son suit la personne ou le groupe qui déambule ;
- pour la séquence STOP, le son oscille autour de la personne ou du groupe à l'arrêt ;
- pour la séquence RESTART, le son se déclenche à la position la plus éloignée de la personne ou du groupe, et rejoint la personne ou le groupe.

Afin de déterminer la spatialisation, l'information de position est recueillie et assimilée à un nombre décimal compris entre 1 et 8 (les entiers correspondant aux positions des barrières infrarouges et par la même occasion des haut-parleurs). Pour la position 1,5 par exemple, la personne ou le groupe se trouve à égale distance entre la barrière 1 et la barrière 2.

Suivant la séquence sollicitée (WALKING, STOP ou RESTART), la position est interprétée de manière différente :

- pour la séquence WALKING, la position est interprétée telle qu'elle, c'est-à-dire, si l'on considère l'exemple cité plus haut, pour une personne située en position 1,5, le son sera diffusé au même volume dans les enceintes 1 et 2 ; si la personne se déplace vers l'extérieur, qu'elle atteigne la position 1,75, le son sera toujours diffusé dans les enceintes 1 et 2, mais avec un volume plus important dans l'enceinte 2 (3 fois plus important) ;
- pour la séquence STOP, la position est interprétée de la même manière à la différence près que cette position est fixe et que le son oscille d'une enceinte à l'autre ;
- pour la séquence RESTART, la position est arrondie (on considère que la personne ou le groupe se trouve « non loin » d'une barrière infrarouge) et le son est diffusé à partir de l'enceinte la plus éloignée de la personne (1 ou 8) ; pour le cas étudié pour la séquence WALKING, le son est diffusé à partir de l'enceinte 8 et rejoint la personne.



De même que pour l'aspect interactif collectif, la conception du patch de spatialisation n'est pas encore terminée : le suivi est effectif mais la diffusion à partir de la position la plus éloignée ne l'est pas encore. J'envisage de résoudre cette problématique, car elle présente l'intérêt de pouvoir générer la surprise chez l'auditeur qui croit avoir compris le fonctionnement de l'installation. Je garde toutefois la possibilité d'effectuer une spatialisation selon la stratégie du suivi pour la séquence RESTART.

### **4.2.3. Environnement sonore et étude acoustique**

#### **4.2.3.1. Environnement sonore**

Une caractérisation de l'environnement sonore du couloir a déjà été réalisée en 2.1.1.. De manière synthétique on peut rappeler que l'environnement sonore du lieu est relativement calme : provenant de l'extérieur, la rumeur urbaine, le passage intermittent du RER et les oiseaux ; de l'intérieur, les bruits de fonctionnement des laboratoires photographiques, de soufflerie dans le couloir, les sonneries de téléphone et les voix assourdis provenant des pièces desservies comme ponctuation. Aucun son n'est diffusé dans le couloir.

#### **4.2.3.2. Étude acoustique**

Le site a pour dimensions 37 m de long pour 1,80 m de large, et 2,75 m de hauteur. Un plan à l'échelle 1/200 apparaît plusieurs fois dans le mémoire avec le matériel utilisé pour les différentes étapes de l'installation.

Cette étude est motivée par le fait que j'ai souhaité intégrer l'espace acoustique dans la composition sonore : elle ne pouvait donc être seulement scientifique et objective, c'est pourquoi j'ai effectué plusieurs séries de mesures en essayant de tenir compte de notre perception propre.

Dans l'introduction de son livre *Les structures formelles dans la musique de production électronique* [8] (p. 5), Elsa Justel justifie d'ailleurs cette approche subjective : « L'alternative de traiter l'espace comme phénomène musical concret requiert une écoute différente qui serait plus exigeante du point de vue physio-psychologique. »

## **Mesures à partir d'un sweep**

Pour caractériser l'acoustique du lieu, j'ai réalisé des mesures acoustiques en différents points du couloir. En diffusant un sweep linéaire à partir du logiciel WinMLS, j'ai obtenu les réponses impulsionnelle et en fréquence du lieu.

Le protocole était le suivant :

### ***Dispositif :***

- un ordinateur avec le logiciel de mesures Win MLS, générant un sweep linéaire ;
- une carte son Lexicon Omega ;
- une enceinte amplifiée Genelec 8030 diffusant ce sweep ;
- un microphone de mesure Behringer ECM8000 captant le signal ;
- un sonomètre ayant pour rôle de permettre le calibrage de la carte son.

La réponse était enregistrée et analysée dans Win MLS.

### ***Calibrage :***

L'utilisation du logiciel WinMLS nécessitait le calibrage de la carte son. Pour cela, j'ai utilisé un sonomètre : le logiciel générait une fréquence pure (en l'occurrence, on a choisi 1 kHz) qui partait vers la carte son et sort sur l'enceinte amplifiée ; le sonomètre, situé à la place supposée du microphone, mesurait le niveau en dB SPL. Ce dernier était reporté dans WinMLS, et, une fois le microphone branché en entrée de la carte son, WinMLS effectuait le calibrage automatiquement.

### ***Mesures :***

Une série de mesures a été réalisée à la position supposée de chaque enceinte prévue pour l'installation sonore. En partant de l'idée d'une répartition régulière des enceintes sur toute la longueur du couloir, je suis parvenue à une distance de 4,5 m entre les haut-parleurs. Ces derniers étaient placés en position zénithale, suspendus à la tuyauterie cachée par le faux-plafond, à 2,75 m de hauteur, et diffusaient donc vers le sol. Cependant la configuration du plafond ne nous permettant pas de les placer exactement à la position souhaitée, le maillage des enceintes ne correspondait pas tout à fait à celui envisagé au départ. D'autre part, la hauteur des enceintes correspondait à la hauteur du plafond (plus exactement des plaques mobiles du faux-plafond), à part pour les mesures 4, 7 et 8, où la configuration du plafond nous avait contraint à les suspendre à 40 cm en dessous de la hauteur du plafond.

En ce qui concerne le microphone, il était considéré comme un substitut de l'auditeur, d'où une position de 1,70 m en hauteur (taille moyenne des Français). Afin d'obtenir des résultats aussi précis que possibles, 17 mesures ont donc été effectuées pour chaque position de haut-parleur.

Le tableau et le plan suivants (fig. 5 et 6) récapitulent les mesures effectuées :

Série de mesures	Position du microphone (profondeur en m) pour une hauteur constante de 1,7 m		Position du haut-parleur (profondeur en m) : hauteur en m)															
	0	2,25	4,5	6,75	9	11,25	13,5	15,75	18	20,25	22,5	24,75	27	29,25	31,5	33,75	36	
1	4,6 ; 2,75	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16
2	8,75 ; 2,75	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,10	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16
3	12 ; 2,75	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	3,10	3,11	3,12	3,13	3,14	3,15	3,16
4	17,6 ; 2,25	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	4,10	4,11	4,12	4,13	4,14	4,15	4,16
5	22,3 ; 2,75	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,10	5,11	5,12	5,13	5,14	5,15	5,16
6	26,3 ; 2,75	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	6,10	6,11	6,12	6,13	6,14	6,15	6,16
7	31,1 ; 2,25	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	7,10	7,11	7,12	7,13	7,14	7,15	7,16
8	35,1 ; 2,25	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	8,10	8,11	8,12	8,13	8,14	8,15	8,16

fig. 5 : Tableau récapitulatif des mesures effectuées à partir d'un sweep linéaire.

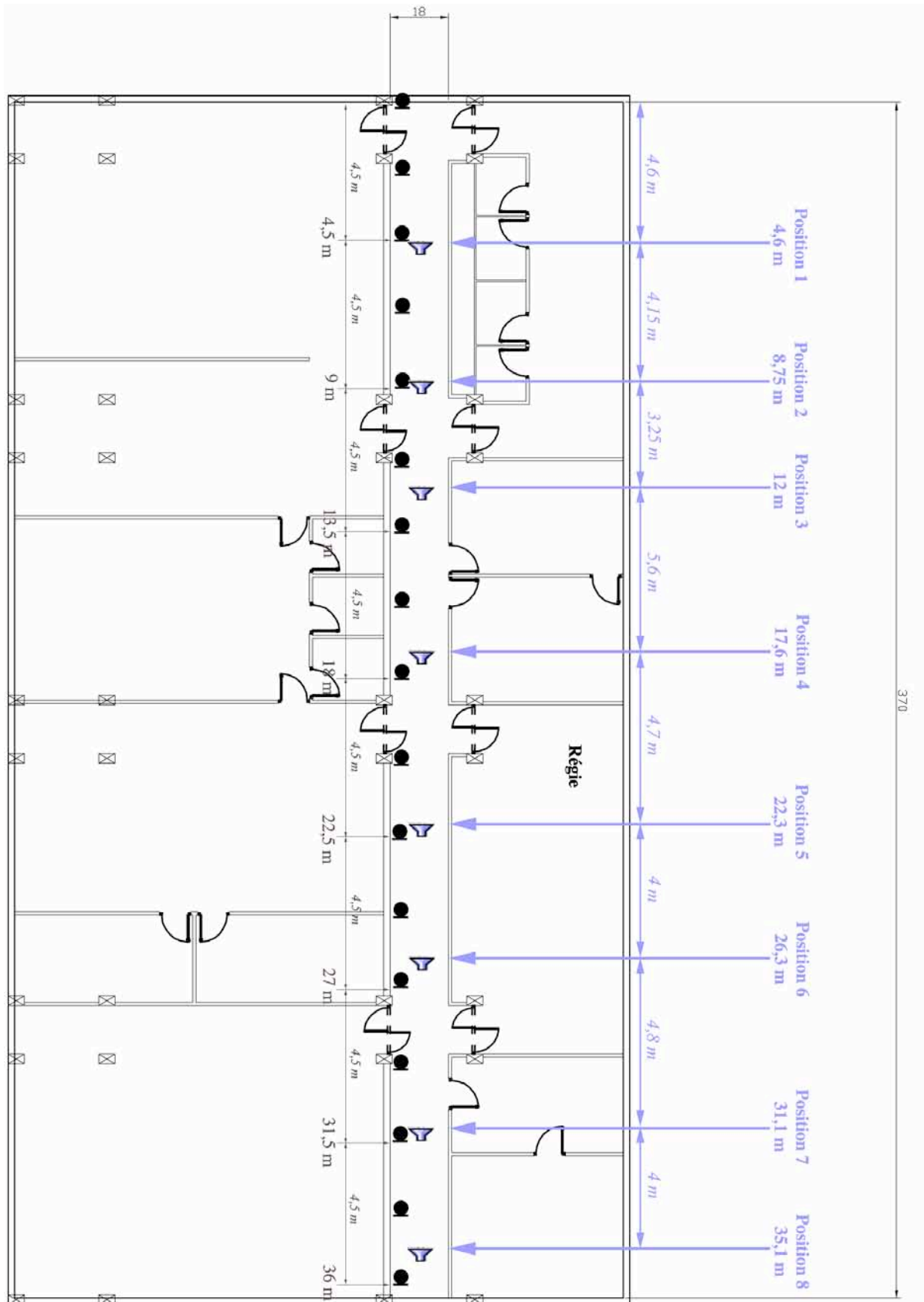


fig. 6 : Plan du « couloir bleu » avec les positions de haut-parleur et microphone pour les mesures acoustiques.

## Analyse des résultats

Dans cette partie, je fais apparaître les résultats significatifs : l'ensemble exhaustif des réponses en fréquence pour chacune des positions de haut-parleur, avec à chaque fois la superposition des courbes mesurées pour deux positions de microphone contiguës, apparaît en annexe 4. Les réponses impulsionnelles n'y apparaissent pas, les courbes obtenues ne paraissant pas exploitables. La discussion sur les problèmes rencontrés avec les mesures de réponses impulsionnelles est traitée plus loin.

Considérons les réponses en fréquence. En comparant les courbes pour chaque position, il est possible de détecter des pics et des creux pour certaines fréquences ou bandes de fréquences. Le tableau suivant (fig. 7) récapitule les atténuations et accentuations que j'ai pu relever :

<b>Position du haut-parleur</b>	<b>Fréquences atténuées</b>	<b>Fréquences émergentes</b>
<b>1</b> – 4,6 m	60 Hz, 120 Hz	50 Hz, 100 Hz
<b>2</b> – 8,75 m	bande 130-150 Hz	50 Hz, bande 70-100 Hz
<b>3</b> – 12 m	100 Hz, 150 Hz	bande 70-80 Hz
<b>4</b> – 17,6 m	90 Hz, bande 350-400 Hz	bande 60-80 Hz, 170 Hz
<b>5</b> – 22,3 m	75 Hz, 110 Hz	bandes 55-65 Hz, 90-100 Hz, 130 Hz
<b>6</b> – 26,3 m	bande 150-200 Hz	60 Hz, 300 Hz
<b>7</b> – 31,1 m	bande 70-80 Hz, 100 Hz, 180 Hz	60 Hz, 90 Hz, 220 Hz
<b>8</b> – 35,1 m	bandes 70-80 Hz, 110-130 Hz	60 Hz, bande 90-100 Hz, 320 Hz

fig. 7 : Tableau récapitulatif des fréquences atténuées et émergentes dans le couloir pour chaque position de haut-parleur, à l'issue de l'analyse des réponses en fréquence mesurées à partir d'un sweep linéaire.

À l'issue de ces mesures et de leur analyse objective, plusieurs questions se posent.

Tout d'abord les mesures ont été effectuées en diffusant un sweep linéaire et en suivant une méthode de mesure classique, mais ce signal ne correspond en rien aux sons que je souhaite diffuser. Même s'il s'agit d'une mesure objective, on peut se poser la question de la pertinence des résultats obtenus, ou de leur utilisation, par rapport à la nature des sons qui seront effectivement utilisés.

L'analyse des résultats révèle des fréquences émergentes et d'autres atténuées, mais on peut se demander si ces modes propres, détectés par la mesure avec le sweep linéaire, sont perceptibles à l'écoute et, surtout s'ils seront perceptibles lorsque l'on diffusera les sons prévus pour l'installation sonore.

Les courbes de réponses impulsionnelles comportent des informations que je ne sais comment analyser : le délai est maximal lorsque le microphone est placé en dessous du haut-parleur, alors qu'il devrait être minimal. Puisque le logiciel WinMLS est encore en phase de développement, on ne peut pas écarter l'hypothèse d'un problème concernant l'extraction d'une réponse impulsionnelle à partir d'un signal d'excitation tel qu'un sweep.

Enfin, il reste la question de savoir s'il est ou non nécessaire d'appliquer un traitement actif aux haut-parleurs, sachant qu'en tenant compte des résultats, un traitement différent pour chaque enceinte serait *a priori* nécessaire. Ces traitements sont susceptibles de nécessiter une grande puissance de traitement et l'on peut légitimement se poser la question de savoir si ces traitements, coûteux, seront finalement perceptibles à l'écoute.

Il apparaît donc que cette première série de mesures est insuffisante, au vu des questions restant en suspens, pour déterminer si un traitement acoustique, coûteux en ressources informatiques, est nécessaire. J'ai donc réalisé une seconde série de mesures, en diffusant cette fois les sons destinés à l'installation sonore et en utilisant une autre méthode d'analyse.

### **Mesures à partir de la bande son destinée à l'installation**

La nouvelle méthode d'analyse choisie est l'IDS : Intégration de la Densité Spectrale. Développée dans l'environnement de développement Scilab par mon directeur de mémoire interne Laurent Millot, cette méthode permet de réaliser la décomposition d'un son en dix sous-bandes fréquentielles et d'obtenir, notamment, le poids relatif de chacune des sous-bandes dans la composition de la balance spectrale du son. Pour chaque son analysé, il est donc possible d'obtenir un graphique avec en ordonnée le niveau en dB et en abscisse la sous-bande fréquentielle. Dans le cadre de mes mesures, j'ai souhaité comparer les courbes obtenues en diffusant la bande son dans le couloir à celle obtenue avec la bande son originale.

Pour ces nouvelles mesures, j'ai préparé un CD comportant un échantillon de la bande son destinée à l'installation. Dans cet extrait, j'ai monté des sons de natures diverses (différents niveaux, différentes enveloppes spectrales, avec plus ou moins de transitoires), afin de détecter si l'acoustique du lieu a une influence sur certains sons présents dans la bande son.

Je n'ai pas utilisé WinMLS pour analyser les réponses, mais je les ai enregistrées sur un enregistreur numérique au format WAV puis j'ai effectué l'IDS des fichiers.

Je réalise les mesures avec le dispositif suivant :

- un lecteur CD portatif ;
- une console Behringer UB502 ;
- une enceinte amplifiée Genelec 8030 ;
- un microphone de mesure Behringer ECM8000 ;
- un enregistreur numérique bipiste Fostex FR2.

Je me suis conformée au même protocole que pour les mesures précédentes, c'est-à-dire que j'ai déplacé le microphone le long du couloir en plaçant l'enceinte à la position prévue du haut-parleur pour l'installation. Faute de temps et en raison de la faible disponibilité du matériel de mesures, je n'ai pu effectuer les mesures que pour une seule position de haut-parleur : j'ai choisi la position centrale, correspondant au quatrième haut-parleur situé à 17,6 m du début du couloir.



J'ai placé le microphone à hauteur d'homme (1,70 m) à neuf endroits différents équidistants dans le couloir :

- 1 : 0 m ;
- 2 : 4,5 m ;
- 3 : 9 m ;
- 4 : 13,5 m ;
- 5 : 18 m ;
- 6 : 22,5 m ;
- 7 : 27 m ;
- 8 : 31,5 m ;
- 9 : 36 m.

J'ai donc réalisé neuf enregistrements de la bande son en 48 kHz sur le Fostex.

### **Analyse des résultats**

Je dispose de neuf fichiers WAV que j'analyse de deux manières différentes :

- j'effectue une analyse subjective en reportant les fichiers sur Protools, en les réécoutant chez moi et en les comparant à la bande son initiale ;
- d'autre part je réalise l'IDS des fichiers et je compare objectivement les courbes obtenues.

L'analyse subjective me permet de constater que les voix chuchotées nécessitent d'être retravaillées : en effet, les transitoires et les bruits de bouche émergent de manière exagérée. J'effectue donc un nouveau traitement sur Protools : j'utilise le compresseur C1-WAVE en réglant le ratio de manière à ce qu'il fonctionne comme un limiteur et en fixant le seuil (threshold) le plus haut possible. En effet, je souhaite que le compresseur n'agisse que sur les transitoires et bruits de bouche qui émergent. Ainsi les voix paraissent plus équilibrées.

Par la suite j'effectue l'IDS des fichiers. Comme le programme d'analyse IDS conçu permet également de calculer et tracer la différence entre deux courbes, j'effectue cette opération pour chacune des courbes résultant des mesures en adoptant comme référence la courbe IDS associée à la bande son originale.

Lorsque la courbe est positive, cela signifie que le son original a plus de poids dans cette bande de fréquences alors que lorsqu'elle est négative, c'est le son enregistré dans le couloir qui a le plus de poids.

Préalablement j'étudie la courbe obtenue pour la bande son originale, afin de connaître ses caractéristiques et d'interpréter plus facilement les courbes comparatives. La figure suivante (fig. 8) correspond à l'IDS de la bande son originale :

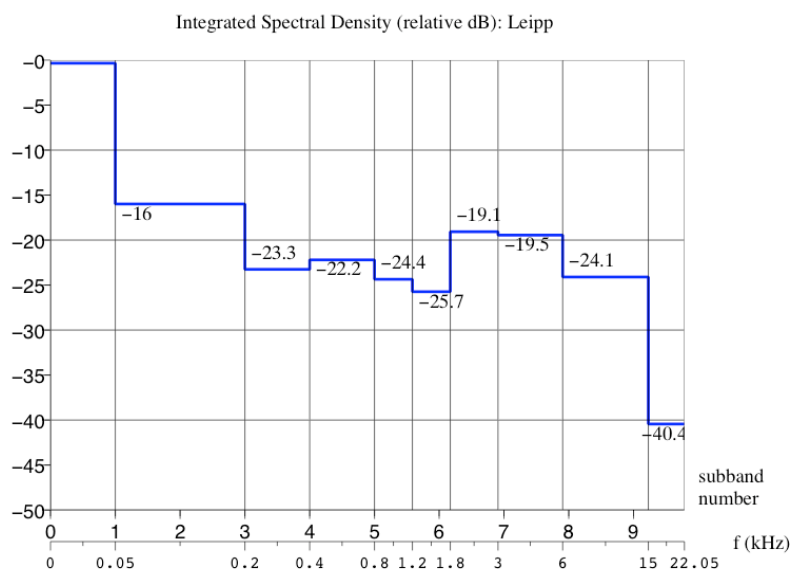


fig. 8 : IDS de la bande son originale.

Cette première courbe permet de constater que la bande son est très chargée dans la sous-bande 0-50 Hz. Cela ne correspond pas à une volonté de ma part, sachant que mon système d'écoute ne descend pas en dessous de 40 Hz. Mais même si je n'ai pas perçu cette forte présence dans les basses fréquences, je l'attribue aux sons du couloir, que j'ai insérés dans la bande son sans filtrer les graves. Il se peut que la soufflerie fonctionnant en permanence dans le couloir et intégrée à la bande son présente une forte densité dans les basses fréquences. D'autre part j'ai diffusé la bande son avec ce même système d'écoute, qui donc ne diffusait probablement qu'une faible partie de ces basses fréquences. Enfin lorsque j'ai effectué mes mesures, la soufflerie fonctionnait et pouvait également être enregistrée.

J'en déduis qu'il faut par la suite tenir compte de ces aspects. Je décide donc d'écarter cette sous-bande pour l'étude des courbes comparatives, puisque je ne suis pas sûre que cette sous-bande puisse nous fournir une information utilisable concernant les caractéristiques acoustiques du couloir.

De même je décide d'écartier la bande 15-20 kHz, puisqu'en effet, le système de diffusion utilisé n'est pas performant pour les fréquences supérieures à 16 kHz et les mesures ne caractérisent donc pas complètement l'acoustique du couloir.

