Pierre-Olivier Boulant

Dossier de Maîtrise Mention Audiovisuel - Spécialité Son

ESAV 2005-2006

Table des Matières :

I. Eléments biographiques

II. Notions d'acoustique

III. Notions de psycho-acoustique

IV. Technologie
- 4.1 les microphones
- 4.2 la transmission (câbles, HF, fibre optique)
- 4.3 la préamplification
- 4.4 la numérisation
- 4.5 les filtres et l'égalisation
- 4.6 le mixage
- 4.7 les effets
- 4.8 l'enregistrement
- 4.9 l'amplification et les haut-parleurs

V. Techniques
- 5.1 techniques de prise de son stéréophoniques
- 5.2 techniques de prise de son quadriphoniques

VI. Domaines d'activité
- organisation d'évènements
- théâtre
- audio-visuel
- radio
- poésie
- musique
- installations sonores et plastiques

Annèxes
- Références bibliographiques

Pièces jointes au dossier
- Curiculum Vitae
- Copie des diplômes et programmes des études
- Justificatifs liés à mon status d'intermittent du spectacle
- Justificatif lié à mon travail chez Carbofil S.A
- Justificatifs liés à mon travail à l'Education Nationale
- Copies des pochettes de disques, plaquettes,...

Pièces à consulter lors de la soutenance
- productions sonores (disques, films,...)
- exemples de cahier de travail pour un enregistrement
- cahier d'études théoriques sur la prise de son
- Exemples de cours de physique-chimie de collège

Je suis né à Croix dans le Nord (59) le 23 septembre 1974
Je suis de nationalité française.

Mon père est ingénieur dans le traitement de l'eau. Il est en grande partie autodidacte. Son titre d'ingénieur a été obtenu par la formation continue.

Ma mère est peintre. Elle a fait les Beaux-Arts de Lille et peint toujours à l'heure actuelle. Elle a suivi une formation auprès de la Fondation Martenot pour enseigner la peinture selon cette méthode.

J'ai passé mon enfance à voyager. Mon père travaillait à l'export. J'ai vécu en Arabie-Saoudite, dans l'Aveyron, au Cameroun, en Irlande, à Limoges, à Saint Germain en Laye, à Montpellier, en Suède, à Nantes et à Toulouse. A quatorze ans, j'avais déjà fréquenté quatorze écoles différentes. Mon séjour de deux ans en Irlande m'a permis d'acquérir un très bon niveau d'anglais.

Je me souviens un jour avoir dit à mon père, dans la cuisine de notre maison dans l'Aveyron, que je serai "ingénieur du son". A dix ans on ne sait pas toujours de quoi on parle, mais... La réponse paternelle fût : "Ce n'est pas un vrai ingénieur."

Bon élève, plutôt doué pour les sciences et les arts plastiques j'ai suivi un chemin assez classique : Baccalauréat C, Classes préparatoires scientifiques (math. sup et math. spé). Et là je me suis retrouvé voulant faire de la biologie, mais mal orienté par les conseils avisés d'un ami de la famille. Une seule solution possible : intégrer l'Ecole de Chimie de Montpellier qui propose une section biologie. Par chance le concours s'est bien passé et me voilà dans l'école de chimie de «Palavas les Flots».

Là, les choses académiques se gâtent. Je ne vit pas bien ma condition d'étudiant. Les cours me semble très loin de la réalité du monde du travail et bien moins poétiques que les maths des deux années précédentes...

La première rencontre avec la musique avait déjà eu lieu lors d'un petit boulot d'été. J'ai alors décidé de commencer à jouer de la musique. Premier essai avec la guitare, pas très concluant. Quelques soucis à repérer les intervalles, même les unissons. Quelques temps après je commence la batterie, c'est mieux !

Montpellier ensuite, la plus grande partie des gens que je fréquente sont des musiciens, certains professionnels. Je passe aussi beaucoup de temps à remettre en état la sono de l'association des étudiants. Elle est en grande partie faite à la main, n'avait pas été terminée et avait subit quelques dégâts.

Départ pour la Suède pour terminer mon diplôme. Sur place je trouve une association d'étudiant qui est sans cesse en difficulté avec son matériel de sonorisation pour leurs soirées discothèques hebdomadaires. Les intervenants extérieurs ne font pas tous leur boulot à jeun... Pour tenter de mieux m'intégrer, je leur propose mon aide. En quelques semaines la situation est réglée du point de vue technique : il suffisait de faire un suivi du parc de matériel pour éradiquer les problèmes les plus communs. Après l'intégration en Suède est un processus lent...
Là, je commence à toucher à un peu plus de matériel et je me familiarise avec des choses plus professionnelles qu'à Montpellier.

Je rentre en France et je commence à travailler dans une entreprise fondée par mon père. Elle commercialise l'une de ses inventions qui sert à traiter les déchets. J'apprends les difficultés de gérer une équipe de monteurs sur le terrain.

Un ami me fait découvrir la musique improvisée. Je vais à quelques festivals, où je fais la connaissance de musiciens.

Je m'équipe avec du matériel de prise de son léger : un Walkman DAT et un micro stéréo. Avec ça je vais aux festivals et me fais des souvenirs que je partage avec les musiciens. Je commence aussi à travailler sur ordinateur pour rattraper certains enregistrements et faire mes CDs.

Je me lie particulièrement avec des improvisateurs de Toulouse et de la région, partageant assez leur vision du monde de la culture et du travail. Ils me dégottent un stage de régisseur au GMEA et, l'été suivant, mes finances me permettent de m'acheter un DAT, un couple de micros Schoeps. Je demande à quitter l'entreprise de mon père pour rejoindre Toulouse.

Là, chaque semaine avait lieu un «chantier d'art provisoire», scène ouverte à l'improvisation (musique, danse, vidéo, actions, ...) Je commence à prendre en main mon matériel. Les musiciens se tournent vers moi pour leur prises de son. Michel Doneda en particulier, saxophoniste, me fait confiance et m'intègre à différents projets. Cette amitié et cette collaboration n'ont eu cesse de se développer depuis, et en cinq ans nous avons faits en commun plus de dix disques. C'est avec lui que mon travail de prise de son prend débute réellement. Je ne me cantonne plus à un rôle de technicien, mais travaillant beaucoup à la perche, ma captation réagit à la musique et parfois même attise le jeu des musiciens.

J'ai également collaboré avec la troupe du Théâtre² l'Acte de Michel Mathieu pour plusieurs pièces. J'ai réalisé un grand nombre de captations lors des conférences et des performances organisées par Serge Pey. J'ai réalisé plusieurs disques de poésie également.

En 2003, la crise des intermittents m'a très vite touché puisque de nombreux musiciens ont fait attention à leurs dépenses. Du coup mon carnet de commandes s'est vidé. Il a fallu trouver une activité alimentaire. Avec mon diplôme d'ingénieur chimiste, je me suis présenté au rectorat pour enseigner les sciences physiques. J'ai donc passé un an entre Rodez et Decazeville. L'expérience fut très intéressante. Le contact avec les élèves (classes de 5ème à 3ème et 3ème SEGPA) a été très bon. La seule raison qui m'a vraiment empêché de reprendre était la déprime assez généralisée chez les enseignants. Cette année passée à enseigner m'a plu. Si je puis renouveler l'expérience dans un domaine qui me soit plus proche ce sera avec beaucoup de plaisir.