J'analyse donc les courbes pour les bandes 2 à 9 correspondant à des fréquences comprises entre 50 Hz et 15 kHz (figures 9 à 17).

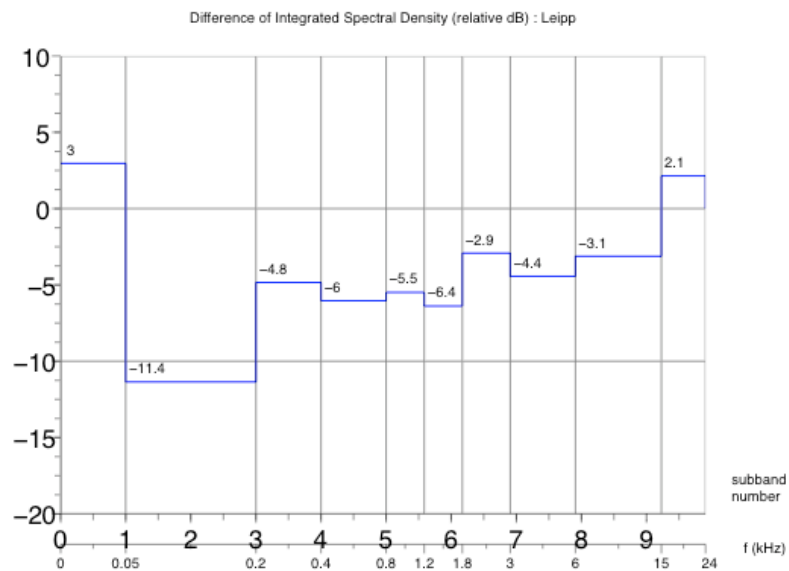


fig. 9 : Courbe de la différence d'IDS entre la bande son originale et de la bande son enregistrée en position microphonique 1 (0 m).

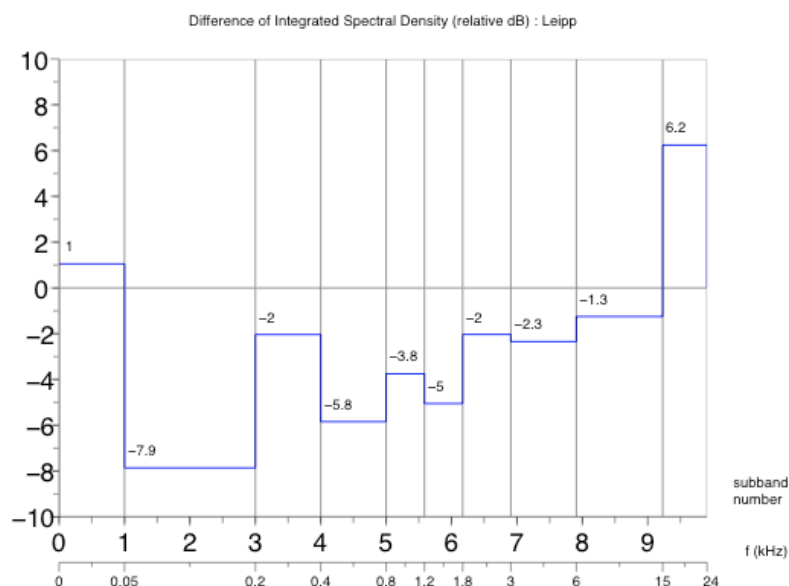


fig. 10 : Courbe de la différence d'IDS entre la bande son originale et de la bande son enregistrée en position microphonique 2 (4,5 m).

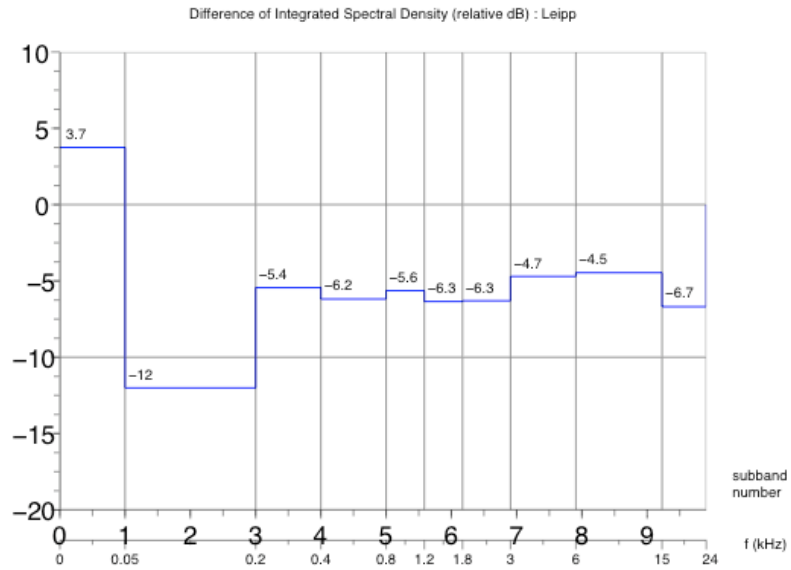


fig. 11 : Courbe de la différence d'IDS entre la bande son originale et de la bande son enregistrée en position microphonique 3 (9 m).

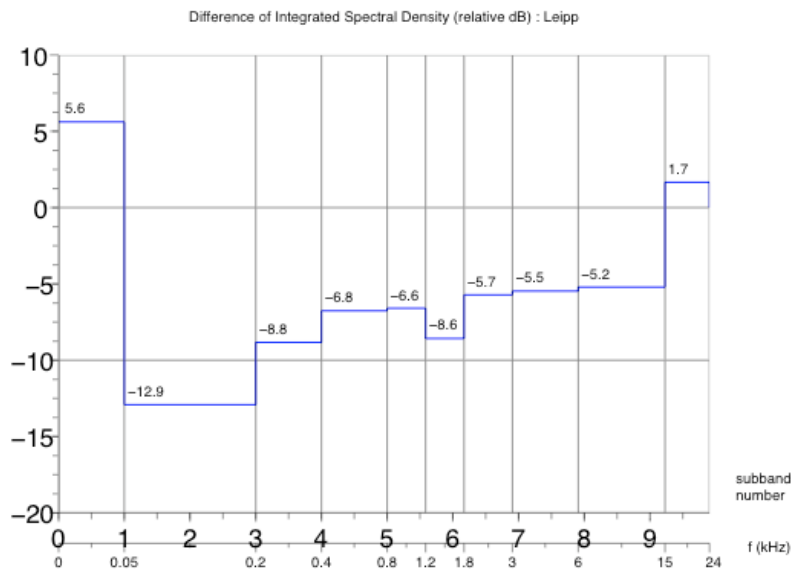


fig. 12 : Courbe de la différence d'IDS entre la bande son originale et de la bande son enregistrée en position microphonique 4 (13,5 m).

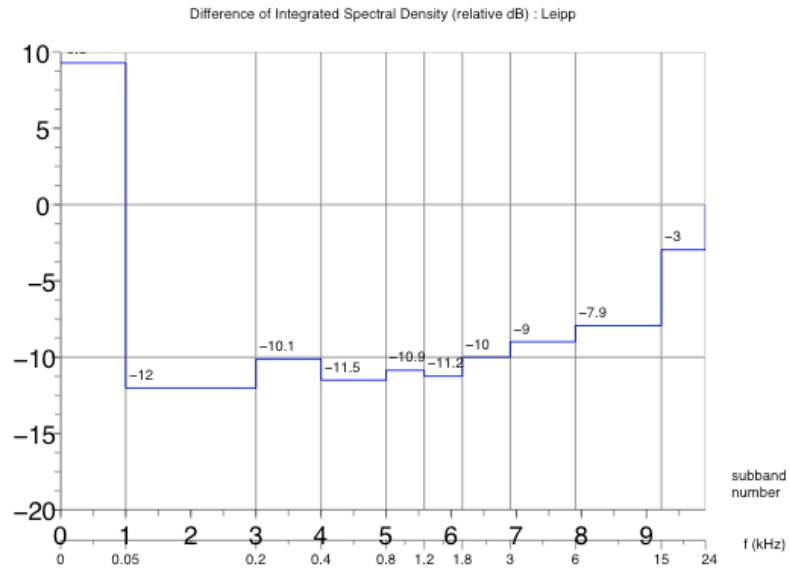


fig. 13 : Courbe de la différence d'IDS entre la bande son originale et de la bande son enregistrée en position microphonique 5 (18 m).

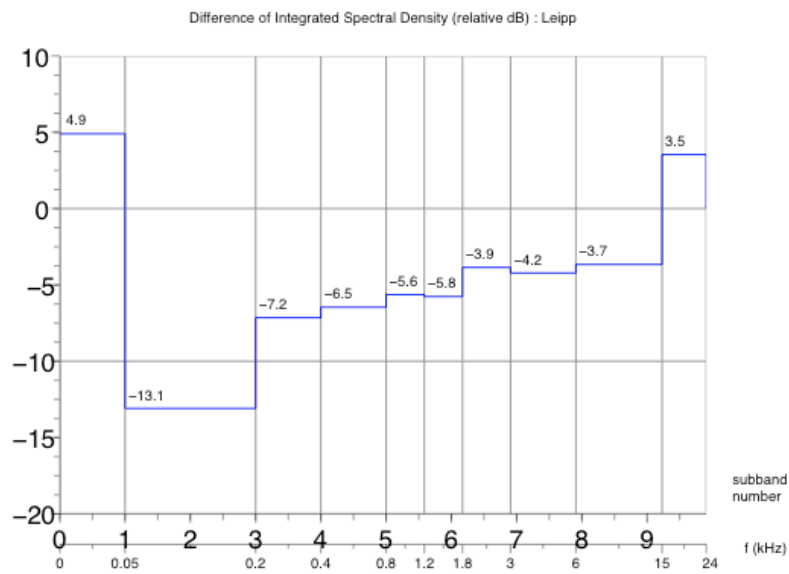


fig. 14 : Courbe de la différence d'IDS entre la bande son originale et de la bande son enregistrée en position microphonique 6 (22,5 m).

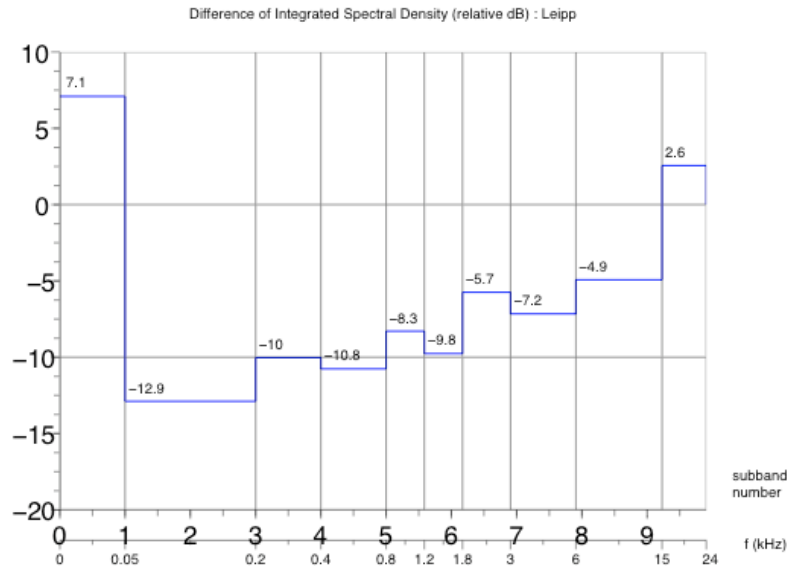


fig. 15 : Courbe de la différence d'IDS entre la bande son originale et de la bande son enregistrée en position microphonique 7 (27 m).

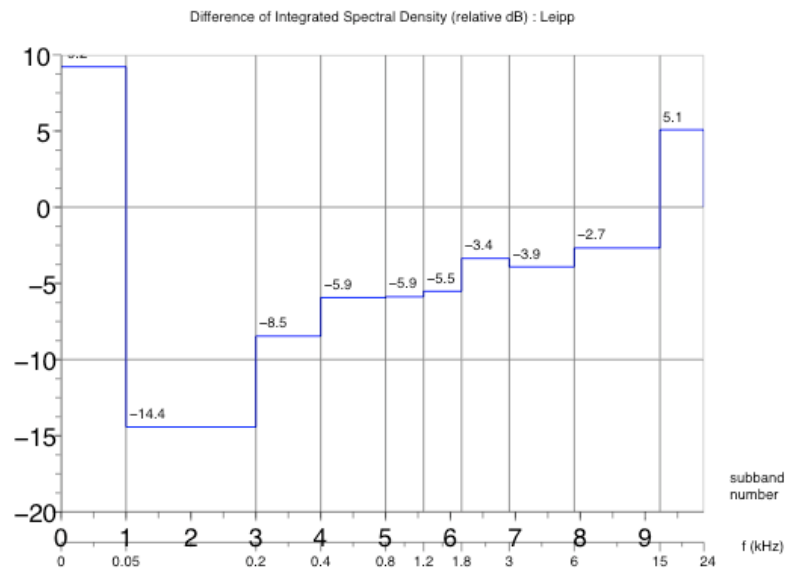


fig. 16 : Courbe de la différence d'IDS entre la bande son originale et de la bande son enregistrée en position microphonique 8 (31,5 m).

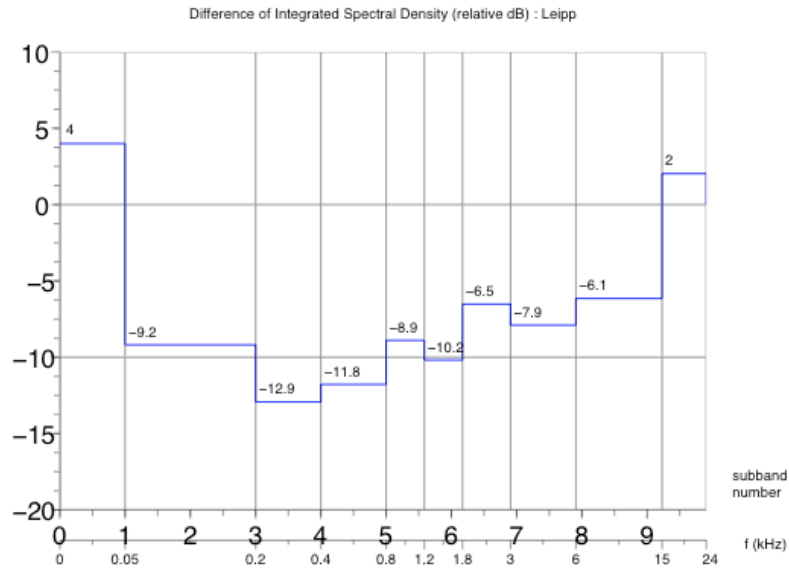


fig. 17 : Courbe de la différence d'IDS entre la bande son originale et de la bande son enregistrée en position microphonique 9 (35 m).

J'organise mon étude de la manière suivante :

- **1**, en effectuant une observation générale concernant l'allure des courbes différentielles : j'observe que pour la plupart des courbes, la bande 2 (50 à 200 Hz) subit une forte atténuation à la diffusion ; d'autre part, je constate que les autres bandes sont assez regroupées en terme de niveau ;
- **2**, en effectuant l'analyse individuelle de chaque courbe et en réalisant quelques petits calculs :
  - **a**, je calcule l'amplitude de l'écart entre le niveau le plus faible et le niveau le plus fort ; cette amplitude, souvent supérieure à 6 dB donc audible, me permet de constater que l'équilibre spectral n'est pas le même à la diffusion que sur la bande originale ;
  - **b**, au vu de l'observation effectuée en 1, je recalcule l'amplitude de l'écart entre le niveau le plus faible et le niveau le plus fort, cette fois sans tenir compte de la bande 2 ; cette amplitude est souvent inférieure à 6 dB, l'équilibre spectral dans les bandes 3 à 9 semble mieux respecter la bande son originale ;
  - **c**, j'évalue l'atténuation de la bande 2 par rapport aux autres bandes, en effectuant la différence entre le niveau de la bande 2 et la moyenne des

niveaux pour les bandes 3 à 9 ; cette atténuation est souvent supérieure à 6 dB.

Le tableau suivant (figure 18) récapitule les calculs effectués en **2a**, **2b**, **2c** :

	Position du microphone dans le couloir								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Amp. G (dB)</b>	8,3	6,6	7,5	7,7	<i>4,1</i>	9,4	8	11,7	6,8
<b>Amp. sans B2 (dB)</b>	3,3	4,5	1,8	3,6	3,6	3,5	5,1	5,8	6,8
<b>Moyenne (dB)</b>	-4,7	-3,2	-5,6	-6,7	-10,1	-5,3	-8,1	-5,9	-9,2
<b>Att. de B2 (dB)</b>	-6,7	-4,5	-6,4	-6,2	<i>-1,9</i>	-7,8	-4,8	-9,3	0

fig. 18 : Tableau récapitulatif des calculs effectués pour l'analyse des résultats des mesures acoustiques réalisées à partir de la bande son pour l'installation.

Légende :

**Amp. G** : amplitude générale, correspondant à l'écart entre le niveau le plus bas et le niveau le plus haut dans les bandes 2 à 9 ;

**Amp. sans B2** : amplitude sans la bande 2, correspondant à l'écart entre le niveau le plus bas et le niveau le plus haut dans les bandes 3 à 9 ;

**Moyenne** : moyenne des niveaux différentiels pour les bandes 3 à 9 ;

**Att. de B2** : atténuation de la bande 2 par rapport à la moyenne des bandes 3 à 9.

En italique apparaissent les valeurs inférieures à 6 dB pour les première et dernière lignes, supérieures à 6 dB pour la deuxième ligne.

Tout d'abord on constate qu'en prenant en compte la bande 2, l'amplitude générale entre bandes de fréquence est souvent supérieure à 6 dB (sauf valeur en italique correspondant à la bande 5). En supprimant le niveau de la bande 2 pour calculer l'amplitude, cette valeur passe en dessous de 6 dB (sauf valeur en italique correspondant à la bande 9). L'atténuation



calculée pour cette bande est d'ailleurs souvent supérieure à 6 dB, donc audible (sauf valeurs en italique).

On s'aperçoit que des modifications spectrales importantes apparaissent dans la bande 2, c'est-à-dire entre 50 et 200 Hz. En effet, on constate dans le tableau que cette bande subit une atténuation assez importante par rapport à la bande son originale.

Il est également intéressant de constater une certaine cohérence entre les mesures effectuées à partir d'un sweep linéaire et celles effectuées à partir de la bande son : en effet, même si le découpage fréquentiel n'est pas du tout la même qu'avec l'IDS, si l'on revient sur la figure 7 récapitulant les fréquences atténuées et émergentes apparaissant sur les courbes calculées par WinMLS, on remarque que les fréquences atténuées sont la plupart du temps situées entre 50 et 200 Hz.

Paradoxalement, ces mesures mettaient également en évidence des fréquences émergentes dans cette même bande de fréquence. Il existe une explication logique à ces perturbations dans les basses fréquences : ces « pics » correspondent aux modes propres du couloir, plus facilement détectables dans les basses fréquences. Mais de tels résultats ne me permettaient pas de tirer de véritables conclusions.

En effet, dans le cadre d'une étude destinée à réaliser un traitement acoustique actif avec un matériel limité, la précision des premières mesures semblait inadaptée. Une vision plus globale du point de vue fréquentiel, rendue possible par les calculs d'IDS, m'a permis de détecter des caractéristiques plus flagrantes et plus intéressantes pour déterminer le traitement acoustique potentiel le plus pertinent et, vraisemblablement, le moins coûteux en terme de puissance de calcul.

#### **4.2.3.3. *Traitement acoustique***

L'étude précédente m'a permis de mettre en évidence des caractéristiques acoustiques du couloir. Reste à déterminer si un traitement acoustique peut s'avérer vraiment intéressant, en tenant compte du contenu de la nature des sons que je souhaite diffuser.

Au vu des résultats obtenus lors des mesures effectuées à partir de la bande son de l'installation, il est apparu que les basses fréquences subissent une atténuation assez importante. Il se trouve que le contenu significatif, important, ne se trouve pas dans ces

fréquences-là. D'autre part, le couloir possède un fond sonore naturel dans les basses fréquences (soufflerie dans le couloir et fond sonore des machines dans les laboratoires desservis). Il ne semble donc pas utile de renforcer le sons diffusés dans cette bande de fréquences.

En conclusion, il apparaît que le couloir présente des caractéristiques acoustiques non gênantes par rapport à la diffusion de la bande son composée, et que, dans le cadre de mon installation sonore, un traitement acoustique n'est pas nécessaire.

### ***4.3. Résultats attendus***

L'installation ne pouvant être réalisée qu'après le rendu de ce travail, je définis ici les résultats attendus, résultats que je comparerai à ceux obtenus lors de la mise en œuvre.

La préparation en amont de l'aménagement m'a donc permis d'établir une liste de points pour lesquels je souhaite que l'installation fonctionne :

- fonctionnement du patch conçu sur PureData, c'est-à-dire :
  - extraction des informations délivrées par les barrières infrarouges,
  - traitement de ces informations,
  - déclenchement des séquences sonores ;
- fonctionnement du système de diffusion dans son environnement acoustique, à savoir :
  - bonne intelligibilité des séquences parlées,
  - bonne intégration générale de la bande son dans son environnement acoustique,
  - diffusion homogène du son sur toute la longueur du couloir (pas de « trou » entre deux haut-parleurs) ;
- bonne gestion de l'interactivité : gestion de l'interactivité individuelle, avec une prise de conscience de l'aspect interactif par le « spectateur-acteur ».

Au-delà de ces résultats attendus restent plusieurs points que j'espère résoudre d'ici la mise en œuvre de l'installation :

- il s'agit d'abord de la gestion de l'interactivité collective, pour laquelle il apparaît intéressant de faire prendre conscience au « spectateur-acteur » qu'entouré de

personnes, il ne peut plus agir seul sur le système mais qu'en s'associant aux autres, il reprend le « pouvoir » de le faire évoluer ;

- d'autre part il s'agit de la spatialisation pour laquelle j'espère pouvoir développer toutes les stratégies énumérées en 4.2.2.2 :
  - suivi d'une personne seule ;
  - diffusion du son en partant de la position de haut-parleur la plus éloignée d'une personne seule ;
  - suivi d'un groupe (du groupe « majoritaire ») ;
  - diffusion du son à partir du haut-parleur le plus éloigné d'un groupe.

Même si quelques problèmes restent en suspens ou sont en cours d'étude, les idées développées peuvent vraisemblablement être reprises et réétudiées dans le cadre de cette installation, ou d'un tout autre projet d'aménagement sonore.

## Conclusion

*« La plupart des sons que j'entends sont rattachés à des choses. Lorsque les choses sont cachées, les sons me permettent de les découvrir. J'écoute les sons à travers la forêt, au tournant du chemin, de l'autre côté de la colline. »*

R. Murray Schafer

Même si l'aménagement sonore d'un lieu public est une problématique d'actualité, il s'avère que pour la majorité des citoyens, elle est encore obscure et véhicule avec elle certains préjugés.

Il apparaît cependant que l'aménagement sonore est le meilleur moyen de sensibiliser le citoyen à son environnement acoustique. En lui proposant un parcours sonore dans le cadre d'une installation, il est directement sollicité et peut avoir sa propre approche.

Détachés de leur causalité, les sons surprennent et amènent le citoyen à une écoute attentive.

Au-delà de la simple attitude d'écoute, le caractère interactif de certaines installations introduit une nouvelle dimension. Cet aspect fondamental permet au spectateur de devenir acteur : selon le degré d'interactivité, il lui est possible de manipuler plus ou moins les éléments sonores qui l'entourent et de prendre conscience de cet environnement sonore.

C'est dans cette optique que j'ai voulu me placer pour mon mémoire. En basant mon étude sur un lieu de passage, j'ai cherché à révéler son identité sonore à ses usagers et à leur faire vivre une expérience auditive. L'étude sociologique du lieu, la prise de son dans l'environnement même, la composition d'une bande son et le travail sur l'interactivité ont constitué les différentes étapes de la préparation de l'installation sonore prévue dans le « couloir bleu » de l'ENS Louis-Lumière.

Même si ce mémoire ne rend pas compte de l'aboutissement de mon travail, il apparaît que la mise en œuvre de l'installation n'est que le maillon final de la chaîne, que les étapes qui la précèdent sont essentielles pour son bon fonctionnement, et que c'est grâce aux concepts développés et appliqués en amont qu'elle prend tout son sens.

## Références bibliographiques

[1] Murray Schafer, *Le paysage sonore*, Edition JC Lattès, 1979

[2] Grégoire Chelkoff, Jean-Paul Thibaud, *L'espace public, modes sensibles*, extrait de la recherche *Les mises en vue de l'espace public* pour le Cresson, Plan Urbain, Grenoble, 1992

[3] Isaac Joseph, *L'espace public comme lieu de l'action*, extrait des *Annales de la Recherche Urbaine*, 1993

[4] « Digital performance », second exemplaire de la revue *Anomalie digital-arts* sous la direction d'Emanuele Quinz, 2000

[5] Jean-Yves Bosseur, *Le sonore et le visuel*, Edition Dis Voir, 1992

[6] Giovanni Joppolo, *L'Arte Povera*, Fall Edition, 1996

[7] Michel Chion, *Le promeneur écoutant, essai d'acoulogie*, Plume Editions, 1993

[8] Elsa Justel, *Les structures formelles dans la musique de production électronique*, Presses universitaires du Septentrion, 2000

Paul Virilio, *L'espace critique*, Edition Christian Bourgeois, 1984

Olivier Lussac, *Happening et fluxus, polyexpressivité et pratique concrète des arts*, Edition L'Harmattan, 2004

Michel Chion, *Musiques, médias et technologies*, Edition Flammarion, 1994

# **Annexes**

## *Annexe 1*

### **Adresses Internet des sites de festivals présentant des installations sonores**

**Printemps électroacoustique de Montréal** : il n'existe pas de site officiel, ce festival n'existant plus. On peut néanmoins recueillir des informations à l'adresse suivante :

<http://interact.uoregon.edu/MediaLit/wfae/readings/artenviron.html>

**City Sonics (Mons, Belgique)** : <http://www.citysonics.be>

**Résonances (Paris)** : <http://agora2006.ircam.fr>

**Nuit blanche (Paris)** : [http://streaming.paris.fr/nuit\\_blanche\\_2005/html/index2.htm](http://streaming.paris.fr/nuit_blanche_2005/html/index2.htm)

**Musiques en scène (Lyon)** : <http://www.grame.fr/festival/MES2006/index.html>

**Biennale Européenne d'Art Contemporain (Nîmes)** : <http://lemanif.org>

## *Annexe 2*

### **Matériel et câblage de l'installation sonore**

#### **Références du matériel utilisé :**

- 8 barrières infrarouges ;
- 2 interfaces Wharol ;
- 1 ordinateur Powerbook G4 1.1 GHz ;
- 1 carte son RME FIREFACE ;
- 1 console YAMAHA 01V96 ;
- 2 caissons de basse AMADEUS MINITRI ;
- 2 amplis stéréo ;
- 8 haut-parleurs AMADEUS MPB80.

La connexion des différents matériels pour l'installation nécessite un câblage spécifique, détaillé sur les pages suivantes par une liste des câbles et un plan de câblage, en figures 19 et 20.

Câble		Longueur sans majoration	Longueur avec majoration (3 m) et arrondi
SPEAKON	1	9,5 m	12,5 m
	2	14,5 m	17,5 m
	3	13,2 m	16 m
	4	9,9 m	13 m
	5	13,6 m	16,5 m
	6	14,4 m	17,5 m
	7	10,9 m	14 m
	8	6,9 m	10 m
Analogique mini-jack	1	12,6 m	15,5 m
	2	8,4 m	11,5 m
	3	6,2 m	9 m
	4	13,1 m	16 m
	5	12,4 m	15,5 m
	6	8,4 m	11,5 m
	7	7,8 m	11 m
	8	11,8 m	15 m
XLR	1	29,6 m	32,5 m
	2	29,6 m	32,5 m
	3	3 m	3 m
	4	3 m	3 m
	5	3 m	3 m
	6	3 m	3 m
	7	22,5 m	25,5 m
	8	22,5 m	25,5 m
	9	29,6 m	32,5 m
	10	22,5 m	25,5 m
Ethernet	1	18,6 m	21,5 m
	2	10,5 m	13,5 m

fig. 19 : Liste des câbles nécessaires pour l'installation sonore du « couloir bleu ».



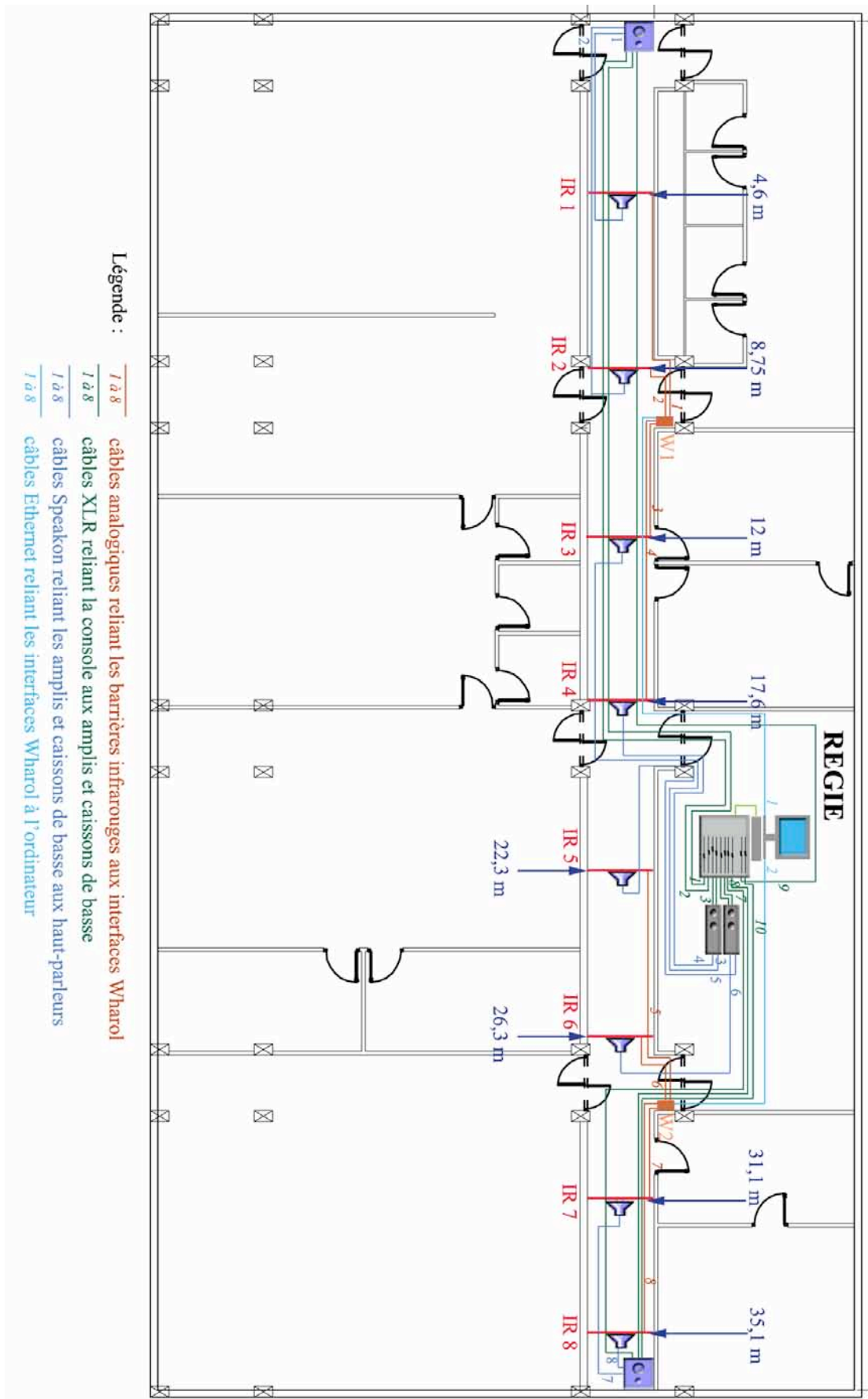


fig. 20 : Plan de câblage de l'installation sonore dans le « couloir bleu ».

## Annexe 3

### Présentation de PureData

PureData est un logiciel permettant d'établir des patchs pour l'analyse audio, la synthèse et le processing en temps réel.

#### Présentation générale

Lorsque l'on ouvre le logiciel, la fenêtre principale, appelée « Pd », s'ouvre. Elle permet d'activer et de désactiver l'audio, c'est-à-dire de déconnecter PureData du système d'écoute utilisé. Il est également possible de visualiser les peaks. Dans le bas de la fenêtre, apparaissent des messages délivrés par PureData, par exemple des erreurs ou les sauvegardes effectuées. La figure suivante (fig. 21) donne un exemple de cette fenêtre ouverte sur un projet quelconque :



fig. 21 : Fenêtre principale d'un projet PureData.

L'élaboration d'un patch se fait dans une fenêtre indépendante, ouverte en cliquant sur « New » dans le menu « File » : elle porte le nom qu'on lui donne.

Précisons d'abord qu'il existe deux modes de fonctionnement dans la fenêtre de patch :

- le mode Edit, dédié à la construction du patch, permet d'ajouter, retirer, déplacer, relier des boîtes ;
- le mode Utilisation est dédié comme son nom l'indique à l'utilisation du patch.

On passe indifféremment d'un mode à l'autre par le raccourci « pomme » E (sous système d'exploitation Macintosh, équivalent à ctrl E sous le système d'exploitation Windows).

Afin de comprendre au mieux le principe de fonctionnement d'un patch, je vais décrire par la suite les principales « boîtes » proposées par PureData, et leurs rôles, « boîtes » auxquelles on accède par le menu Put. La figure 22 donne un aperçu de ces différentes « boîtes » ; elles sont numérotées puis, par la suite, décrites dans l'ordre adopté.

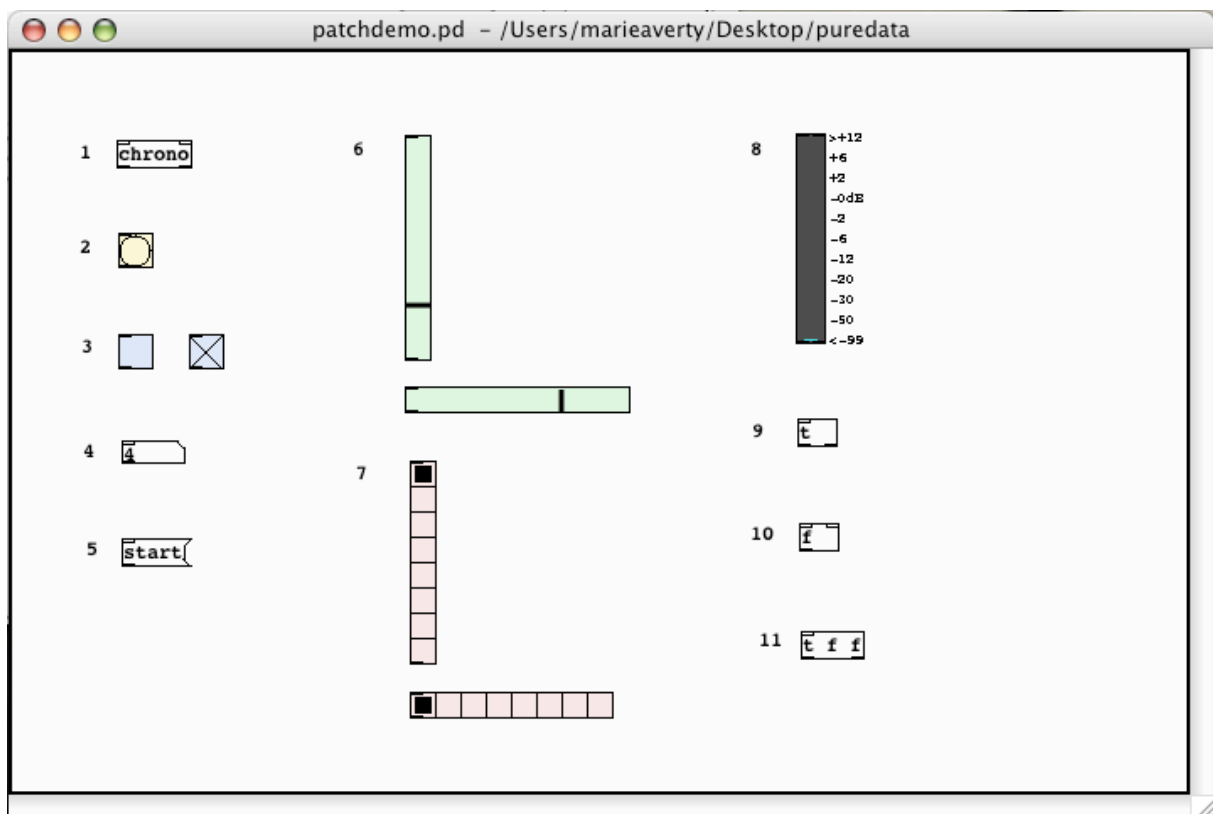


fig. 22 : Quelques outils proposés par PureData.

- 1 : « object » : chaque boîte dans PureData est un objet avec une ou plusieurs entrées et une ou plusieurs sorties ; « object » permet de construire de nouvelles boîtes ou d'accéder à des boîtes préexistantes mais non proposées dans le menu Put ; une nouvelle boîte construite par l'utilisateur fait en réalité appel à un patch déjà construit

et enregistré comme « abstraction » ; « chrono » est un exemple d'objet construit par l'utilisateur possédant deux entrées et deux sorties ; il fait référence au patch de l'abstraction « chrono » ;

- 2 : « bang » : possédant une entrée et une sortie, il permet de lancer une impulsion, un signal de départ en quelque sorte, soit en l'activant soi-même, soit par l'intermédiaire d'un objet relié à son entrée ;
- 3 : « toogle » : possédant une entrée et une sortie, cet objet est équivalent à un interrupteur ; il connaît deux états : 0 quand il est vide, 1 quand il est rempli d'une croix ; il s'active de la même manière que le « bang » ;
- 4 : « number » : il est constitué d'une entrée et d'une sortie ; lorsqu'un objet quelconque a sa sortie reliée à l'entrée d'un « number », il permet la visualisation de la valeur numérique sortant de cet objet ; lorsque sa sortie est reliée à l'entrée d'un objet, il permet d'envoyer une valeur numérique que l'on peut rentrer à partir du clavier ou de la souris ;
- 5 : « message » : il peut contenir un ou plusieurs message(s) ; dès que le message est reçu, il est envoyé vers sa destination ;
- 6 : « H et Vslider » : ce sont des faders horizontal et vertical ; comme l'objet « number », possédant une entrée et une sortie, ils permettent une simple visualisation ou d'envoyer des valeurs en déplaçant le fader ;
- 7 : « H et Vradio » : composées d'un nombre de cases que l'on peut définir, correspondant chacune à une valeur numérique (ici 0 à 7), ces boîtes permettent une visualisation et un contrôle de valeurs « fixes » (à la différence des faders) ;
- 8 : « VU » : il s'agit d'un Vu-mètre à deux entrées ; il permet la visualisation d'un niveau en dB.

Les objets qui suivent, également souvent utilisés, ne sont pas accessibles directement par le menu Put. Il faut faire appel à un objet et rentrer les initiales de l'objet que l'on souhaite ajouter au patch :

- 9 : « trigger » : cet objet possède une entrée et deux sorties ; il sort ce qu'il reçoit en entrée de la droite vers la gauche ; il est souvent combiné à une autre fonction ;
- 10 : « float » : cet objet possède deux entrées et une sortie ; en haut à gauche l'entrée chaude, en haut à droite l'entrée froide ; dans l'entrée froide est stockée une information ; dès que l'entrée gauche est sollicitée, l'information stockée est envoyée vers la sortie ;
- 11 : « trigger float float » : possédant une entrée et deux sorties, cet objet permet d'envoyer simultanément une information vers deux sorties.

Il existe évidemment quantité d'autres objets fournis par PureData, mais ceux décrits ci-dessus sont les plus utilisés et permettent déjà la conception de patchs relativement complexes.

Une dernière précision concerne la notion d'entrées « chaude » et « froide ». Par convention, pour la plupart des objets, comportant au moins deux entrées, l'entrée la plus à gauche correspond à l'entrée « chaude », l'entrée qui déclenchera le fonctionnement de l'objet dès qu'elle subira un changement ou qu'un bang lui sera appliqué. Par contre, les autres entrées, les entrées « froides », ne déclenchent pas le fonctionnement de l'objet, qu'elles reçoivent un bang ou que leur valeur soit modifiée. Pour forcer un objet à tenir compte des modifications d'une entrée froide, il faut insérer un objet « trigger » (ou « t » selon son raccourci) rassemblant deux informations, dans l'ordre suivant : un bang (noté « b ») et une information sur la nature de l'information communiquée à l'entrée « froide », par exemple « float » (noté « f »). L'objet « trigger » se charge alors de mettre d'abord à jour l'entrée « froide » puis d'envoyer un message « bang » à l'entrée « chaude », provoquant le fonctionnement de l'objet. Il est nécessaire de veiller à ne pas oublier d'insérer ce mécanisme de mise à jour des modifications pour chacune des entrées « froides » sous peine de ne pas obtenir le comportement désiré pour l'objet, voire le patch, que l'on a conçu : seules les modifications des entrées « chaudes » seront prises en compte « immédiatement ».

## Étude d'un cas particulier

Je me propose d'étudier un cas simple afin de mieux comprendre la conception d'un patch. La figure 23 ci-dessous est un patch permettant de faire un compteur temporel :

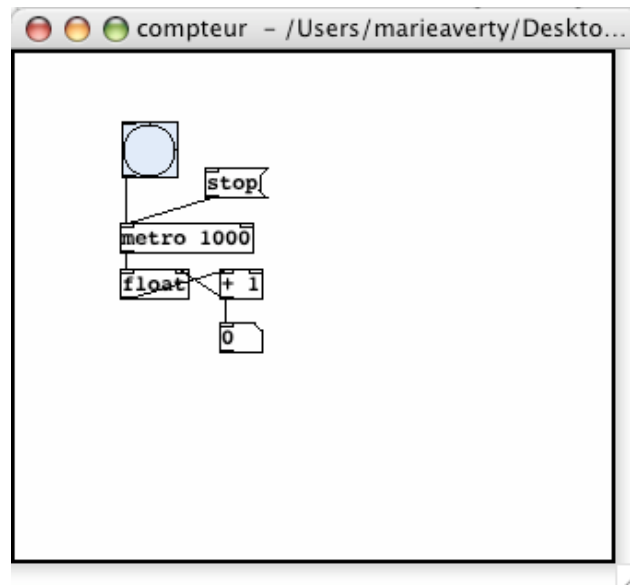


fig. 23 : Exemple de patch : compteur temporel.

L'objet bleu clair est un bang : en cliquant en son centre, on déclenche le compteur. En cliquant sur l'objet « stop », on arrête le compteur.

Ces deux boîtes sont reliées à l'entrée de « metro 1000 », un métronome qui lance des impulsions toutes les 1000 ms, donc toutes les secondes.

Le métronome est relié à l'entrée « chaude » de l'objet « float ». À son entrée froide est reliée la sortie de la boîte « + 1 ». La sortie du « float » est elle-même reliée à l'entrée de « + 1 ». Cela signifie que le « float » stocke l'information donnée par la boîte « + 1 ».

D'autre part, la sortie de la boîte « + 1 » est également reliée à un objet « number » : ce dernier nous permet de visualiser l'incrémement générée toutes les secondes par le compteur.