Entre-temps j'ai fait connaissance avec un futur-élève de l'ESAV. Il m'a présenté à d'autres élèves et j'ai pu faire un peu de prise de son pour de l'audio-visuel. Une autre approche de la prise de son. Ici les contraintes et les finalités sont différentes. Je ne sais pas encore trop si ça me plaît. Le procédé

est très loin de ce que je fais dans l'improvisation. Ici, dans les plus part des situations, les choses sont prévues et millimétrées. Le documentaire m'attire davantage que la fiction, en dehors de quelques approches telles que celle de Naomi Kawase par exemple. Financièrement, ce milieu est encore plus bizarre que les productions musicales indépendantes. Il semble que pour beaucoup le travail et le matériel apporté ne mérite qu'une promesse de gloire en échange... Je suis encore à la recherche de collaborateurs qui partagent une même vision esthétique et surtout une même dynamique de travail. Les choses avancent petit à petit...

Récemment j'ai commencé à travailler dans une radio associative à Toulouse, Fréquence Soleil. Ma fonction est de monter des documentaires radiophoniques sur les thèmes de l'immigration, les cultures étrangères,... Là aussi le media impose des méthodes de travail différentes.

Bref un parcours très varié depuis le début, mais chaque chose, même si elle paraît insignifiante se révèle utile et même un atout par la suite.

Mes motivations pour présenter cette maîtrise au titre de la Validation des Acquis de l'Expérience sont multiples.
D'abord c'est une reconnaissance pour moi-même. Longtemps je n'ai pas osé me présenter comme ingénieur du son. Encore aujourd'hui, même si je fais beaucoup de montage, je pense plutôt être un "preneur de sons" (au pluriel).
Ces cinq dernières années ont été riches en apprentissage et c'est aussi l'occasion de faire le point sur cet aspect.
Ensuite à plusieurs reprises on m'a dit spontanément que si je n'avais pas fait d'école j'étais alors un amateur. Ca finit par agacer et un diplôme attestera de mon savoir-faire.

Qu'est ce que le son ?
Comment se propage-t-il ?
Quelques questions fondamentales avant de se lancer dans le détail du travail d'ingénieur du son.

2.1 l'onde sonore

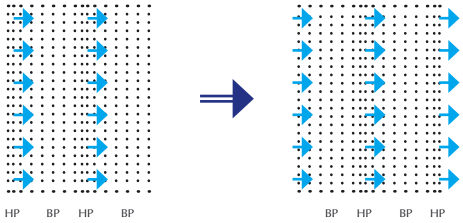
2.1.1 Nature de l'onde

Une onde sonore est de nature mécanique. C'est le mouvement des molécules dans un fluide ou un solide qui permet au son d'exister et de se propager.
Par conséquent le son ne peut pas se propager dans le vide.

Terminologie : On parlera de "source" ou d' "excitateur" pour ce qui produit le son, de "milieu" pour le fluide ou le solide dans lequel se propage l'onde sonore, de "récepteur" pour ce qui capte l'onde. On utilisera aussi "signal" pour "onde".

2.1.2 L'onde sonore dans un fluide

L'onde sonore dans un fluide est similaire à la houle. La position moyenne des molécules du fluide est constante, au contraire du vent.
Lorsqu'un son est émis, la source peut par exemple se contracter et se dilater ou vibrer comme une corde. Le fluide autour de la source est alternativement compressé et dilaté par le changement de volume ou de position de la source. Les zones de surpression et de dépression sont alternées. Une zone de surpression va tendre à retrouver sa pression de repos. Pour cela des molécules vont se déplacer vers les zones avoisinantes, celles-ci vont alors être en surpression et le phénomène se propage. Inversement une zone de dépression va, pour retrouver sa pression d'équilibre, attirer des molécules proches et créer une dépression qui va ainsi se propager de proche en proche.
On dit que l'onde acoustique est un signal longitudinal



puisque les variation de pression sont dans le même axe que celui de la propagation.

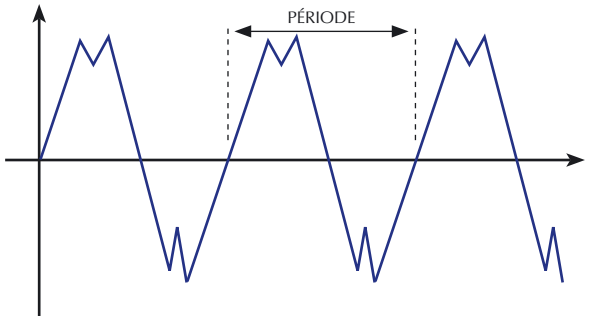
2.1.3 L'onde sonore dans un solide

Dans un solide la propagation se fait aussi par des mouvements infinitésimaux des molécules. La nature "incompressible" des solides rend la propagation encore plus rapide que dans les fluides.

2.2 Caractérisation d'une onde

2.2.1 La période

La période d'un signal est la durée du motif élémentaire d'un signal.



2.2.2 La fréquence

La fréquence correspond au nombre de périodes par unité de temps. Mathématiquement, c'est l'inverse de la période.
L'unité est le Hertz (Hz)

$$1\ Hz = 1\ s^{-1}$$

2.2.3 La vitesse de propagation

La vitesse de propagation est la vitesse à laquelle se déplace l'onde acoustique. Elle dépend de la nature du milieu : peut être plus ou moins importante selon sa viscosité, son élasticité notamment.

2.2.4 La longueur d'onde

C'est la distance que parcours l'onde pendant un cycle. La longueur d'onde dépend du milieu.

Remarque :
Lorsque la source est en déplacement, la vitesse de propagation résultante est égale à la vitesse de propagation ajoutée (vectoriellement) à la vitesse de déplacement de la source. Cette vitesse de déplacement fait varier la hauteur du son. C'est l'effet Doppler qu'on a déjà tous entendu quand une ambulance passe près de nous à toute vitesse.

2.3 Signaux complexes

2.3.1 Définition

Un signal complexe est une onde qui est constituée que de plusieurs partiels. C'est le cas de la plus part des sons communs.

2.3.2 Analyse d'un son complexe

Il est possible de décomposer mathématiquement une onde complexe en une somme de sons purs élémentaires. Il existe de très nombreux algorithmes de décomposition qui donnent des résultats plus ou moins justes selon la nature du signal à analyser. On peut citer la Transformée de Fourrier, les décompositions en polynômes de Chebychev, en ondelettes, etc...
De façon générale, ces analyses mathématiques sont des "projections" de la fonction que représente le signal complexe sur un ensemble algébrique de fonctions.
On parle de fréquence des partiels d'un son complexe dans le cas particulier d'une analyse en fonctions sinusoïdales (Transformée de Fourrier).

2.4 Propagation d'une onde dans l'espace

2.4.1 Direction de propagation

En théorie, une source ponctuelle émet de façon égale dans toutes les directions. En réalité, de telles sources sont très rares, et chaque source va projeter le son de façon différente. La facture d'un instrument de musique, la conception d'un haut-parleur se font en intégrant les données d'acoustique instrumentale pour modeler la projection du son de telle ou telle manière.

2.4.2 Ondes sphériques, ondes planes

Le front d'onde est une surface qui représente l'avancement

d'une onde dans l'espace. C'est la perpendiculaire à la propagation.
Pour une source ponctuelle, ce front d'onde est sphérique, centré sur la source. Au fur et à mesure que l'onde s'éloigne de la source, la courbure de la surface tend vers zéro (surface plane).
On peut fait l'approximation au-delà d'une certaine distance que le front d'onde devient plan. Ceci permet de simplifier pas mal de calculs.