En résumé, quand le métronome est déclenché, il envoie une impulsion dans l'entrée chaude du « float » qui peut envoyer sa première information stockée (un 0) vers la sortie. Le 0 est envoyé en entrée du « + 1 », il en sort donc un 1 qui d'une part, sort vers l'objet « number », et d'autre part, est à nouveau stocké dans l'entrée froide du « float » jusqu'à ce qu'une

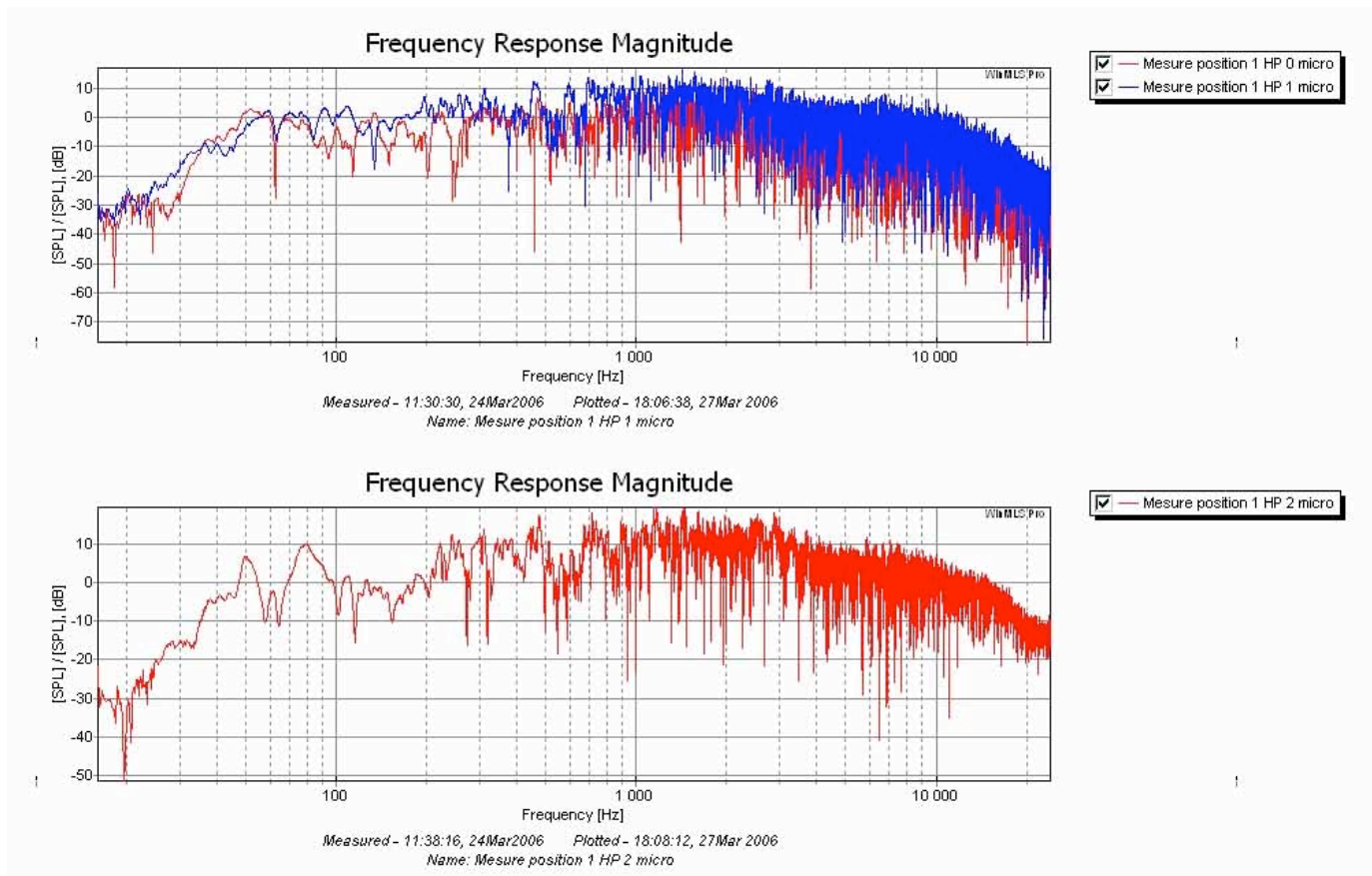
nouvelle impulsion arrive dans l'entrée chaude. Le 1 est renvoyé vers le « + 1 », il en sort un 2 qui est envoyé vers le « float » et le « number ». Et ainsi de suite ... le patch construit est donc une sorte de chronomètre.

## Annexe 4

### Résultats des mesures acoustiques à partir d'un sweep: Réponses en fréquence du « couloir bleu »

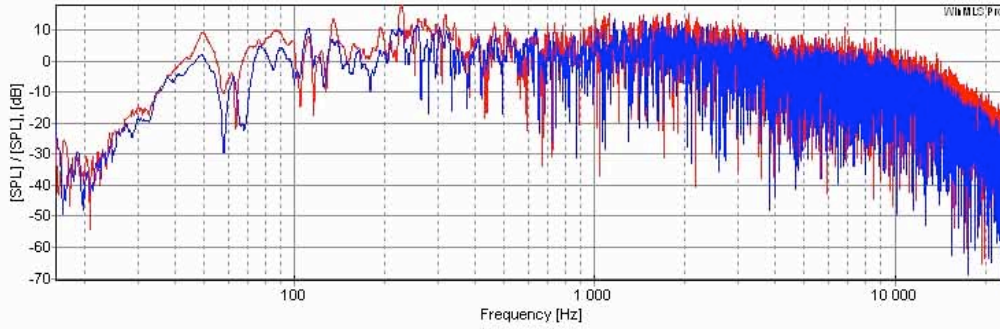
Les graphiques suivants combinent chacun deux courbes correspondant à la réponse en fréquence mesurée pour deux positions de microphones contiguës. Seules les courbes de réponse correspondant à la position où le microphone est situé sous le haut-parleur sont isolées. En effet, ces courbes semblent posséder des aberrations ou du moins divergent des autres courbes, c'est pourquoi j'ai préféré les écarter et ne pas toujours en tenir compte. À la fin de chaque série de mesures, j'ai noté les fréquences accentuées (« pics ») et les fréquences diminuées (« creux »), communes à la majorité de ces mesures.

#### Position de HP 1 (4,6m)





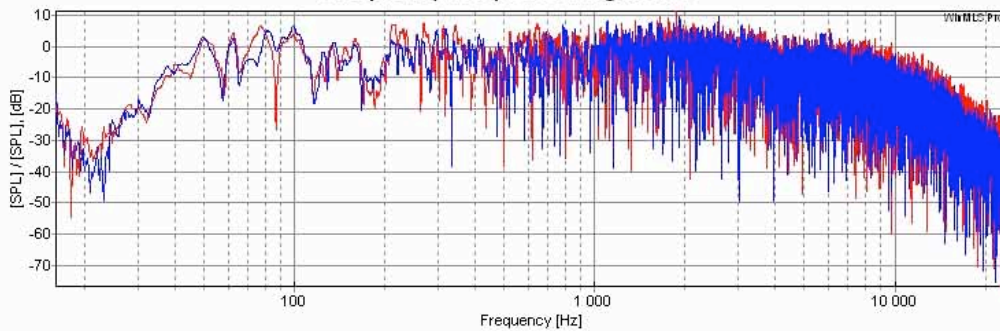
### Frequency Response Magnitude



- Mesure position 1 HP 3 micro
- Mesure position 1 HP 4 micro

Measured - 11:44:39, 24Mar2006 Plotted - 18:08:39, 27Mar 2006  
Name: Mesure position 1 HP 4 micro

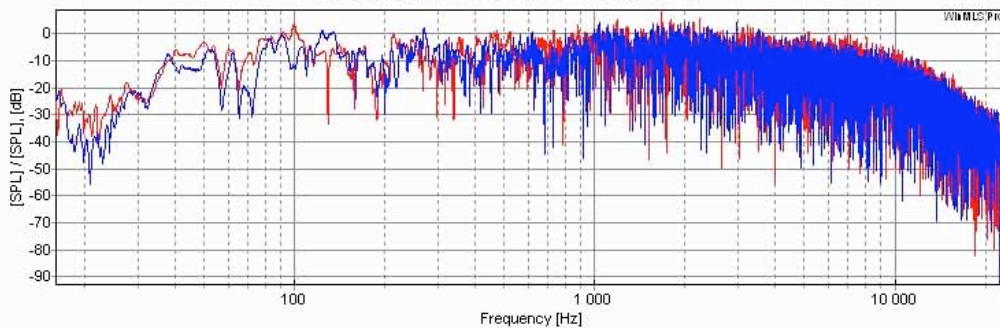
### Frequency Response Magnitude



- Mesure position 1 HP 5 micro
- Mesure position 1 HP 6 micro

Measured - 11:48:59, 24Mar2006 Plotted - 18:09:11, 27Mar 2006  
Name: Mesure position 1 HP 6 micro

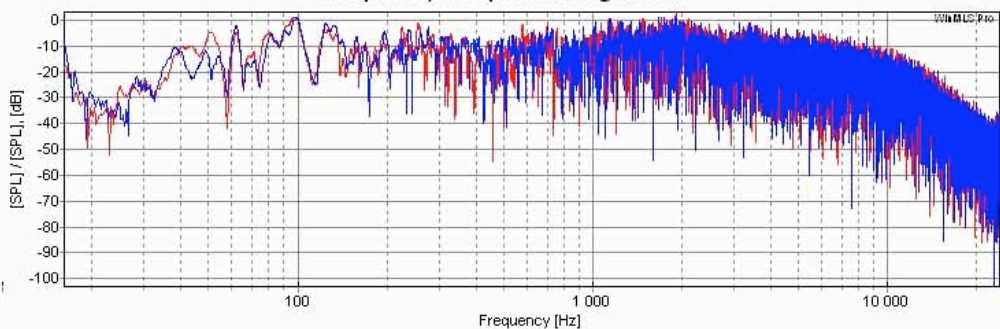
### Frequency Response Magnitude



- Mesure position 1 HP 7 micro
- Mesure position 1 HP 8 micro

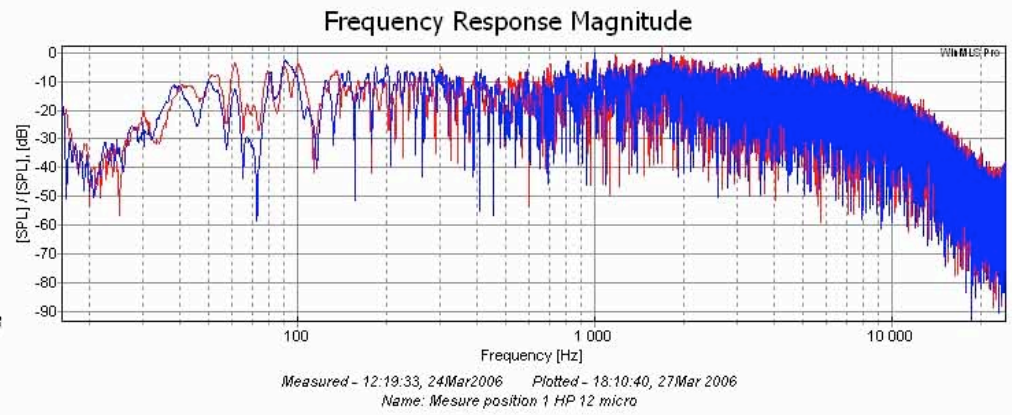
Measured - 11:55:37, 24Mar2006 Plotted - 18:09:40, 27Mar 2006  
Name: Mesure position 1 HP 8 micro

### Frequency Response Magnitude

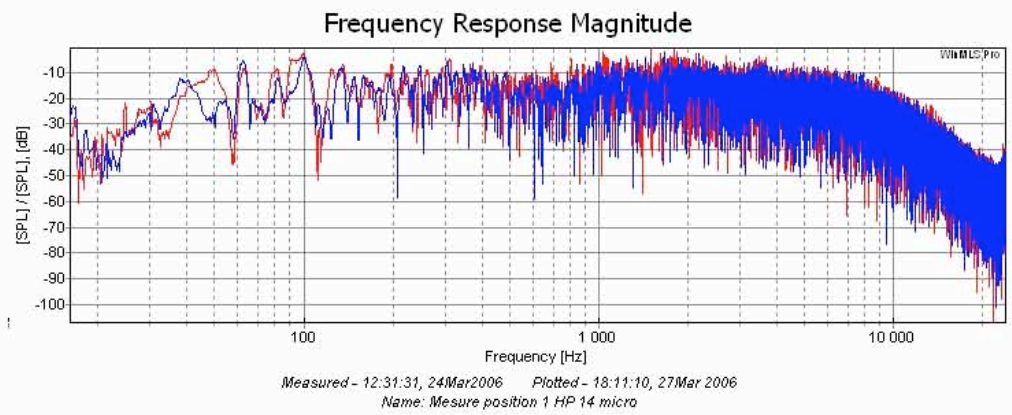


- Mesure position 1 HP 9 micro
- Mesure position 1 HP 10 micro

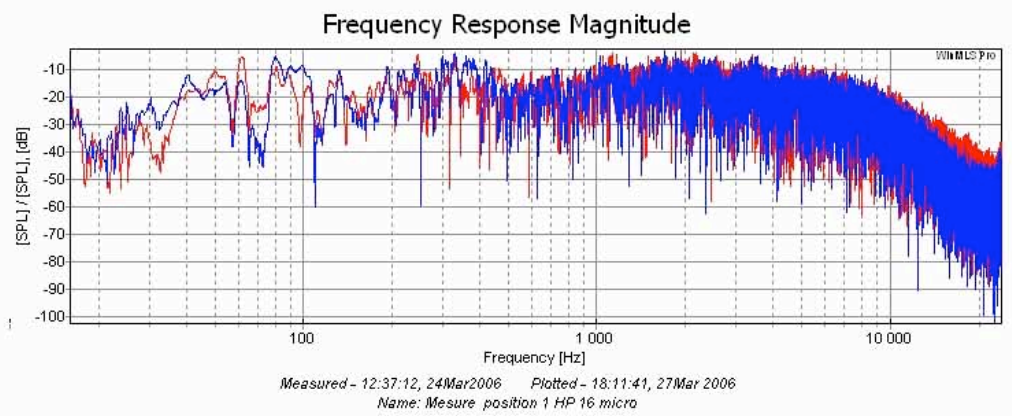
Measured - 12:01:03, 24Mar2006 Plotted - 18:10:11, 27Mar 2006  
Name: Mesure position 1 HP 10 micro



- Mesure position 1 HP 11 micro
- Mesure position 1 HP 12 micro



- Mesure position 1 HP 13 micro
- Mesure position 1 HP 14 micro

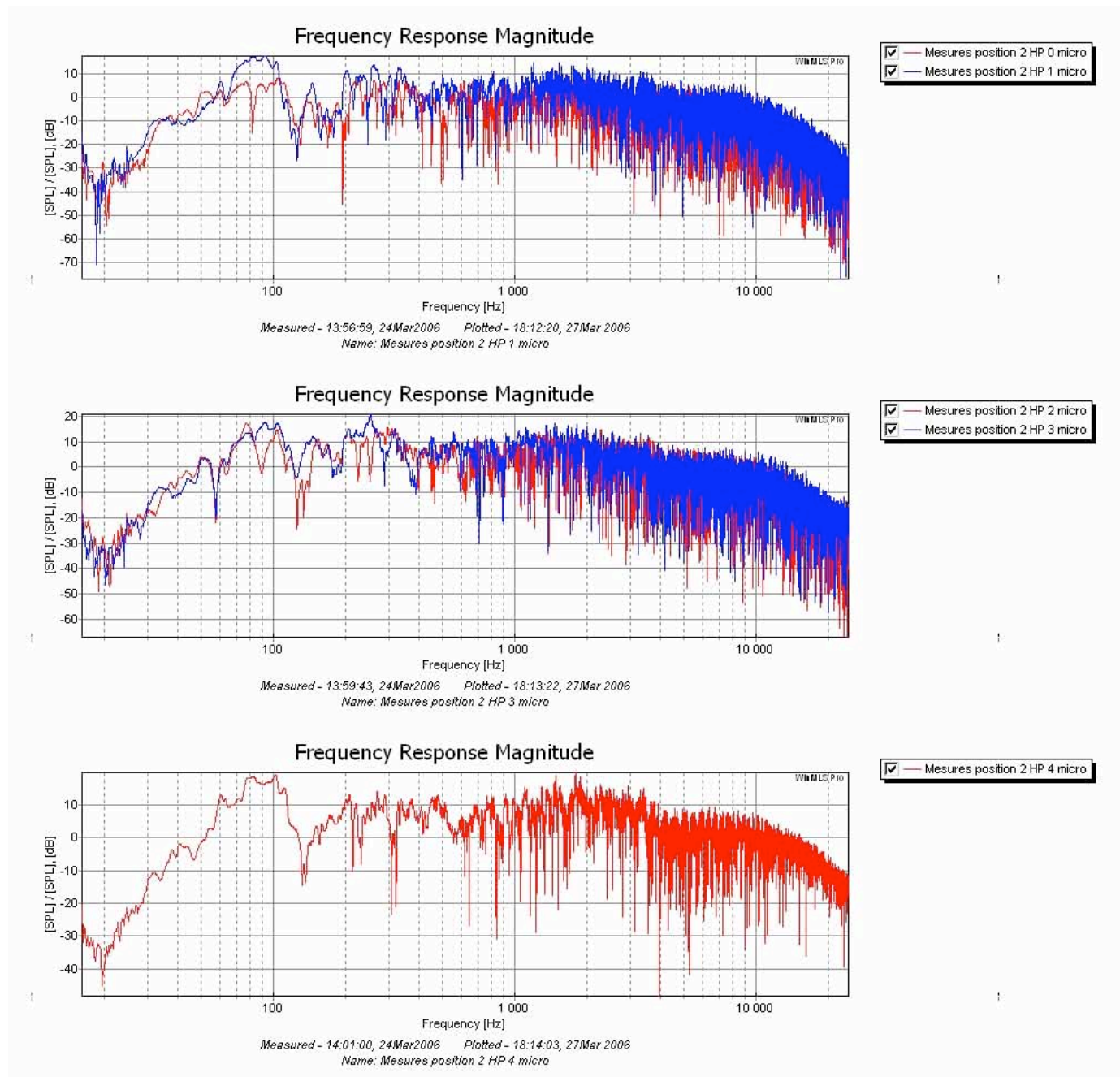


- mesure position 1 HP 15 micro
- Mesure position 1 HP 16 micro

Fréquences atténuées : 60 Hz, 120 Hz

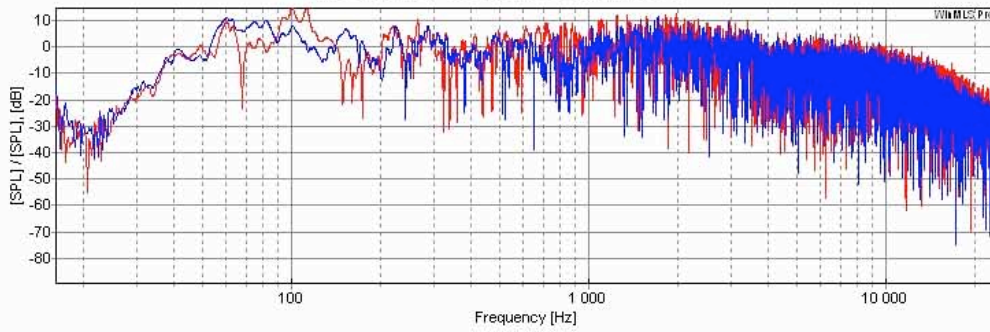
Fréquences émergentes : 50 Hz, 100 Hz

## Position de HP 2 (8,75m)





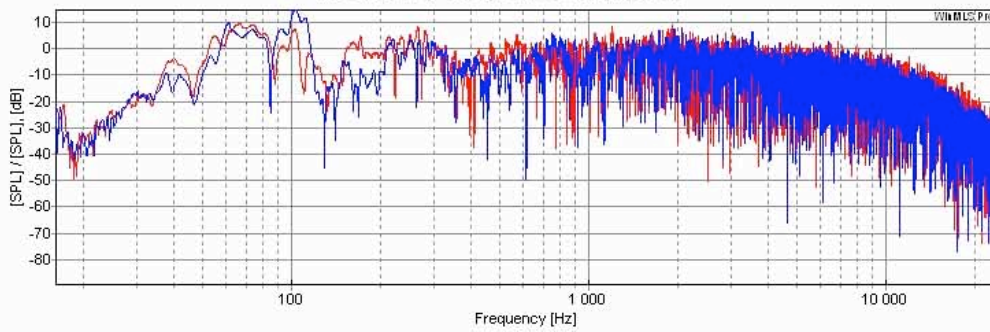
### Frequency Response Magnitude



- Mesures position 2 HP 5 micro
- Mesures position 2 HP 6 micro

Measured - 14:04:23, 24Mar2006 Plotted - 18:14:33, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 2 HP 6 micro

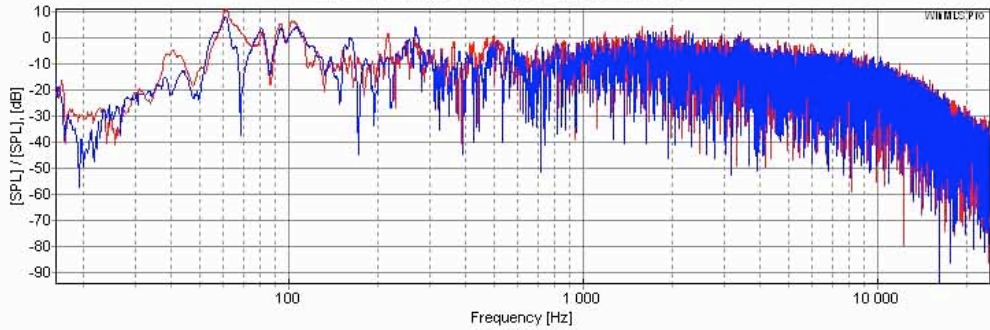
### Frequency Response Magnitude



- Mesures position 2 HP 7 micro
- mesures position 2 HP 8 micro

Measured - 14:09:37, 24Mar2006 Plotted - 18:15:01, 27Mar 2006  
Name: mesures position 2 HP 8 micro