2.4.3 Dispersion de l'énergie acoustique

L'énergie totale sur le front d'onde diminue à cause de la viscosité du fluide dans lequel se propage le son.
Si on néglige dans une première approche cette diminution, on constate que l'énergie par unité de surface sur le front d'onde diminue selon le carré du rayon du front d'onde. En d'autres termes à chaque fois que la distance double l'énergie par unité de surface du front d'onde est divisée par quatre.

2.4.4 Lentilles acoustiques

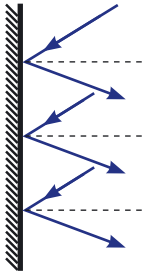
Certaines irrégularités du milieu de propagation peuvent ralentir localement ou dévier la propagation du son.
Parmi les phénomènes les plus communs on citera les gradient de températures qui entraînent un changement de la densité et de la viscosité de l'air et un courant de convection. Par exemple lors d'un concert si l'air au dessus du public est frais, la chaleur dégagée par les spectateurs va créer un courant ascendant. Il y aura un vent très lent qui va déplacer les molécules qui constituent l'air vers le haut et va dévier la propagation du son vers le haut.

2.5 Réflexion, diffusion et absorption

Quand une onde arrive d'un fluide sur une surface solide une partie peut être transférée à la surface, mais que devient le reste ?

2.5.1 La réflexion

Si la surface est dure, de grandes dimensions et plutôt plane l'onde sera réfléchie. Comme en optique, l'angle de réflexion est donné par l'angle d'incidence et la normale à la surface.



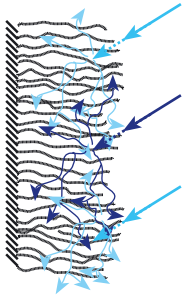
2.5.2 La diffusion

Si la surface est dure, de grandes dimensions et poreuse, l'onde est diffusée. La réflexion se fait dans toutes les directions d'espace à cause des irrégularités de la surface.

2.5.3 L'absorption

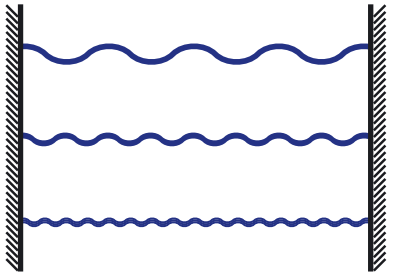
Si la surface est poreuse et souple sur une grande épaisseur, l'onde sera sans doute absorbée. L'onde pénètre dans les cavités à l'intérieur du matériau. L'énergie est dispersée dans le solide.
Selon le rapport de la longueur d'onde et de l'épaisseur de matériau, les fréquence aiguës seront plus atténuées que les graves.

2.5.4 Les ondes stationnaires

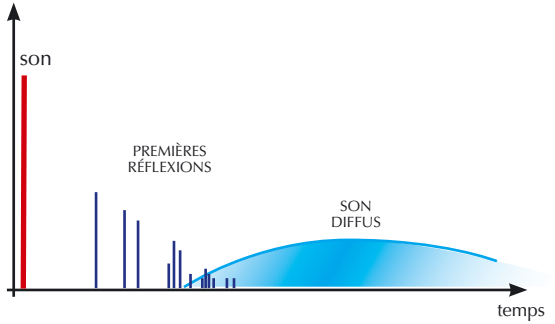


Entre deux parois parallèles, certaines ondes peuvent être exagérées si la distance qui sépare les parois est un multiple de la longueur d'onde. On parle alors d'onde stationnaires. Dans un lieu voué au son, on évitera la disposition des murs de façon trop rectangulaire pour éviter ces phénomènes.

2.5.5 La réverbération



La réverbération est due à la multiplication des signaux réfléchis et diffusés par les parois d'un lieu. Certaines composantes peuvent aussi être amorties par l'absorption donnant une coloration à la réverbération.
La réverbération se décompose essentiellement en "premières réflexions" et en "son diffus". Les premières réflexions sont les ondes réfléchis peu après l'émission du son qui reste assez distinct. Le champ diffus est dû aux multiples réflexions et à la diffusion. On considère en général qu'en dehors des parois le champ diffus est homogène dans le lieu.
La réverbération peut être quelque chose de recherché ou de



gênant. On peut essayer de la modeler un peu avec des panneaux acoustiques réfléchissants, diffusants ou absorbants.

La psycho-acoustique étudie tout le phénomène de la perception du son. C'est un domaine en pleine évolution. La partie mécanique et la transduction sont maintenant connus et il reste la partie cognitive à investiguer davantage.

3.1 physiologie de l'oreille

3.1.1 Le pavillon de l'oreille

La partie extérieure de l'appareil auditif a de multiples fonctions.
C'est d'abord un système d'amplification qui permet d'élever le niveau sonore en le captant sur une plus grande surface.
De part sa forme irrégulière il permet de marquer le son avec une information de direction qui sera décodée par le cerveau.
La forme du pavillon est aussi personnelle qu'une empreinte digitale. Les enregistrements binauraux réalisés en plaçant les microphones dans les conduits auditifs ne peuvent pas s'échanger avec d'autres personnes : ils leurs paraissent très étrange car ces informations de directions ne sont pas juste par rapport à leurs propres empreintes.
Ensuite la forme des différents cartilages du pavillon permettent d'éviter à la poussière de pénétrer dans le conduit auditif.

3.1.2 Le conduit auditif

C'est un conduit de forme un peu irrégulière qui sert à créer une résonnance avec le tympan dans la plage de fréquences de la voix.

3.1.3 Le tympan

Au fond du conduit auditif se trouve le tympan. C'est une membrane en peau qui est mise en vibration par les sons qui entrent dans le pavillon.
La pression à l'intérieure de l'oreille moyenne est régulée par les trompes d'Eustache qui permettent l'équilibre avec la pression atmosphérique.

3.1.4 Les osselets et les muscles de l'oreille moyenne

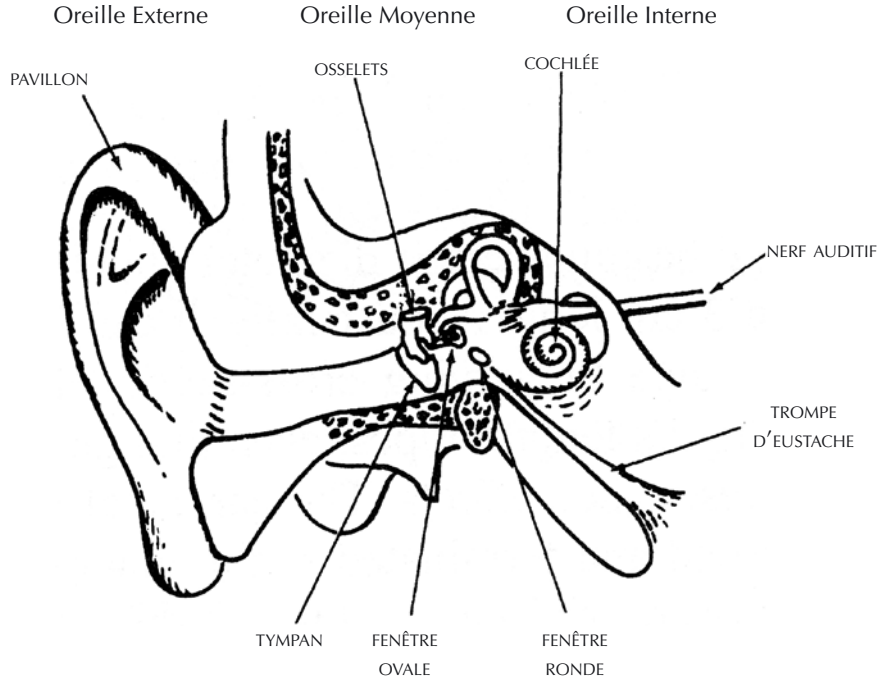
Entre le tympan et la cochlée se trouvent trois petits os tenus ensemble par deux petits muscles.
Le premier os, celui qui touche le tympan, est le marteau. Puis vient l'enclume et finalement l'étrier qui appuie sur la membrane de la fenêtre ovale.
Ce dispositif permet de faire une adaptation d'impédance acoustique entre l'air et le labyrinthe membraneux de l'oreille interne. Il faut faire passer un signal d'une membrane de 80mm² de surface excitée par un son aérien vers la membrane de la fenêtre ovale qui fait 3mm² qui fait l'interface avec un fluide visqueux de l'autre côté. L'efficacité de ce mécanisme est remarquable puisqu'il permet de percevoir des vibrations d'une amplitude d'un dixième du diamètre d'une molécule d'hydrogène.
De plus lorsqu'on est exposé à des niveaux sonores élevés la tension des muscles de l'oreille moyenne peut varier pour limiter la transmission des vibrations à l'oreille interne et la protéger.

3.1.5 La conduction osseuse

Les sons passent aussi par le crâne. En particulier les sinus qui sont des cavités osseuse poreuses servent de résonateurs. Les vibrations se transmettent directement à l'oreille interne sans passer par l'oreille moyenne.

3.1.6 L'oreille interne

L'oreille interne a deux fonctions principales : l'audition, avec la conversion du signal mécanique en influx nerveux, et la perception du corps dans l'espace, de l'équilibre.
L'oreille interne communique avec les osselets de l'oreille moyenne par la membrane située dans la "fenêtre ovale". La membrane de la cochlée apparaît à un autre endroit de l'oreille moyenne : la fenêtre ronde. Il pourrait y avoir une excitation de la cochlée dans les hautes fréquences par voie aérienne directement entre le tympan et la fenêtre ronde.
La cochlée est un organe complexe. Globalement ce serait un ensemble de résonateurs accordés chacun individuellement sur certaines fréquences. Dans chaque résonateurs se trouvent des cellules ciliées qui sont excitées par les vibrations et qui convertissent ces vibrations en influx nerveux.
De plus il existe de nombreux mécanismes qui ont pour rôle d'atténuer les sons provenant de l'intérieur de notre corps (bruits de respiration, bruits du système sanguin, bruits articulaires et même notre propre parole qui devrait être assourdissante).



La description de l'organe et de toutes les théories prendrait quelques pages d'explications. Aussi je renvoie le lecteur à la première partie du livre "La clef des sons" de Bernard Auriol (éditions érès) qui donne un bon aperçu de l'ensemble des théories présentes et passées. Il existe d'autres ouvrages, mais ce livre à l'intérêt de proposer une vulgarisation bien imagée de nombreuses choses.

3.1.7 Le cerveau

Là les choses deviennent encore plus complexes. Différentes zones du cerveau interviennent pour décoder toutes les informations : nature et localisation des sons, analyse du langage, adaptation aux stimuli sonores, etc. Dans la partie suivante je décrirai les principaux mécanismes de la localisation puisque c'est ce qui est le important en matière de prise de son.

3.2 Localisation biaurale

3.2.1 Localisation latérale

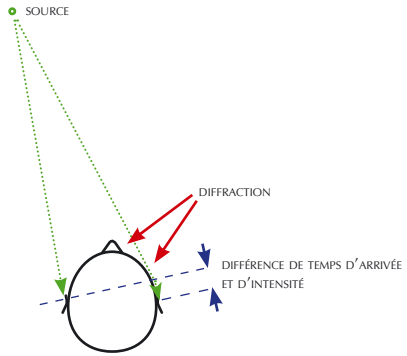
Les sources sont perçues à 180° autour de notre tête. La localisation latérale permet de savoir si une source provient de la gauche ou de la droite. On verra plus loin la localisation avant arrière.
Plusieurs phénomènes entrent en jeux :

- L'intensité perçue et le temps de réception. La différence de trajet d'une oreille à l'autre permet de savoir si la source est plus à gauche qu'à droite. Les limites de la différence en intensité sont de l'ordre de 7dB et en temps de l'ordre de 0,7 ms.
- La différence de timbre entre les sons captés par chaque oreille. Il y a des diffractions sur le nez, les pommettes et les pavillons qui colorent le son en fonction de l'incidence du son. Le cerveau peut décrypter ces informations pour localiser la source.

La localisation sur les côtés de la tête est très mauvaise car l'une des deux oreilles est vraiment masquée, l'adaptation sera de tourner la tête dans la direction générale perçue pour affiner la localisation.

3.2.2 Localisation avant-arrière

Il y a peu de différences entre la perception d'un son provenant de l'avant et un provenant de l'arrière. Des micro-mouvements de tête permettent de lever le doute.



3.2.3 Localisation d'élévation

Ce n'est pas une localisation très performante, mais les réflexions sur les épaules ajoutent des informations qui peuvent être décodées par le cerveau. Là encore, la réorientation de la tête permettra d'affiner la localisation.
Des phénomènes cognitifs peuvent influer. Une source typiquement aérienne (oiseau, avion, hélicoptère...) sera plus vraisemblablement au dessus de nous. Cet aspect peut entraîner des erreurs.

3.2.4 Localisation de profondeur

Comment sait-t-on si une source est lointaine, si une source est devant une autre ?
Les variations de perception pour une sources lointaine lorsqu'on tourne la tête seront plus minimes que si la source est proche.
Ensuite le niveau d'une source lointaine sera plus faible que celui d'une source proche. Ceci sera particulièrement utile si les puissances sonores des sources sont connues.
Finalement le rapport entre le son direct et le son réverbéré sera une indication. Plus la source est proche et plus le son émis par la source sera fort par rapport au son réverbéré. En plus, les premières réflexions ainsi que le temps pour que le son diffus apparaisse donnent des informations de distance.

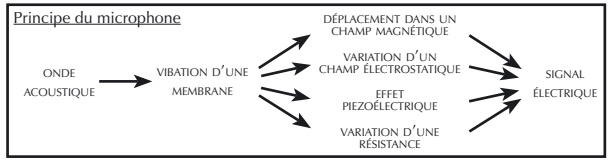
Avant d'aborder les aspects techniques et créatifs, un petit tour d'horizon sur mon expérience avec la technologie. On verra que certains choix techniques sont dictés par des considérations esthétiques, mais aussi technologiques.

Pour aborder la technologie, j'ai choisi de partir de la captation vers la restitution : du microphone au haut-parleur.

4.1 Les microphones

4.1.1 Principe

C'est le capteur qui permet de convertir un signal acoustique en signal électrique.



Il existe de nombreux types de microphones de par leurs caractéristiques mécaniques, électroniques et acoustiques.

4.1.2 Classification électrique et mécanique

On étudie les microphones selon le principe de conversion du signal acoustique et signal électrique.