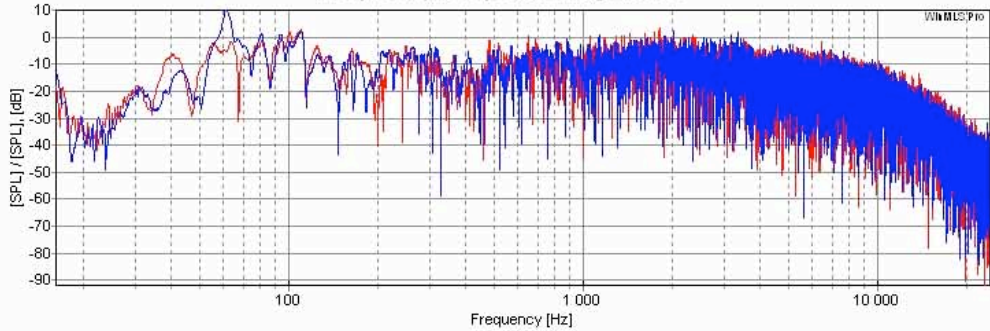
### Frequency Response Magnitude



- Mesures position 2 HP 9 micro
- Mesures position 2 HP 10 micro

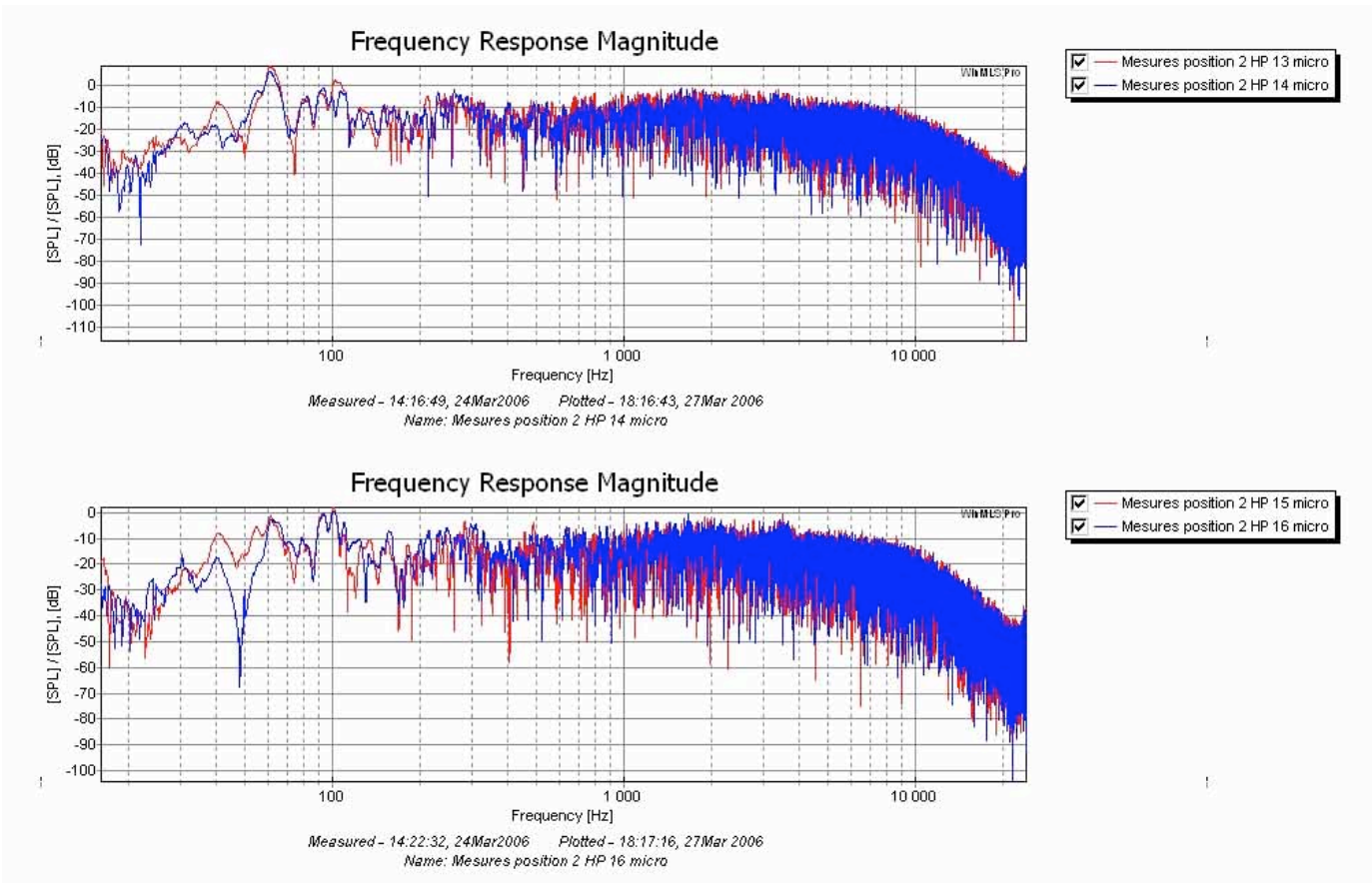
Measured - 14:11:44, 24Mar2006 Plotted - 18:15:43, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 2 HP 10 micro

### Frequency Response Magnitude



- Mesures position 2 HP 11 micro
- Mesures position 2 HP 12 micro

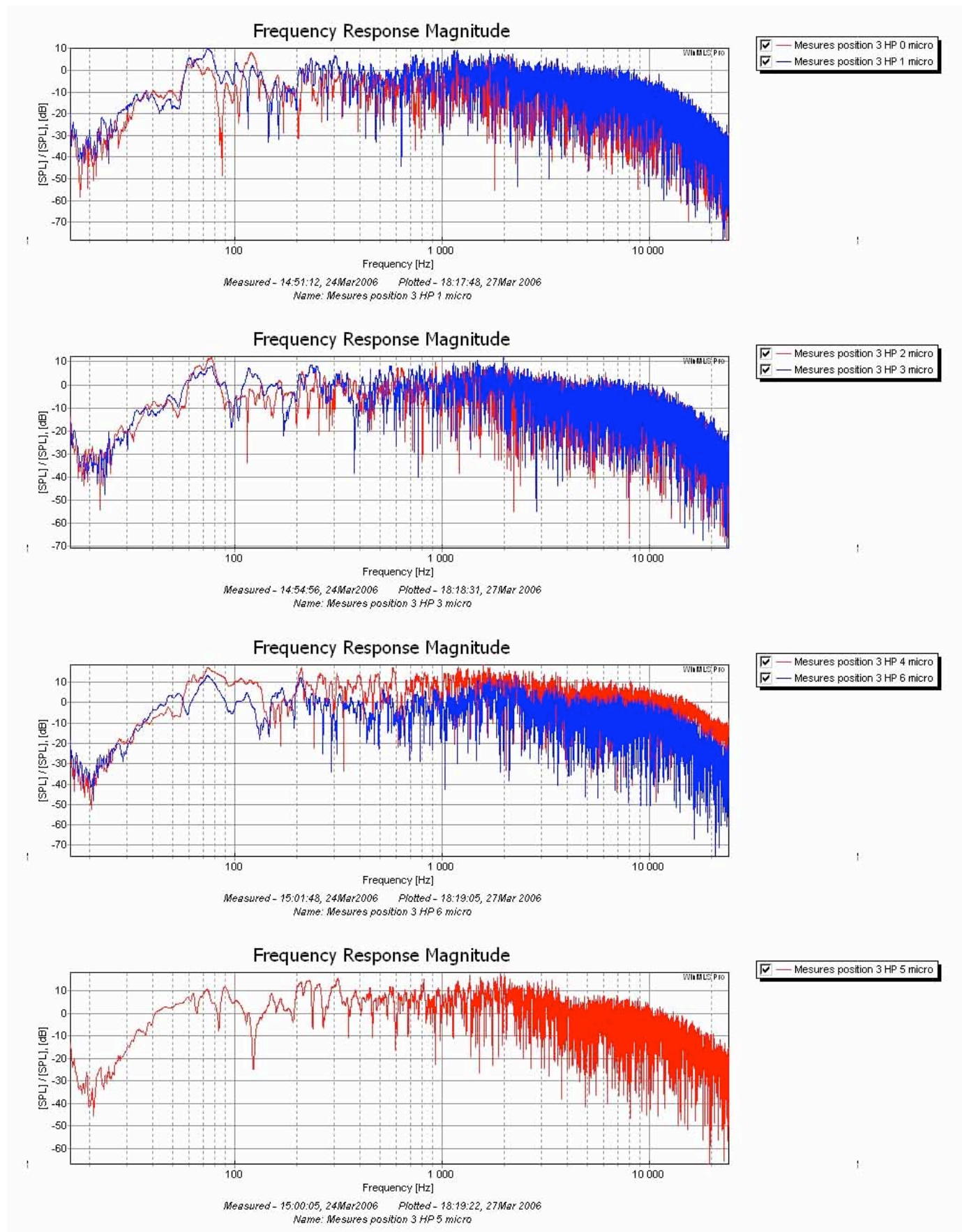
Measured - 14:14:11, 24Mar2006 Plotted - 18:16:12, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 2 HP 12 micro



Fréquences atténuées : dans la bande 130-150 Hz

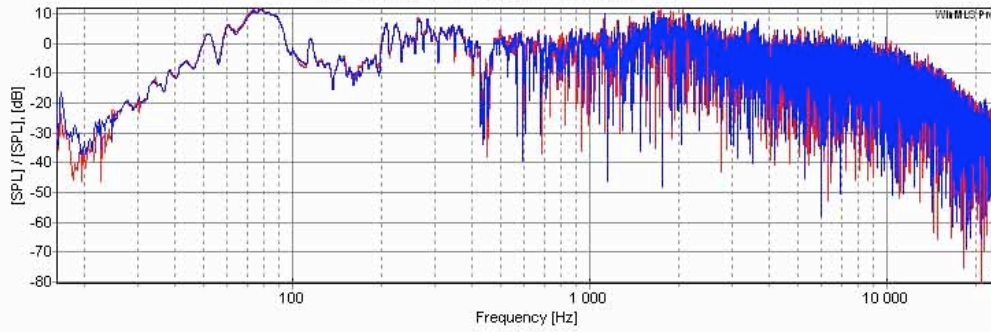
Fréquences émergentes : 50 Hz, dans la bande 70-100 Hz

## Position de HP 3 (12 m)





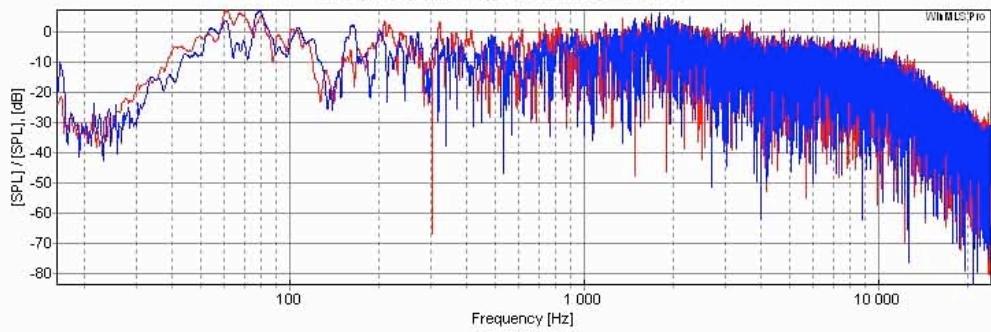
### Frequency Response Magnitude



- Mesures position 3 HP 7 micro
- Mesures position 3 HP 8 micro

Measured - 15:09:03, 24Mar2006 Plotted - 18:19:49, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 3 HP 8 micro

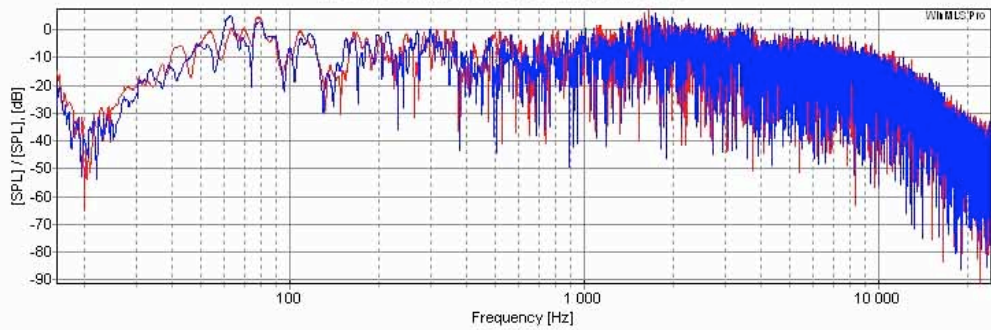
### Frequency Response Magnitude



- Mesures position 3 HP 9 micro
- Mesures position 3 HP 10 micro

Measured - 15:11:32, 24Mar2006 Plotted - 18:20:22, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 3 HP 10 micro

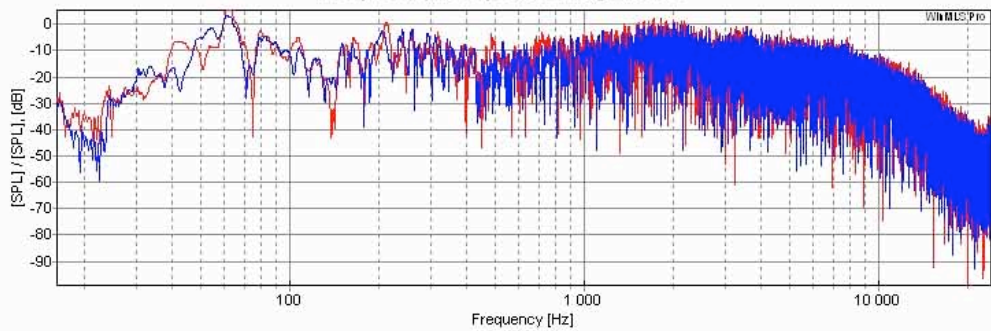
### Frequency Response Magnitude



- Mesures position 3 HP 11 micro
- Mesures position 3 HP 12 micro

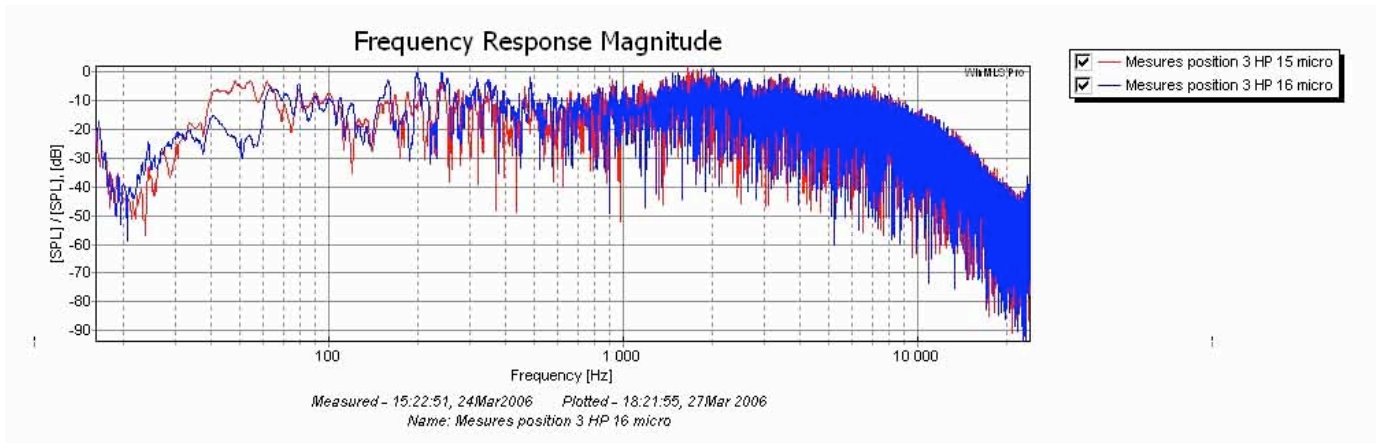
Measured - 15:19:24, 24Mar2006 Plotted - 18:20:55, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 3 HP 12 micro

### Frequency Response Magnitude



- Mesures position 3 HP 13 micro
- Mesures position 3 HP 14 micro

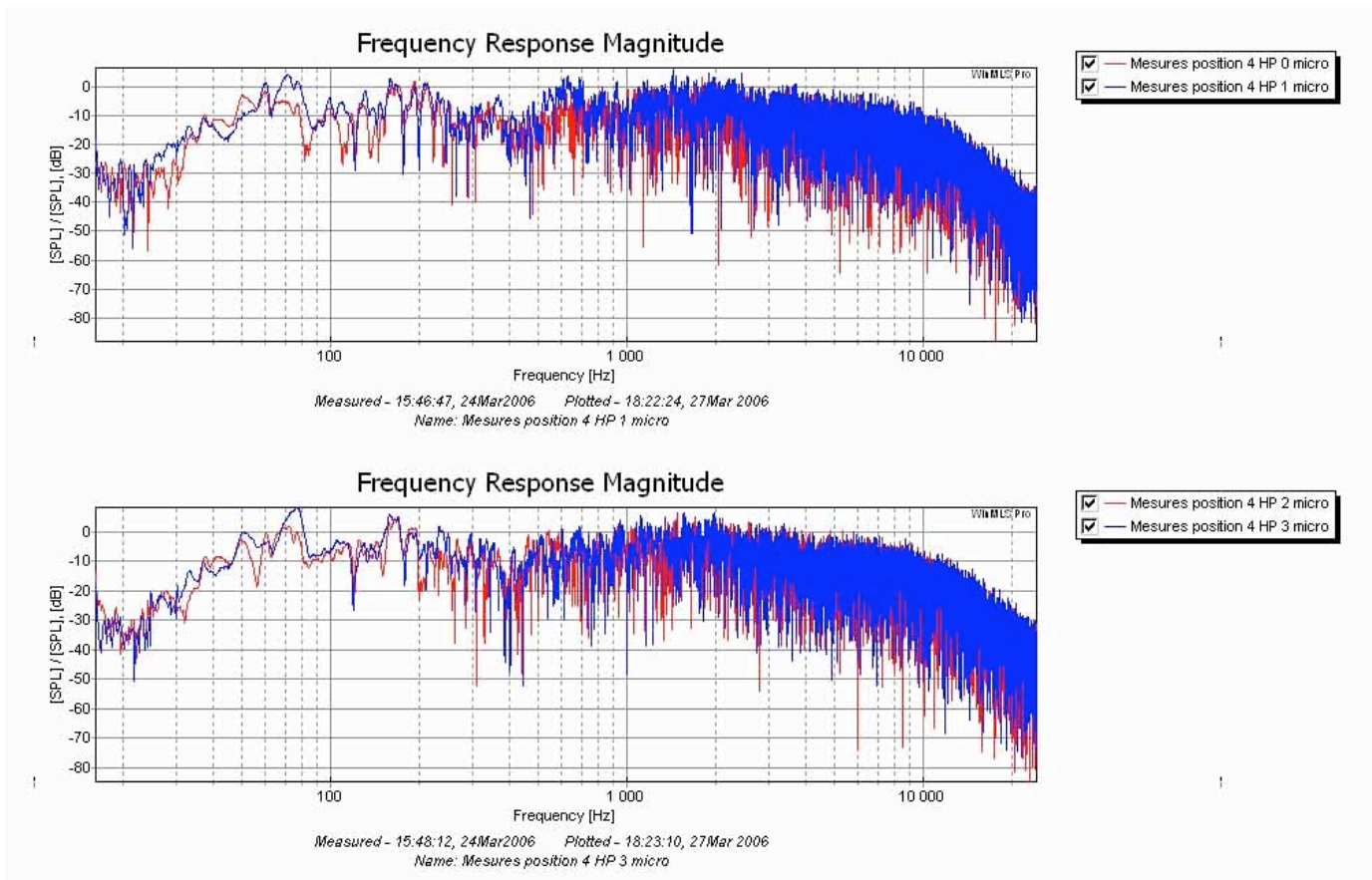
Measured - 15:21:21, 24Mar2006 Plotted - 18:21:21, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 3 HP 14 micro



Fréquences atténuées : 100 Hz, 150 Hz

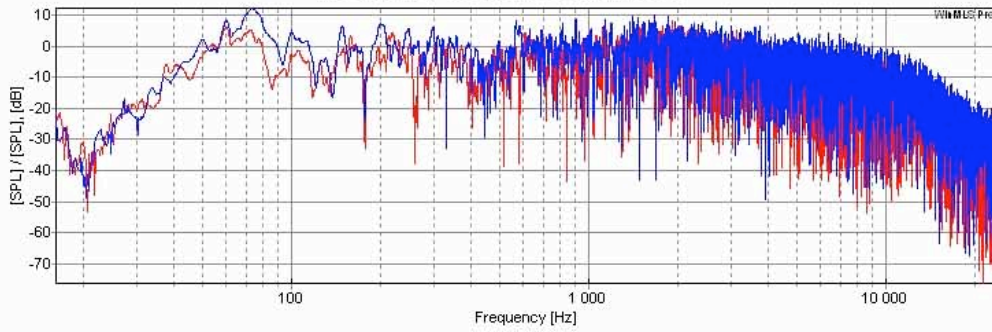
Fréquences émergentes : dans la bande 70-80 Hz

### Position de HP 4 (17,6m)





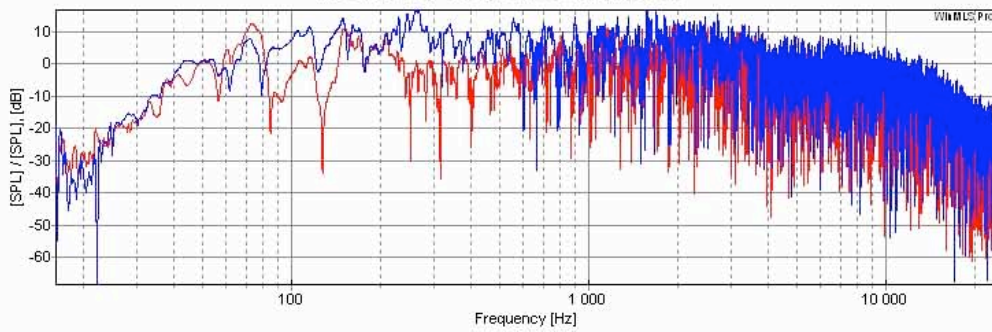
### Frequency Response Magnitude



Measured - 15:49:42, 24Mar2006 Plotted - 18:23:36, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 4 HP 5 micro

- Mesures position 4 HP 4 micro
- Mesures position 4 HP 5 micro

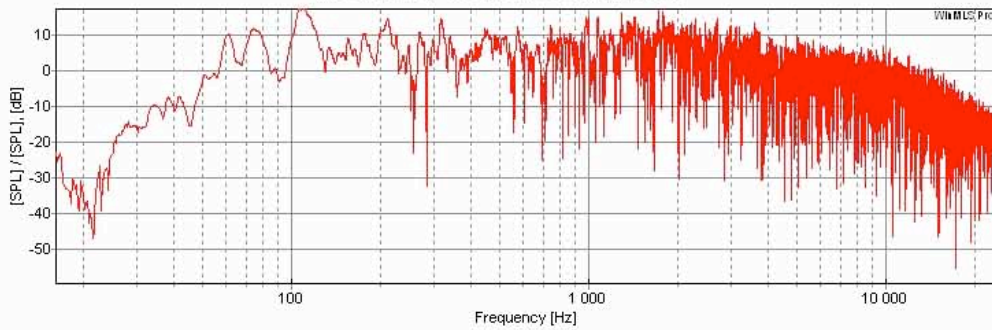
### Frequency Response Magnitude



Measured - 15:51:01, 24Mar2006 Plotted - 18:24:09, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 4 HP 7 micro

- Mesures position 4 HP 6 micro
- Mesures position 4 HP 7 micro

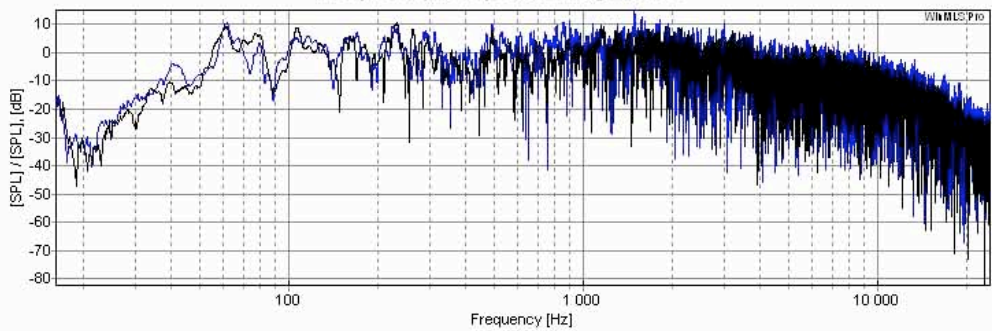
### Frequency Response Magnitude



Measured - 15:52:50, 24Mar2006 Plotted - 18:24:37, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 4 HP 9 micro

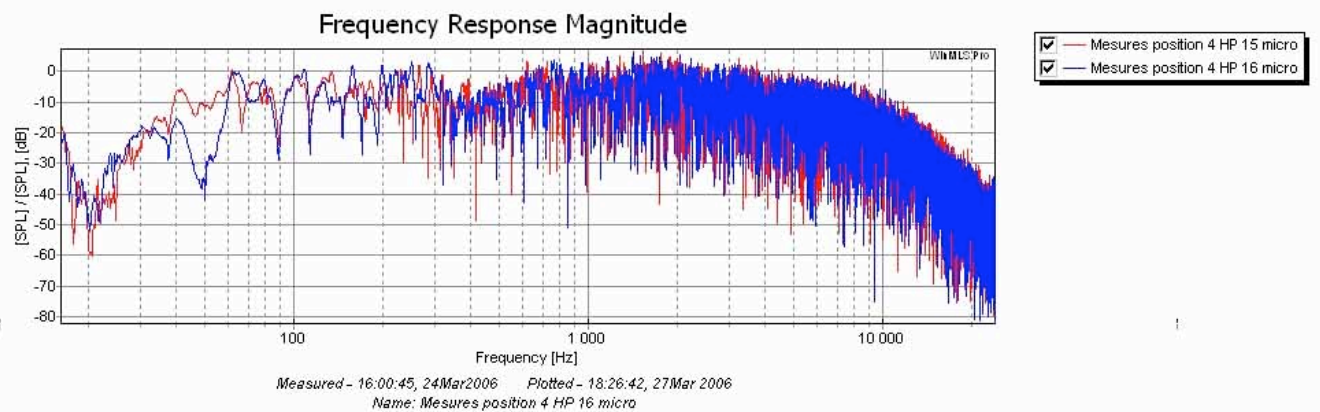
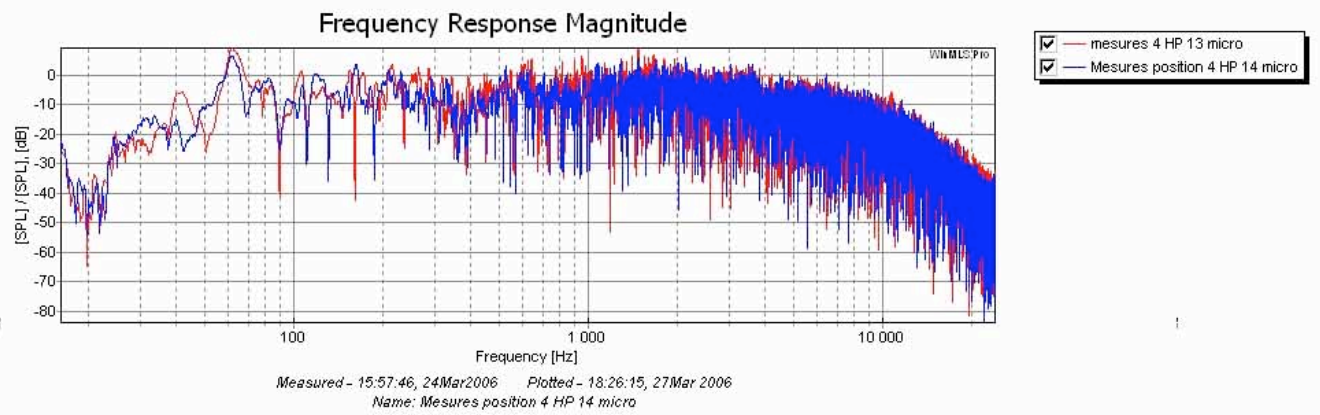
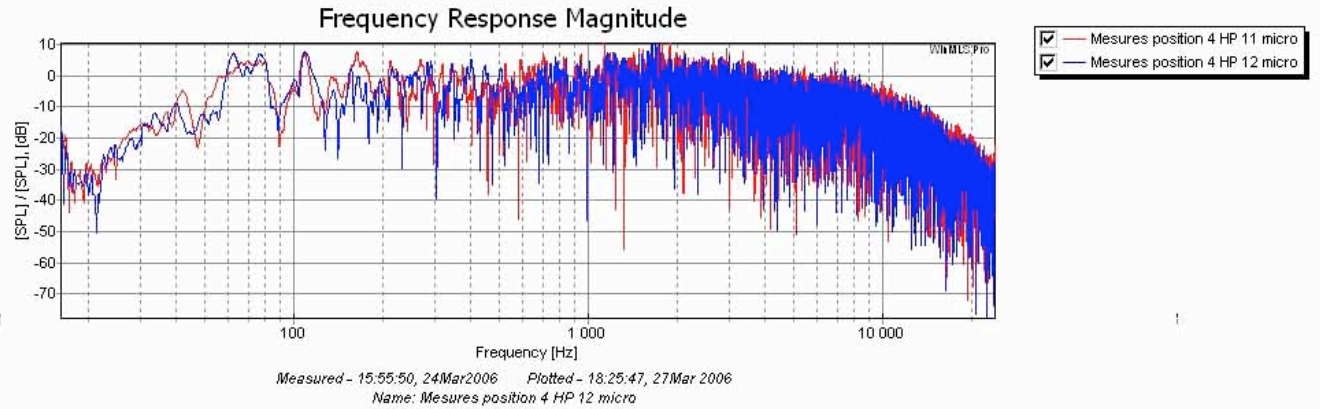
- Mesures position 4 HP 8 micro
- Mesures position 4 HP 9 micro

### Frequency Response Magnitude



Measured - 15:54:03, 24Mar2006 Plotted - 18:25:15, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 4 HP 10 micro

- Mesures position 4 HP 8 micro
- Mesures position 4 HP 9 micro
- Mesures position 4 HP 10 micro

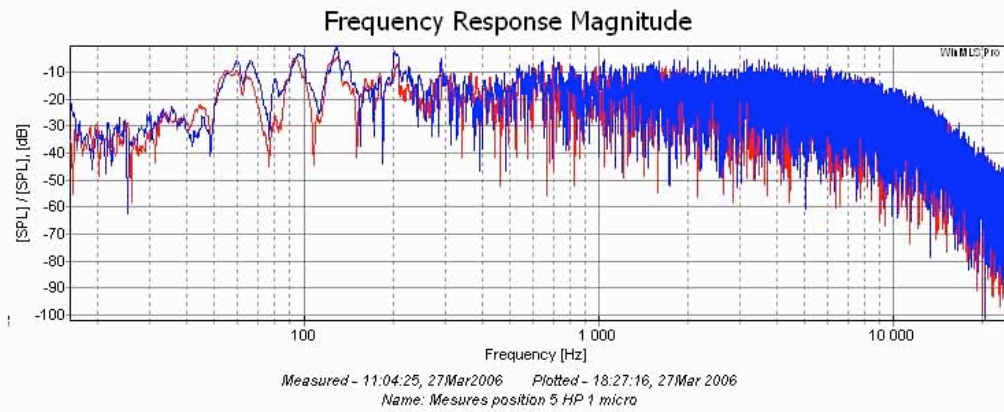


Fréquences atténuées : 90 Hz, dans la bande 350-400 Hz

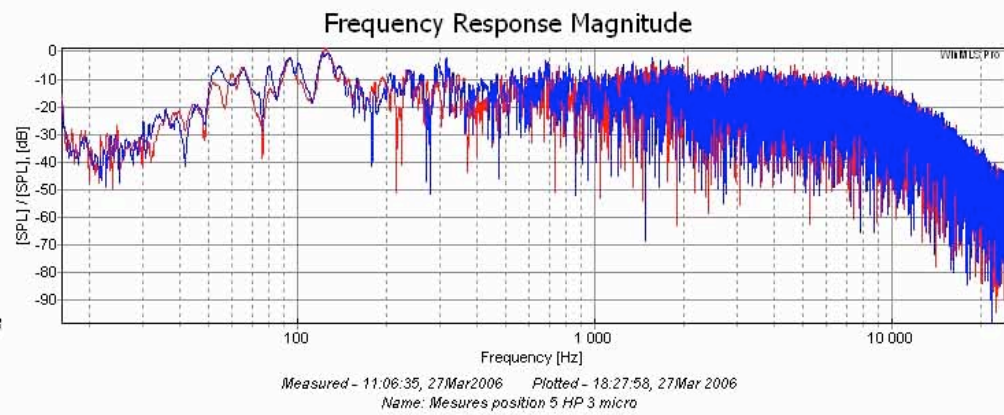
Fréquences émergentes : dans la bande 60-80 Hz, 170 Hz



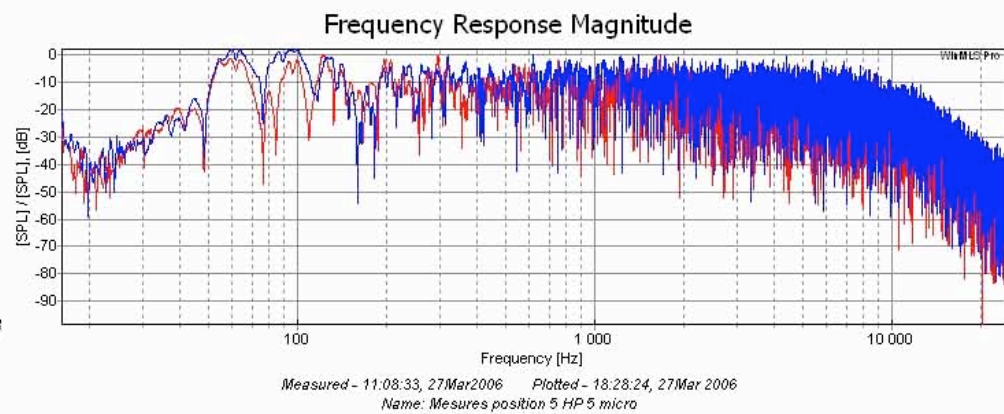
## Position de HP 5 (22,3m)



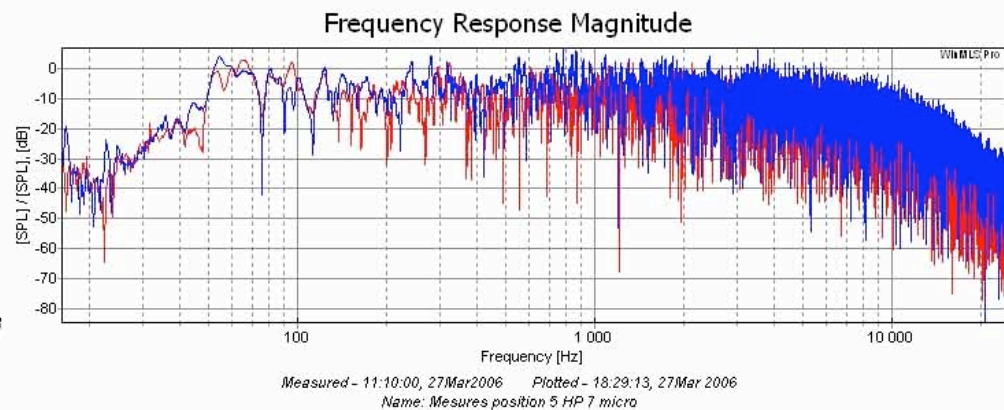
- Mesures position 5 HP 0 micro
- Mesures position 5 HP 1 micro



- Mesures position 5 HP 2 micro
- Mesures position 5 HP 3 micro

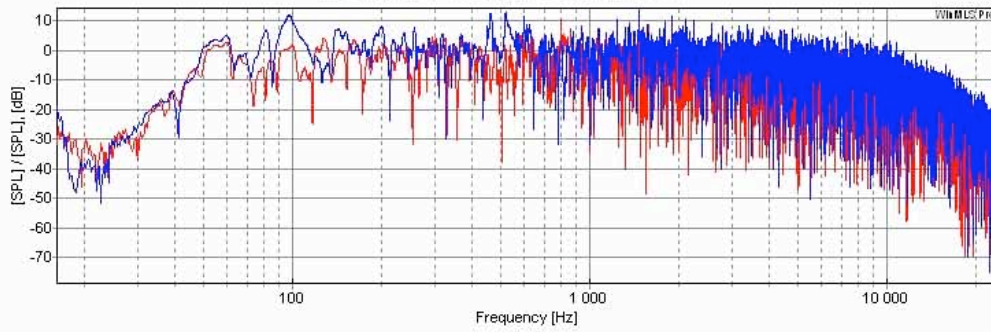


- Mesures position 5 HP 4 micro
- Mesures position 5 HP 5 micro



- Mesures position 5 HP 6 micro
- Mesures position 5 HP 7 micro

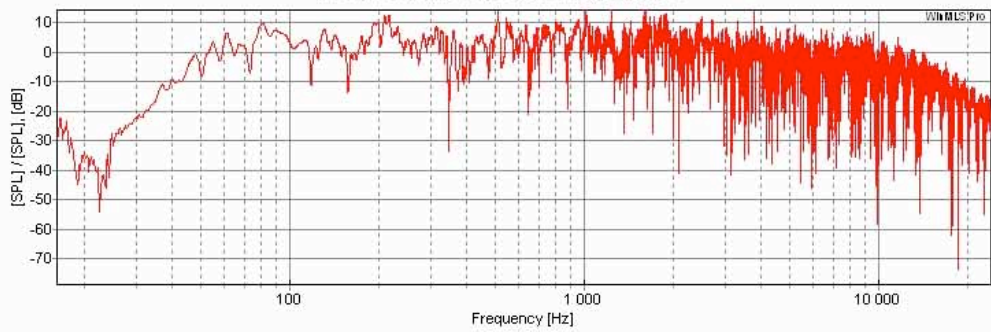
### Frequency Response Magnitude



Measured - 11:11:31, 27Mar2006 Plotted - 18:29:44, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 5 HP 9 micro

- Mesures position 5 HP 8 micro
- Mesures position 5 HP 9 micro

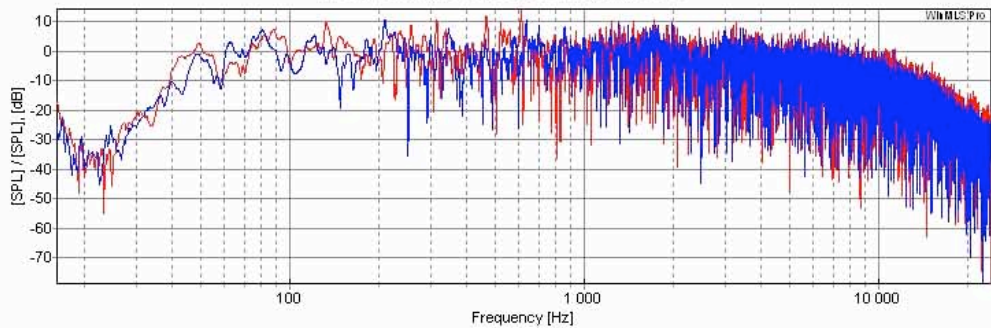
### Frequency Response Magnitude



Measured - 11:12:21, 27Mar2006 Plotted - 18:30:05, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 5 HP 10 micro

- Mesures position 5 HP 10 micro

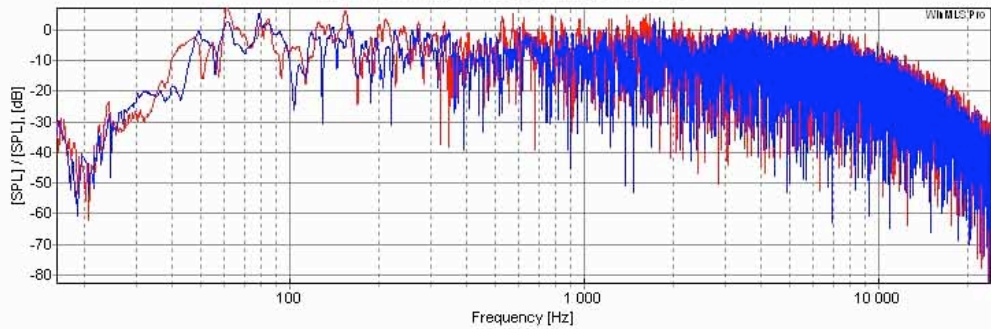
### Frequency Response Magnitude



Measured - 11:13:46, 27Mar2006 Plotted - 18:30:28, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 5 HP 12 micro

- Mesures position 5 HP 11 micro
- Mesures position 5 HP 12 micro

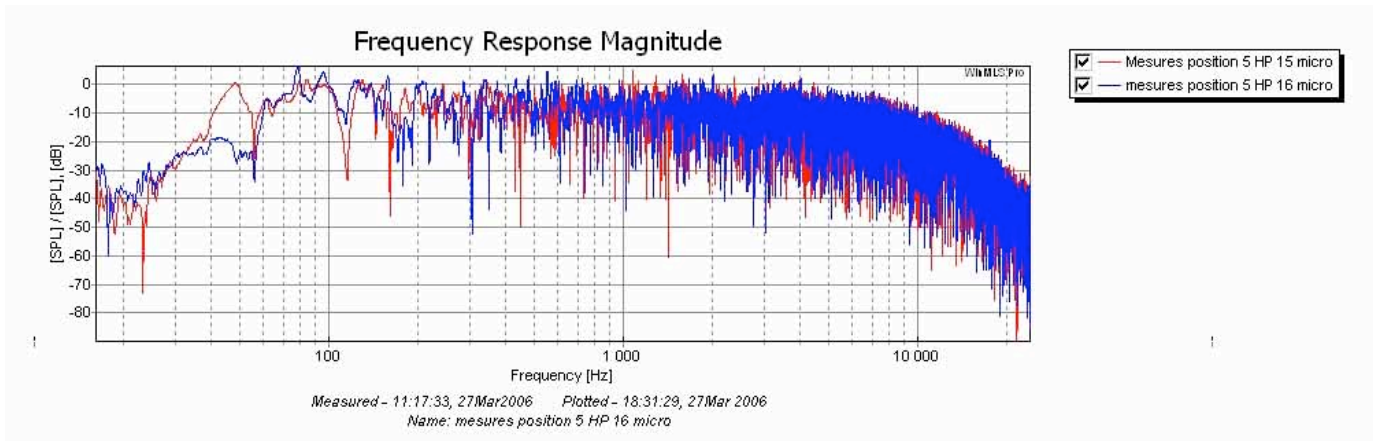
### Frequency Response Magnitude



Measured - 11:15:24, 27Mar2006 Plotted - 18:30:59, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 5 HP 14 micro