4.1.2.1 Microphones électrodynamiques

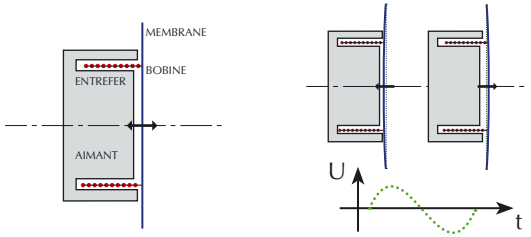
4.1.2.1.1 principe

L'induction est un phénomène qui fait qu'un matériau conducteur en mouvement dans un champ magnétique va être parcouru par un courant électrique induit.
C'est le même principe que la dynamo en quelque sorte.

4.1.2.1.2 à bobine mobile

Ici on utilise une membrane très légère sur laquelle on a fixé une bobine de fil métallique très fin. Si la bobine ou la membrane sont trop lourdes l'inertie du système sera telle que les petites vibrations ne pourront pas mettre en mouvement la membrane. La bobine est placée dans l'entrefer d'un aimant cylindrique.

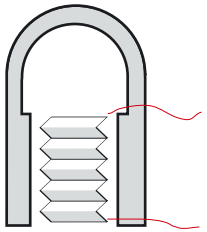
Lorsque la membrane vibre, la bobine se déplace dans le champ magnétique créé par l'aimant. Il apparaît ainsi un courant induit. La différence de potentiel aux bornes de la bobine est le signal électrique audio.



En règle générale, les niveaux de sortie de ces microphones sont faibles et entraînent un souffle important. En contrepartie, ces microphones sont capables de travailler avec de très fortes pressions acoustiques. La distorsion est relativement bonne comparée aux autres types de microphones.
Ces microphones sont robustes et peu sensibles à l'humidité.
Les microphones de ce type sont très communs. On trouve classiquement des polarités omnidirectionnels et directionnels (cardioïdes et hypercardioïdes)
Par l'ajout d'une seconde bobine non-mobile et hors du champ de l'aimant, on peut en la mettant hors phase par rapport à la bobine mobile réduire très fortement les parasites électromagnétiques.

4.1.2.1.3 à ruban

Un petit morceau d'aluminium plié en accordéon est suspendu dans l'entrefer d'un aimant en fer à cheval.
On prélève la différence de potentiel de part et d'autre du ruban d'aluminium.



Ce type de microphone est plus sensible que le microphone à bobine mobile, mais aussi beaucoup plus fragile. Il suffit de souffler sur la membrane pour l'abîmer de façon irréversible.
Un transformateur d'adaptation d'impédance est nécessaire.

Ces microphones ont été très communs avant l'apparition des microphones électrostatiques. On les a beaucoup trouvé pour l'enregistrement et la radiodiffusion de la voix.
La polarité classique de ces microphones est bidirectionnelle de part la symétrie entre l'avant et l'arrière. On trouve aussi quelques microphones hypercardioïdes.

4.1.2.2 Microphones électrostatiques

4.1.2.2.1 principe

On crée un champ électrique entre une membrane métallisée et une ou plusieurs armatures fixes : on réalise un condensateur.
La membrane, en se déplaçant, fait varier la distance entre les deux plaques du condensateur. Le champ électrique varie en fonction du carré de la distance, la mesure de ce champ électrique donne le signal électrique audio.
Ces microphones sont bien plus sensibles que les microphones électrodynamiques, la distorsion est plus faible, le rapport signal-bruit est amélioré. En revanche, les niveaux admissibles sont inférieurs et dans l'ensemble il y a des problèmes de fuites dans les condensateurs liés à l'humidité.

Il existe trois types de mise en oeuvre :

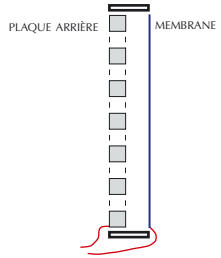
4.1.2.2.2 à electret

On utilise une matière plastique, appelée "electret", qui a la propriété d'avoir été chargé électriquement à la fabrication.
On prélève le champ électrique entre cette plaque fixe et la membrane "electret".
L'avantage est au niveau de l'électronique embarquée dans le microphone puisqu'il n'est pas nécessaire de créer une tension de polarisation dans la capsule.
Une alimentation est toutefois nécessaire pour les étages de préamplification du signal à la sortie de la capsule.
Ce type de microphone permet de réduire les dimensions de la capsule : "microphones cravates".
Beaucoup de microphones de moyenne gamme et quelques modèles haut de gamme sont conçus selon ce concept.
Toutes les directivités sont disponibles pour ce type de microphone.

4.1.2.2.3 à condensateur asymétrique et polarisation continue

Ici, il s'agit d'une polarisation non permanente. Dans l'élec-

tronique du microphone il y a un convertisseur qui augmente la tension fournie par l'alimentation fantôme pour polariser la membrane (entre 50V et 100V).

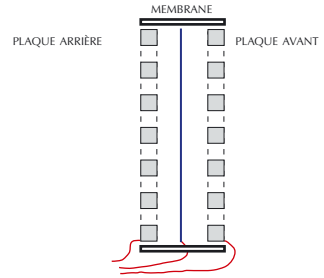


On mesure sur une résistance très élevée placée entre les deux plaques du condensateur la variation de la tension liée au déplacement de la membrane.
Le bruit de la capsule est notamment lié aux dimensions de la membrane, plus la surface est petite et plus le rapport signal-bruit est mauvais.
L'électronique est plus complexe que dans le cas de l'electret. On trouve des microphones très sensibles dans cette catégorie.

Il reste néanmoins des imperfections :
- la tension de polarisation élevée dans des conditions humides crée des problème de fuite entre les deux plaques du condensateur.
- plus gênant à mon avis est un problème de conception plus fondamental :
Le champ électrique varie en fonction du carré de la distance entre les deux plaques. Une vibration qui excite la membrane va engendrer un débattement de part et d'autre de la position de repos. Tantôt la distance entre la membrane et la plaque arrière va être plus grande que la distance au repos, tantôt elle sera plus petite.
Soit D la distance au repos et d l'excursion avant et arrière la membrane si elle est soumise à une fréquence pure.
Quand la membrane est du côté de la plaque arrière la variation du champ électrique est de : $(D-d)^2/D^2$
Quand la membrane est du côté opposé à la plaque arrière la variation du champ électrique est de : $(D+d)^2/D^2$
On voit ici apparaître une non-linéarité qui engendre de la distorsion.

4.1.2.2.4 à condensateur symétrique et polarisation H.F

Pour résoudre à ces problèmes, la société Sennheiser a développé une technologie différente, puisque l'idée principale était d'avoir une capsule symétrique. Il faut donc rajouter une autre armature fixe devant la membrane. On obtient une sorte de condensateur en sandwich.
Si la polarisation n'est plus continue, mais alternative l'impédance de la capsule chute et on peut utiliser des résistances plus faibles pour charger le condensateur. De plus à tension de polarisation constante le niveau de sortie de la capsule augmente avec la fréquence de polarisation. On peut donc augmenter la fréquence de polarisation et baisser la tension de polarisation.



Ceci résout les problèmes de fuites de courant en milieu humide et la distorsion due à la non-symétrie du capteur précédent.