- Mesures position 5 HP 13 micro
- Mesures position 5 HP 14 micro

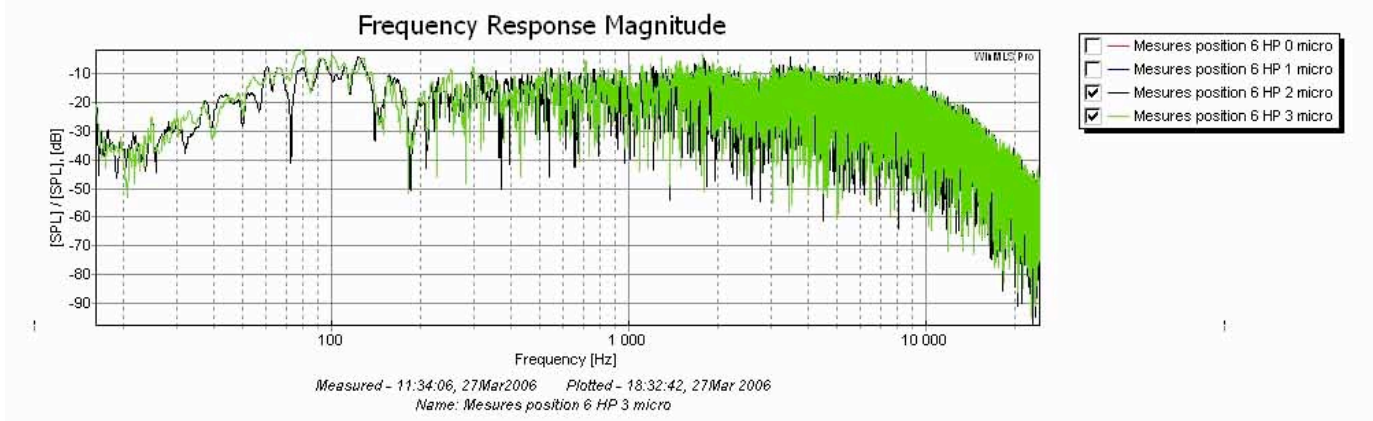
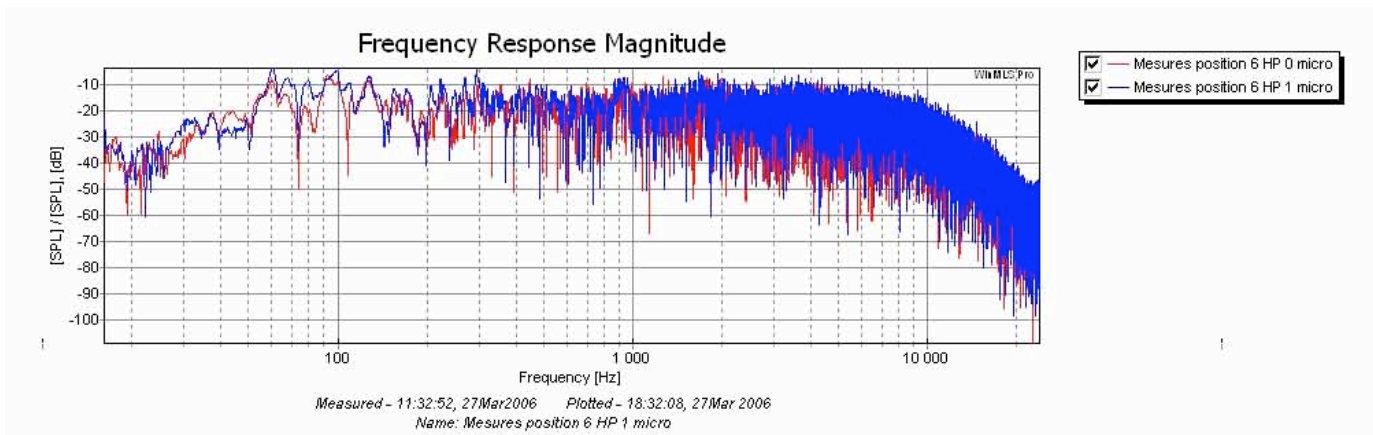




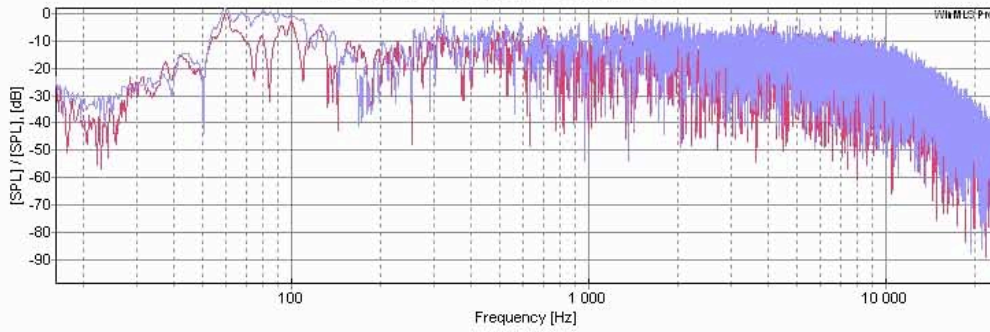
Fréquences atténuées : 75 Hz, 110 Hz

Fréquences émergentes : 55-65 Hz, 90-100 Hz, 130 Hz

### Position de HP 6 (26,3m)



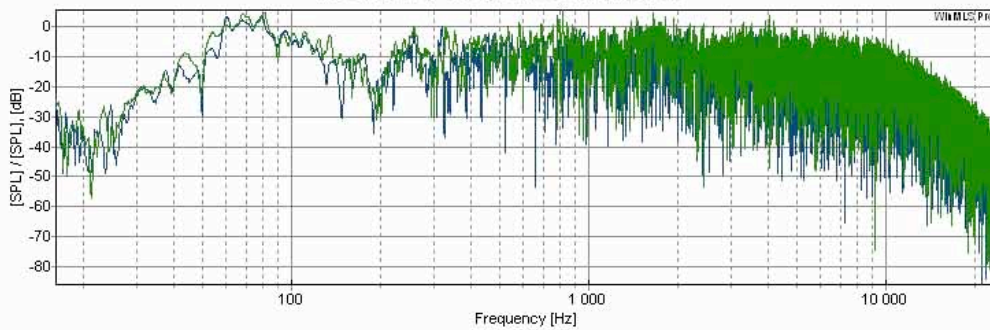
### Frequency Response Magnitude



Measured - 11:35:19, 27Mar2006 Plotted - 18:33:14, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 6 HP 5 micro

- Mesures position 6 HP 0 micro
- Mesures position 6 HP 1 micro
- Mesures position 6 HP 2 micro
- Mesures position 6 HP 3 micro
- Mesures position 6 HP 4 micro
- Mesures position 6 HP 5 micro

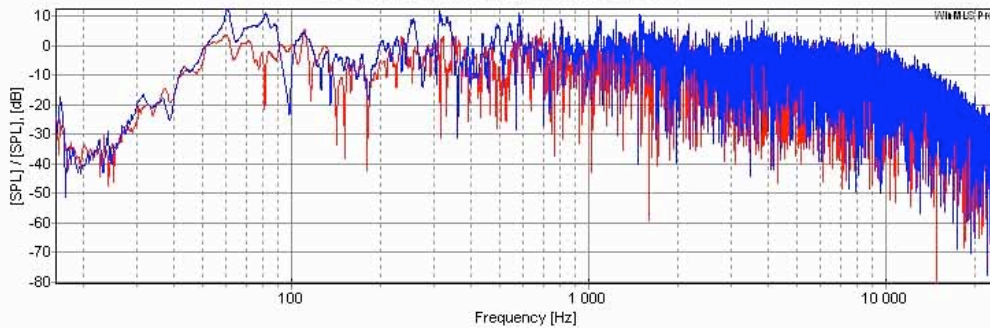
### Frequency Response Magnitude



Measured - 11:36:55, 27Mar2006 Plotted - 18:33:52, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 6 HP 7 micro

- Mesures position 6 HP 0 micro
- Mesures position 6 HP 1 micro
- Mesures position 6 HP 2 micro
- Mesures position 6 HP 3 micro
- Mesures position 6 HP 4 micro
- Mesures position 6 HP 5 micro
- Mesures position 6 HP 6 micro
- Mesures position 6 HP 7 micro

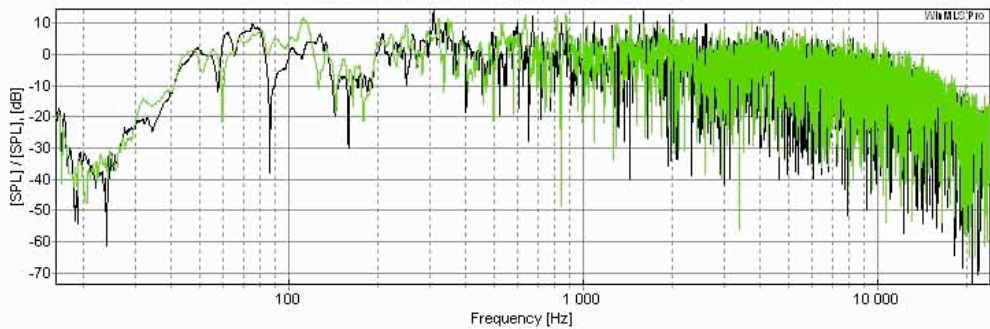
### Frequency Response Magnitude



Measured - 11:40:07, 27Mar2006 Plotted - 18:34:27, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 6 HP 9 micro

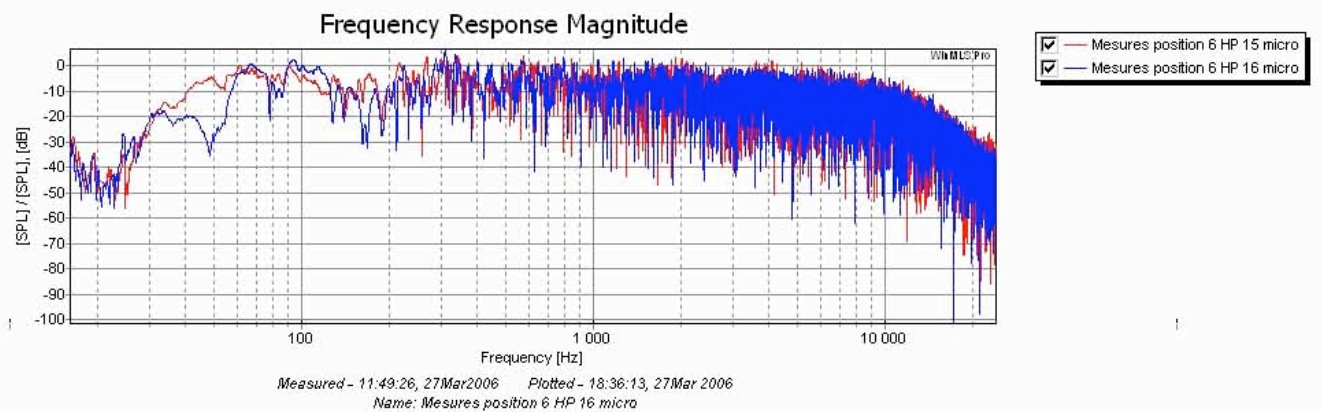
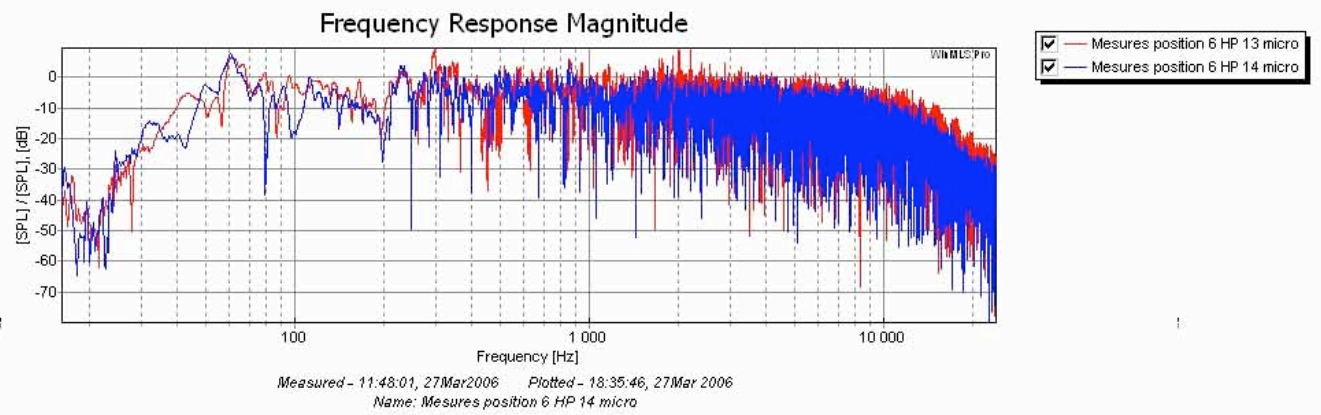
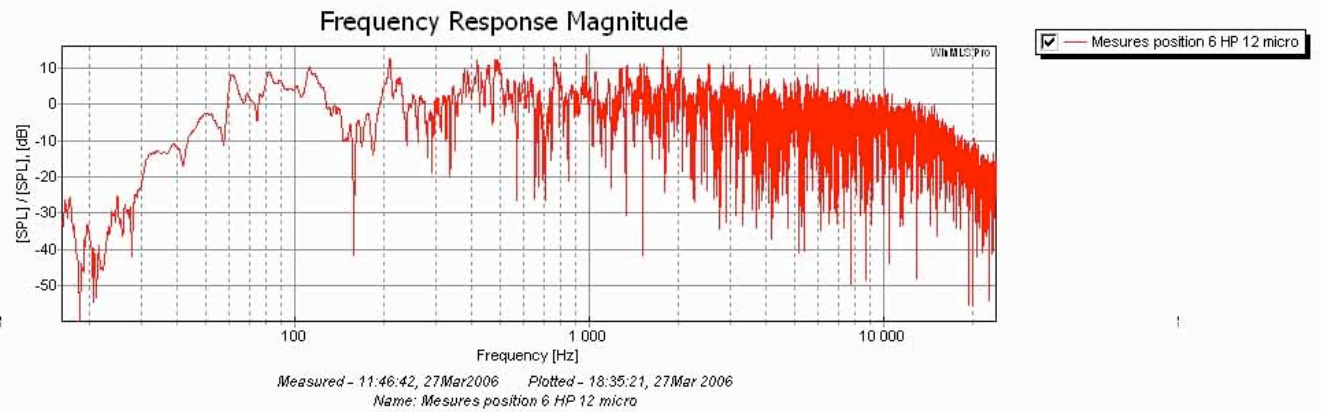
- Mesures position 6 HP 8 micro
- Mesures position 6 HP 9 micro

### Frequency Response Magnitude



Measured - 11:45:38, 27Mar2006 Plotted - 18:34:55, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 6 HP 11 micro

- Mesures position 6 HP 8 micro
- Mesures position 6 HP 9 micro
- Mesures position 6 HP 10 micro
- Mesures position 6 HP 11 micro

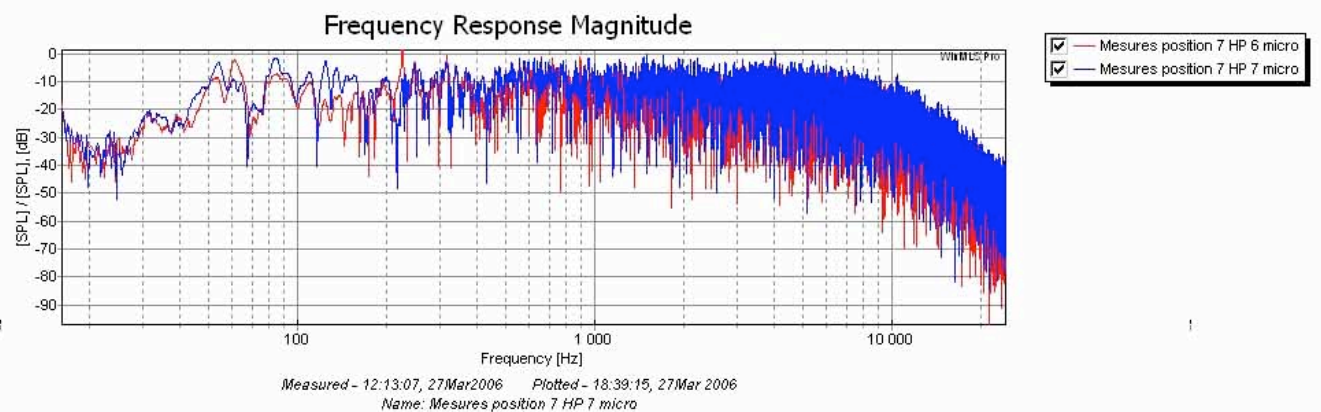
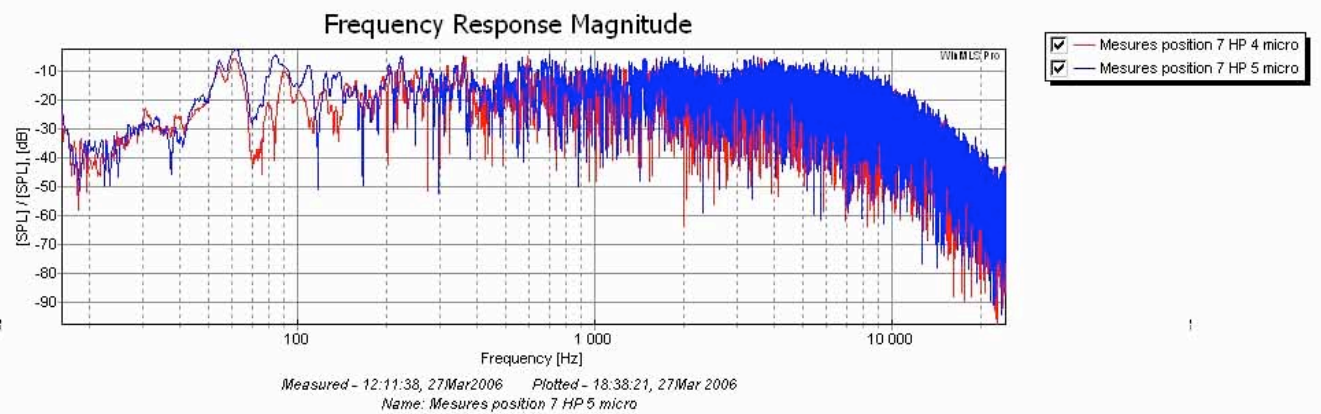
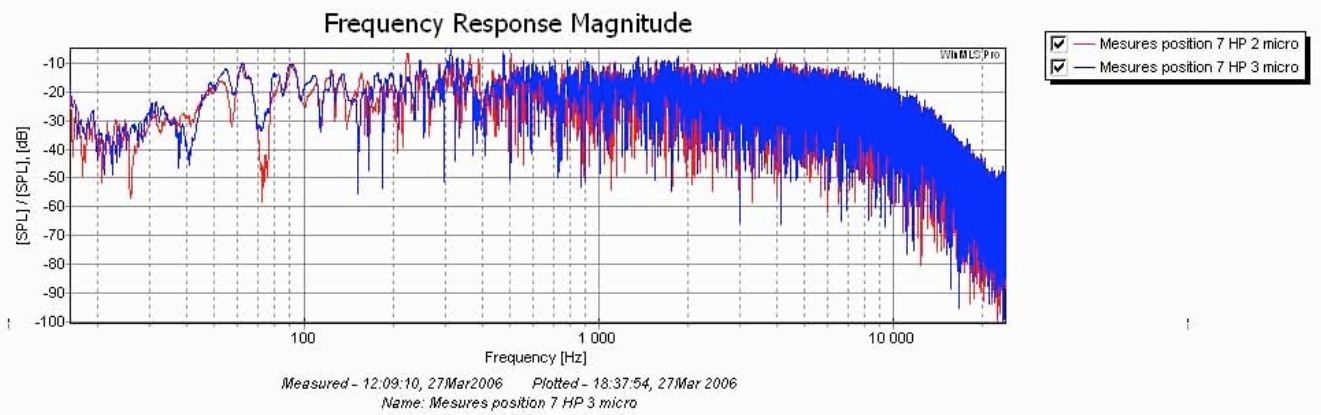
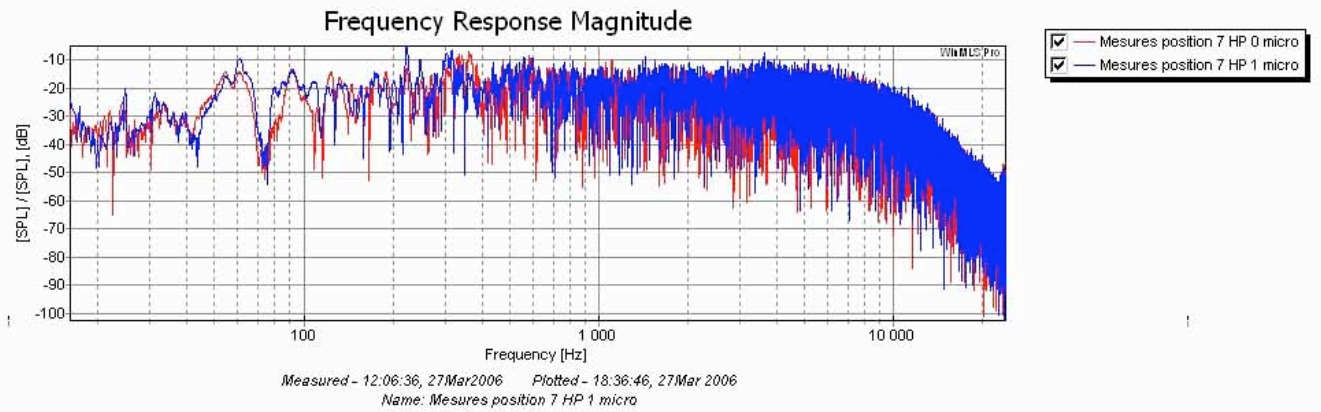