4.1.2.3 Autres technologies

4.1.2.3.1 à céramique piézoélectrique

Un cristal piézoélectrique a la propriété de faire apparaître une différence de potentiel entre ses faces lorsqu'il est soumis à une pression.
On peut utiliser cette propriété pour convertir une onde acoustique solidienne (qui se propage dans un solide et non dans un fluide) en signal électrique.
La qualité n'est pas très bonne en règle générale. La distorsion est élevée, mais on utilise ce capteur pour des applications spéciales, par exemple pour des instruments de musique en captation "de contact", ou s'il y a de fort risque de Larsen, pour faire des hydrophones, etc...
En général, le capteur se présente sous la forme d'un disque de céramique avec une face métallisée déposé sur un disque de laiton. Il suffit de souder un fil sur le disque de laiton et un sur la surface du cristal pour obtenir un capteur.

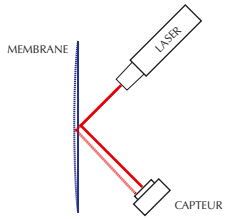
Un étage de préamplification est nécessaire si on souhaite câbler de grandes longueurs.

4.1.2.2.2 à charbon

C'est un des premiers microphones électriques. Ici il s'agit de faire varier une résistance.
Une membrane conductrice est placée sur un récipient contenant du charbon réduit en poudre. On fait passer un courant entre la membrane et le récipient. Le charbon est conducteur et laisse passer le courant. Lorsque la membrane se déplace, les grains de charbon sont plus ou moins comprimés et font varier la conductivité globale du charbon. Si on alimente avec une intensité constant on fait varier la tension et vice-versa.
La distorsion est très élevée et la sensibilité faible.
Ces microphones on longtemps été utilisé dans les téléphones. Aujourd'hui ce sont des objets de collection.

4.1.2.2.3 le futur...

Il y a de nouvelles technologies en développement. Le but premier semble néanmoins la miniaturisation.
Exemple : le capteur optique.
Il s'agit de suivre à l'aide d'un laser le déplacement d'une membrane réfléchissante. On utilise la réflexion du rayon laser sur la membrane et on en déduit le signal audio. Le déplacement de la membrane dévie plus ou moins le rayon réfléchi et selon la quantité de lumière captée par la cellule photosensible on peut déduire la position de la membrane.



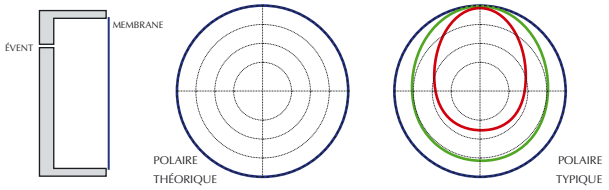
Il existe d'autres technologies en développement :
- Un assemblage de microcapteurs sur un substrat de silicium.
- Des capteurs numériques ou des microphones intégrant des convertisseurs proches de la capsule.

4.1.3 Classification acoustique

Les propriétés fondamentales des microphones sont leur directivité et leur réponse en fréquence. Elles dépendent de la mise en oeuvre des capteurs décrits précédemment.

4.1.3.1 Capteur de pression

C'est le plus simple : une membrane sur un boîtier fermé, à part pour un trou qui sert d'évent pour compenser les variations de la pression atmosphérique. On mesure la différence



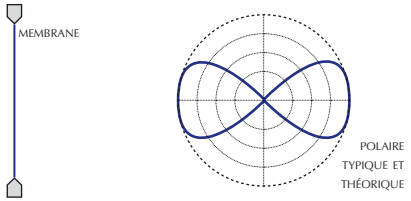
entre la pression extérieure et une pression interne pratiquement constante.
La directivité théorique de ce capteur est omnidirectionnelle, c'est à dire que quelque soit l'incidence du son par rapport à la capsule, l'intensité sera la même.
En pratique, la taille de la capsule et du corps du microphone font qu'il y a une directivité de plus en plus marquée au fur et à mesure que la fréquence augmente.

La réponse est étendue dans les graves. Par contre plus on s'éloigne de la source et plus les aigus chutent. Pour remédier à cela certaines capsules ont "une bosse de présence".

Les capteurs de pression ont des membranes plus tendues que les autres capteurs, on peut les conseiller s'il fait un vent fort et que la directivité relativement large dans les médiums et graves n'est pas un problème.

4.1.3.2 Capteur de gradient de pression

Un autre cas simple, ici la membrane est fixée sur un anneau et c'est la différence de pression entre les deux faces de la membrane qui la fait dévier.
La polaire théorique est en forme de huit. Les sons provenant latéralement (dans le plan de la membrane) agissent de façon égale sur les deux faces et ne sont pas captés. La sons provenant d'une source placée dans l'axe du microphone sont captés avec le plus de sensibilité.
En pratique les polaires sont très proches de la théorie.

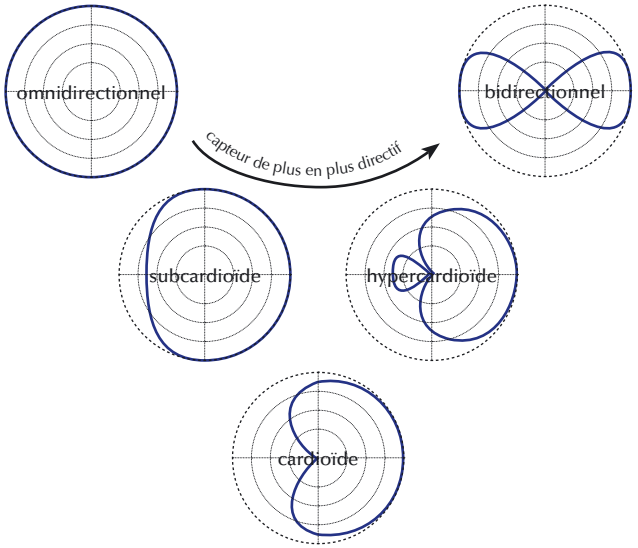


Les lobes de la polaire sont hors-phase l'un par rapport à l'autre. On repère l'avant comme étant le côté de la membrane où les surpressions créent des tensions positives.

La réponse dans les grave est limitée, on a classiquement -6dB vers 40Hz.
En revanche, plus le microphone est proche de la source et moins le régime d'ondes planes, sur lequel la conception du microphone est basé, est juste. Il faut revenir au cas des ondes sphériques. Seulement entre l'avant et l'arrière de la membrane l'intensité du son varie par le trajet rajouté d'où une accentuation des fréquences à grande longueur d'onde. On appelle ce phénomène l'effet de proximité. Il suffit d'atténuer les graves avec un filtre pour régler ce problème. Mais si il y a des sources plus éloignées qui sont captées en plus de sources proches il y aura une différence de tessiture artificielle.

La membrane des capteurs de gradient de pression est souple et est donc très sensible au vent. Une bonne protection contre le vent est nécessaire pour créer un espace non turbulent autour de la capsule.
Selon la force du vent, on choisira la protection adaptée. Une protection trop forte nuira inutilement aux hautes-fréquences. Dans l'ordre d'efficacité, mais aussi d'atténuation dans les aigus :

- Mousse,
- Cage avec voile en tissu,
- Cage + jersey,
- Cage + fourrure.



4.1.3.3 Labyrinthe acoustique

Si on ajoute petit à petit une polaire bidirectionnelle à une polaire omnidirectionnelle on obtient une continuum de polaires de plus en plus directives.
Il faut se souvenir qu'un des lobes de la polaire bidirectionnelle est en opposition de phase. C'est pourquoi on a progressivement un côté de la polaire omnidirectionnel qui disparaît.
Remarque : on normalise les polaires par rapport à leur maximum de sensibilité.
En pratique pour avoir un peu de capteur de gradient de pression et un peu de capteur de pression dans la même capsule on crée à l'arrière de la membrane un labyrinthe acoustique qui retarde sélectivement les sons en fonction de leur angle d'incidence et de leur fréquence.