Fréquences atténuées : dans la bande 150-200 Hz

Fréquences émergentes : 60 Hz, 300 Hz

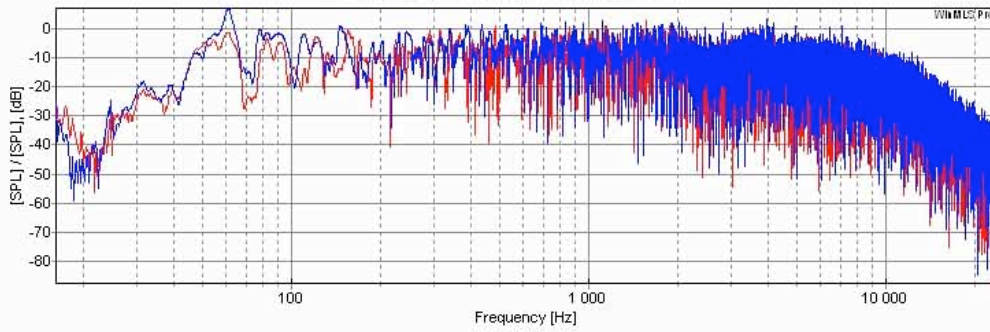


## Position de HP 7 (31,1m)





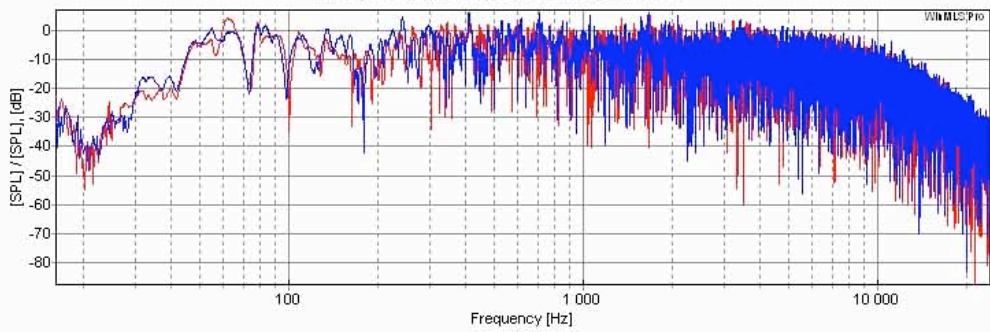
### Frequency Response Magnitude



Measured - 12:14:21, 27Mar2006 Plotted - 18:39:43, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 7 HP 9 micro

- Mesures position 7 HP 8 micro
- Mesures position 7 HP 9 micro

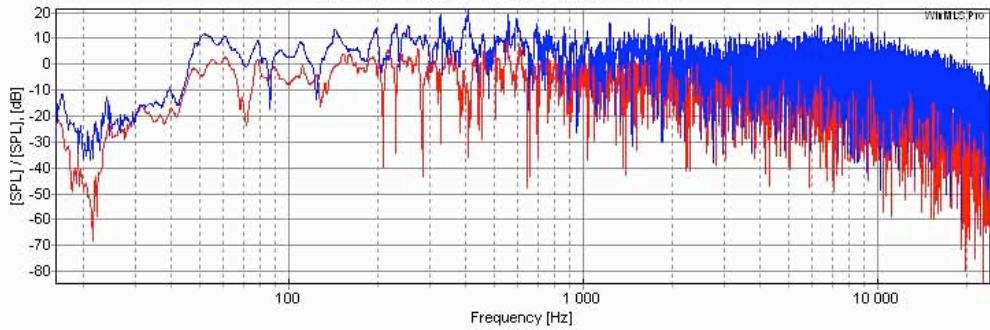
### Frequency Response Magnitude



Measured - 12:16:28, 27Mar2006 Plotted - 18:40:13, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 7 HP 11 micro

- Mesures position 7 HP 10 micro
- Mesures position 7 HP 11 micro

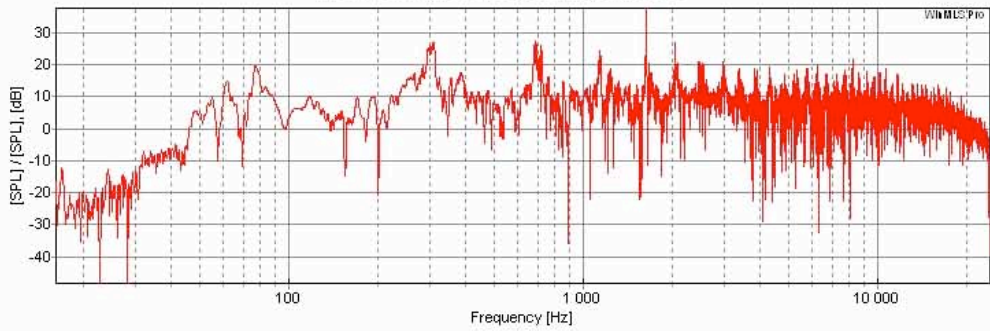
### Frequency Response Magnitude



Measured - 12:45:50, 27Mar2006 Plotted - 18:40:40, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 7 HP 13 micro

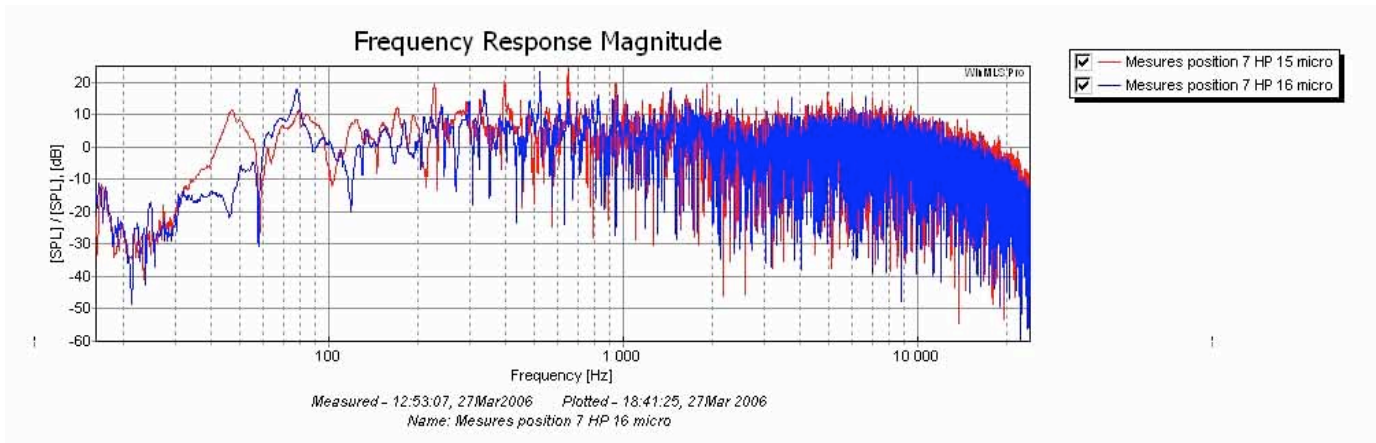
- Mesures position 7 HP 12 micro
- Mesures position 7 HP 13 micro

### Frequency Response Magnitude



Measured - 12:47:21, 27Mar2006 Plotted - 18:41:04, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 7 HP 14 micro

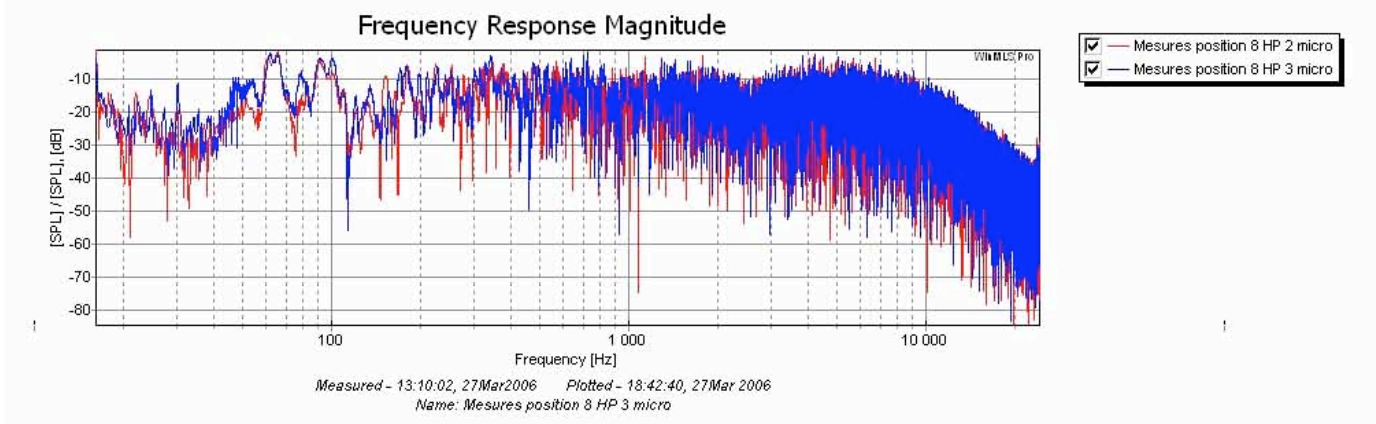
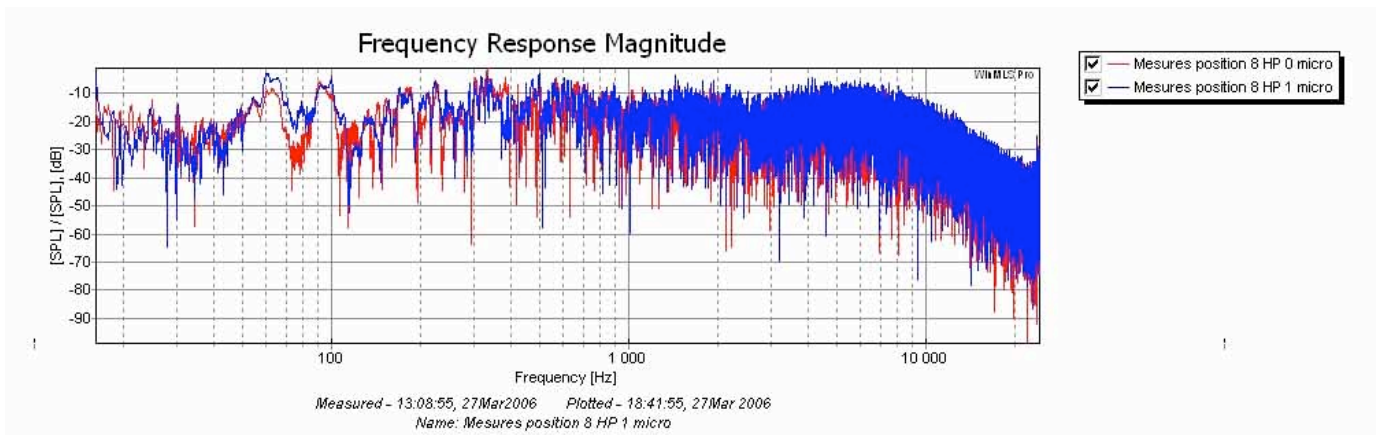
- Mesures position 7 HP 14 micro



Fréquences atténuées : dans la bande 70-80 Hz, 100 Hz, 180 Hz

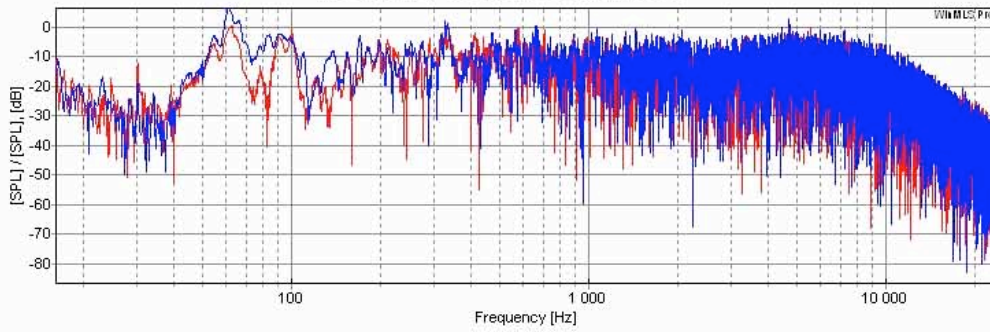
Fréquences émergentes : 60 Hz, 90 Hz, 220 Hz

### Position de HP 8 (35,1m)





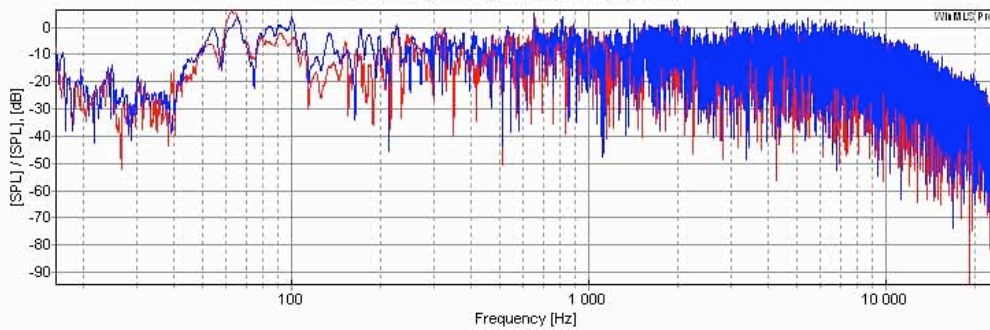
### Frequency Response Magnitude



Measured - 13:11:19, 27Mar2006 Plotted - 18:43:06, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 8 HP 5 micro

- Mesures position 8 HP 4 micro
- Mesures position 8 HP 5 micro

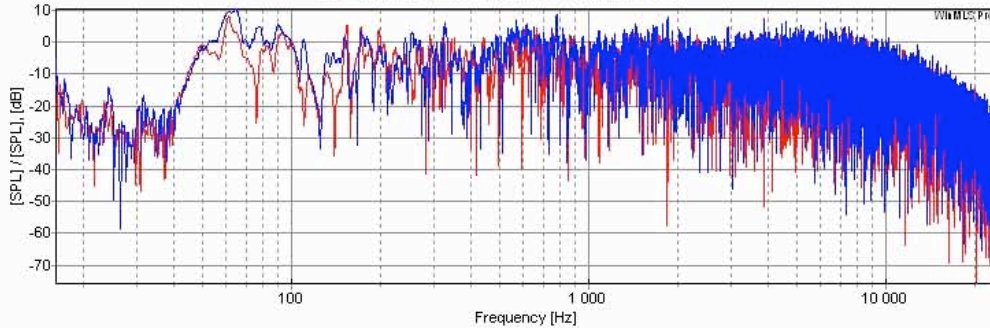
### Frequency Response Magnitude



Measured - 13:12:46, 27Mar2006 Plotted - 18:43:33, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 8 HP 7 micro

- Mesures position 8 HP 6 micro
- Mesures position 8 HP 7 micro

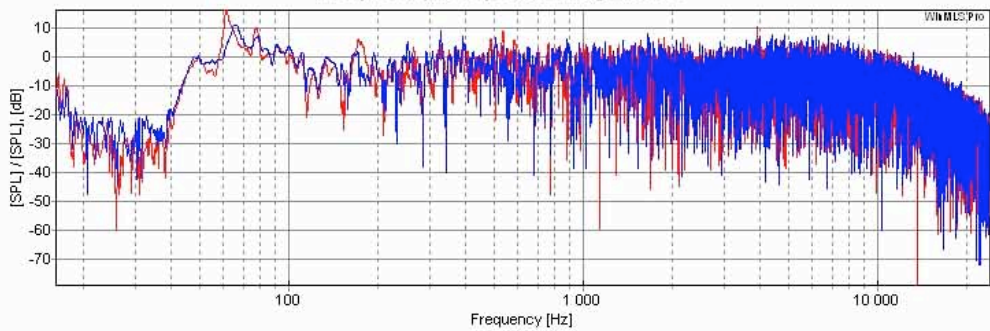
### Frequency Response Magnitude



Measured - 13:14:00, 27Mar2006 Plotted - 18:44:01, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 8 HP 9 micro

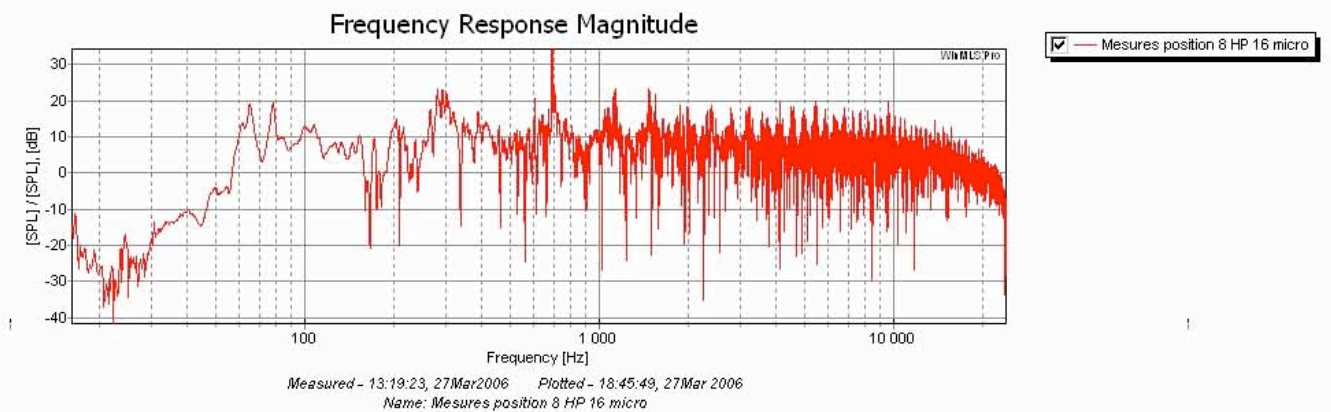
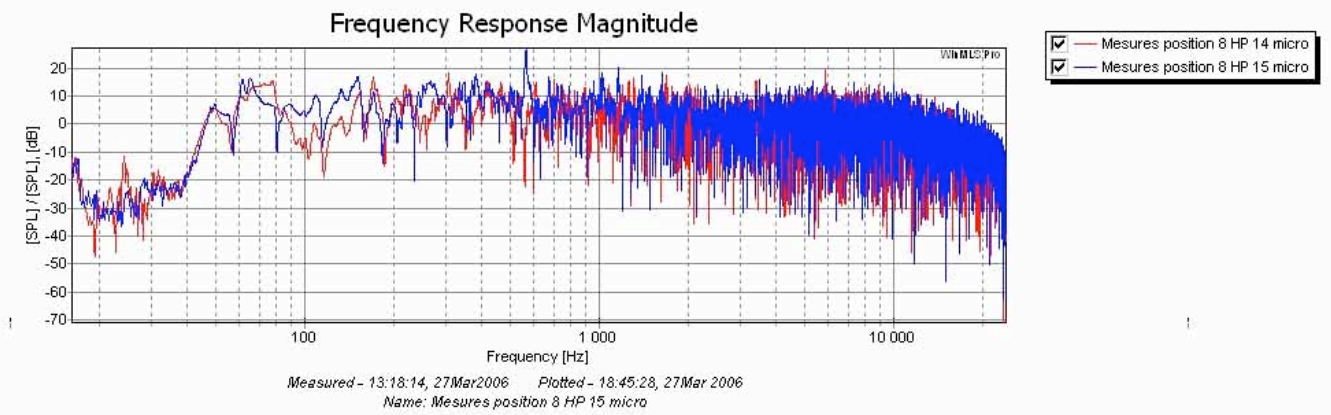
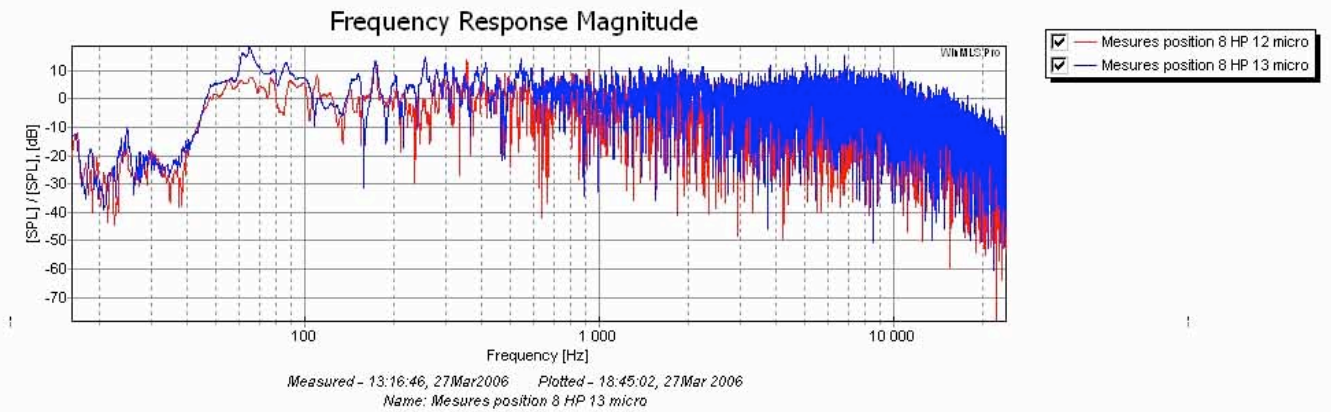
- Mesures position 8 HP 8 micro
- Mesures position 8 HP 9 micro

### Frequency Response Magnitude



Measured - 13:15:16, 27Mar2006 Plotted - 18:44:31, 27Mar 2006  
Name: Mesures position 8 HP 11 micro

- Mesures position 8 HP 10 micro
- Mesures position 8 HP 11 micro



Fréquences atténuées : dans les bandes 70-80 Hz, 110-130 Hz

Fréquences émergentes : 60 Hz, dans la bande 90-100 Hz, 320 Hz