On peut ainsi fabriquer de nombreux microphones.
Les polaires les plus régulières et qui sont les plus proches du modèle théorique sont les cardioïdes.

L'effet de proximité est toujours présent pour ces microphones de polarité intermédiaire.

4.1.3.4 Capteur à directivité variable

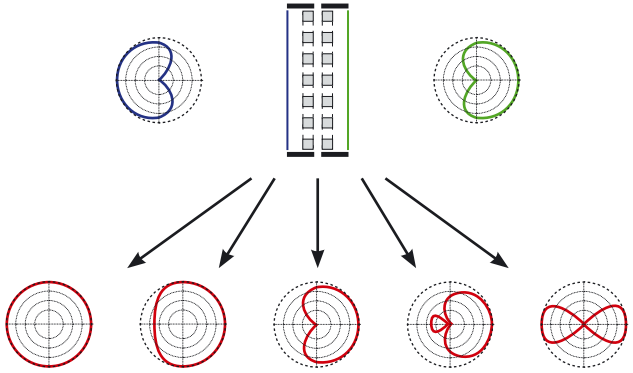
Les capteurs décrits précédemment sont à une seule polarité.

Il peut être intéressant d'avoir une capsule capable de nous donner plusieurs directivités, voire même toutes les directivités possibles dans le continuum.
Deux mises en oeuvre sont possibles.

4.1.3.4.1 système modulaire à capsules interchangeables
C'est l'approche la plus élémentaire. On change la capsule en gardant la même électronique. Ca marche toujours et il n'y a pas de doute à avoir, chaque capsule à une directivité rigoureuse. Il n'y a pas de compromis pour avoir plusieurs directivités sur la même capsule. Il existe de nombreux ensembles de ce genre.

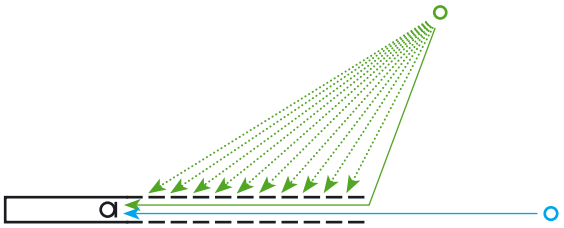
4.1.3.4.2 à simple membrane
Assez rare, une seule membrane, mais un labyrinthe avec des ouïes que l'on peut ouvrir et fermer mécaniquement par des volets pour modifier la directivité. Les directivités intermédiaires ne sont pas possibles.
De telles capsules existent par exemple chez Schoeps.

4.1.3.4.3 à double membrane
Ici on associe deux capteurs. On pourrait d'après ce qui a été décrit au 4.1.3.3 combiner dans le même microphone une capsule bidirectionnelle et une capsule omnidirectionnelle. C'est de cette façon qu'on obtenait des capsules cardioïdes avant de savoir les concevoir avec des labyrinthes acoustiques. Mais la polaire d'une capsule omnidirectionnelle est loin du modèle théorique. On a donc recours à deux capsules cardioïdes dos à dos et on mélange les signaux pour faire varier la directivité.
On trouve ce type de capsule chez Neumann et Sennheiser par exemple.



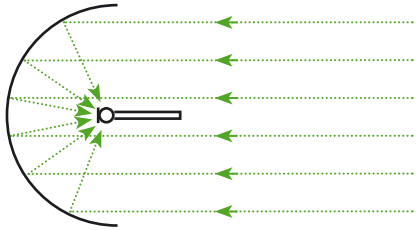
4.1.3.5 Autres systèmes

4.1.3.5.1 tube à diffraction / "canon"
Le tube a diffraction fonctionne sur le principe de la mise hors phase des sons ayant une incidence plus ou moins écartée de l'axe avant du microphone.
C'est un capteur de type hypercardioïde avec un long tube percé de trous sur les côtés.
Ces microphones sont parmi les plus directif, mais il existe de nombreux artefacts acoustiques et on voit apparaître plein de petits lobes sur les côtés; Le tube à diffraction ne fonctionne que pour des fréquences de longueur d'onde courtes et moyennes. La polaire dans les graves est de type hypercardioïde.



4.1.3.5.2 parabole
Les paraboles acoustiques exploitent une propriété géométrique de ces courbes. Des droites provenant de l'infini arrivant parallèles à l'axe de la paraboles sont toutes renvoyée en passant par le foyer de la parabole.
Pour des sources lointaines, on peut considérer être en régime d'ondes planes, la propagation se fait de façon perpendiculaire au front d'onde. Si on oriente une parabole avec un microphone cardioïde (pour limiter la captation directe de la source qui peut donner des filtres en peigne en se mélangeant avec l'onde réfléchie) la pression acoustique au foyer sera proportionnellement plus élevée que la surface de la parabole sera grande.
Pour faire varier la directivité, il suffit d'avancer plus ou moins le microphone par rapport au foyer.

Ce type de microphone se rencontre beaucoup sur les bandes de touche des stades avec des opérateurs qui suivent l'action. On en trouve aussi en prise de son pour des documentaires animaliers quand il faut maintenir une certaine distance avec le sujet.



4.1.3.5.3 microphone à zone de pression (P.Z.M)
Une autre propriété est utilisée ici. On considère une surface de grande dimensions par rapport à celles du capteur. Si on mesure la pression acoustique au niveau de la surface on constate un doublement. Si on place un microphone juste au niveau de la surface on obtiendra un signal deux fois plus fort que si il n'y avait pas cette paroi.

Ce genre de microphone trouve pour applications la prise de son lors de conférences (placé discrètement sur les tables) ou sur de la captation musicale, en particulier pour le piano ou on le fixe sous le couvercle de l'instrument. Il peut aussi servir pour les batteries.

* * *

Les microphones sont sans doute la partie la plus critique dans la chaîne audio, puisque si la captation est de mauvaise qualité tous les efforts suivants auront beaucoup de mal à rattraper les dégâts.

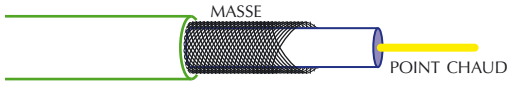
4.2 La transmission

4.2.1 Les câbles

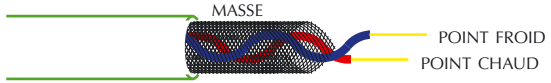
Le câble est le moyen de transmission le plus simple. Il existe une grande variété de types selon le signal qu'ils doivent transporter (bande passante du signal) et les appareils qui sont reliés à chaque bout du câble (impédance, symétrisation du signal).

4.2.1.1 Liaison symétrique / asymétrique

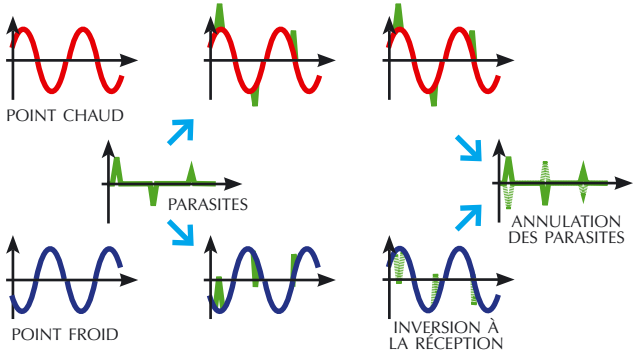
Une liaison asymétrique est simplement la propagation d'un signal entre un potentiel de référence et une seul fil électrique.



Une liaison symétrique se fait avec deux fils et un potentiel de référence. Le but de la liaison symétrique est de réduire les interférences électromagnétiques captées par la câble.



Les deux fils qui portent le signal sont hors-phase l'un par rapport à l'autre. Quand le signal arrive sur l'appareil récepteur, on inverse le signal hors-phase (point froid). Les deux fils ont subit les même interférences, mais lorsqu'on inverse la phase du point froid, on inverse les interférences et le signal est en phase avec le point chaud. Les signaux s'ajoutent et les interférences s'annulent.



4.2.1.2 L'impédance

L'impédance est équivalente à la résistance, mais pour un courant alternatif. Elle dépend de la fréquence du signal par un terme de capacité ou d'induction.
Les signaux audio-numériques sont dans une plage de fréquence très élevée. Il conviendra d'adapter l'impédance du câble lui-même pour que la partie du signal qui est réfléchi sur l'entrée du récepteur soit maîtrisée. Dans le domaine analogique ceci n'est pas nécessaire car la vitesse de propagation est tellement élevée que les longueurs d'ondes des signaux électriques sont très grandes par rapport aux longueurs des câbles.

4.2.1.3 Boîtiers directs (D.I)

Ces boîtiers ont deux fonctions :

- symétriser un signal pour éviter les parasites.
- limiter les pertes en lignes dues à la capacité des câbles.

Il existe plusieurs types de boîtiers directs (D.I : direct input)

- systèmes passifs qui utilisent des transformateurs,
- systèmes actifs qui utilisent des circuits intégrés ou des tubes électroniques. Il faut les alimenter par piles ou alimentation fantôme.

4.2.1.4 Blindage

Pour protéger encore davantage le signal on utilise un blindage électrostatique. On sait qu'à l'intérieur d'un tube de potentiel uniforme, le champ électrique est uniforme. De cette manière on peut empêcher les interférences de pénétrer dans le câble et de contaminer le signal.
Il existe différents types de blindages : par tresse (simple/double avec différents tressages), par feuillard (fine feuille métallisée). Le choix du câble et du blindage dépend de l'exposition plus ou moins importante aux parasites électromagnétiques, de la souplesse, du poids, de la fréquence du démontage de l'installation,...

4.2.1.5 Capacité linéaire

Le diélectrique entre les différentes parties métalliques du câble n'est pas neutre. En effet les différentes parties du câbles sont à des potentiels différents. On a un condensateur. La capacitance est la permissivité du diélectrique aux différents champs électriques formés par les conducteurs.
La capacité linéaire est la capacité du câble par mètre linéaire. Plus le câble est long et plus la capacité augmente. Et plus la capacité est importante dans un condensateur et plus les hauts fréquences peuvent passer. Donc plus un câble est long et plus les aigus du signal qu'il véhicule vont diminuer. Ceci peut être un problème. Pour le résoudre la solution consiste classiquement à convertir le signal analogique en signal numérique et de le faire voyager par une fibre optique.
Un autre problème lié à la capacité linéaire est qu'un câble peut être "microphonique". En effet si la couche de diélectrique varie (lorsque on écrase ou tord le câble) la capacité globale du câble change. Cette variation donne naissance à un signal qui s'ajoute qui est transmis par le câble, on entend dans le signal électrique les écrasements et les torsions du câble. Ce n'est pas un bruit mécanique qui se propage le long du câble pour être capté par le microphone, mais bien un problème de nature électrique.

4.2.1.6 Alimentations

On a vu que certains équipements nécessitent une alimentation. Ce n'est pas toujours possible d'avoir une alimentation secteur sur tous les appareils. Alors on a développé un système qui alimente par les câbles de modulation.
Le système le plus ancien est le 12V T. Il est délaissé de plus en plus au profit des suivants.
Les systèmes fantômes 12V et 48V. Le système 12V tend aussi à disparaître avec l'apparition de convertisseurs de tension continue de plus en plus efficaces.
Pour l'alimentation fantôme 48V, la tension de référence du point chaud et du point froid est de +48V par rapport au blindage qui sert de référence.
Dans le microphone ou le boîtier direct qui sert de source, une paire de condensateurs bloquent ce courant continu et on peut l'utiliser pour fournir l'énergie nécessaire soit à la polarisation de la membrane, à la préamplification du signal de sortie de capsule, l'alimentation des convertisseurs d'impédance.

4.2.2 Transmission radio (UHF/VHF)

Quand il n'est pas possible d'utiliser un câble, on peut avoir

recours à un système radio. La qualité de la transmission est inférieure, la plage dynamique est plus limitée que pour un câble. De plus avec toute l'électronique qui est ajoutée on peut avoir une élévation du souffle.
Une porteuse UHF ou VHF sert à la transmission en modulation de fréquence d'un signal basse fréquence (audio).
En général, dans ces dispositifs il y a une compression du signal à la source et une expansion à la réception pour essayer de gagner un peu en plage dynamique.
Les système UHF sont de meilleure qualité, ils sont aussi plus complexes du fait de l'augmentation de la fréquence de la porteuse.
La portée des émetteurs est variable selon la gamme de produit. On trouve des systèmes ayant jusqu'à 250 mètres de portée. La présence d'obstacles réduit la portée.
A l'émission il faut s'assurer que l'antenne ne touche pas le corps de la personne qui porte l'émetteur ou le câble qui va au microphone cravate.
A la réception il se peut que selon la position de l'émetteur, l'antenne de réception soit dans un noeud et le signal disparaît. Pour cela on a développé le système "diversity" avec deux antennes. Les signaux HF de chaque antenne sont comparé pour ne garder que la meilleur réception qui sera démodulée.

4.2.3 Fibres optiques

Après conversion en signal numérique, il est possible de transmettre, sur de très grandes distances, un signal sans perte et sans craindre les interférences.
La porté et l'intégrité de la transmission varient selon la qualité des fibres (verre ou plastique).
Ce genre d'installation est plus lourd en infrastructure et surtout plus coûteux que du câble électrique, mais peut être nécessaire pour des raisons d'exploitation difficiles ou pour limiter le nombre de câbles puisqu'une seule fibre optique peut transporter facilement de nombreux canaux contrairement à la transmission analogique.

4.3 La préamplification

4.3.1 Augmentation du niveau - gain

La préamplification sert avant tout à traiter des niveaux faibles pour les rendre plus robustes et plus faciles à manipuler.
Le niveau de bruit de la préamplification s'ajoute à celui des éléments précédent. Inutile toute fois d'avoir un élément particulièrement silencieux seul au milieu d'équipements plus bruyants.

4.3.2 Comparaison transformateur/circuit intégré

Il existe plusieurs types des circuits électriques capables d'augmenter le niveau d'un signal. Le transformateur est passif, le tube et le transistor sont actifs. Le tube amplificateur nécessite des transformateurs pour faire les adaptations d'impédances. Le tableau ci-dessous présente une comparaison des différents systèmes avec leurs avantages et inconvénients. En règle générale, comme dans beaucoup de domaines plus les performances sont élevées, plus les consommations sont elles aussi élevées et le prix de fabrication suit généralement le même chemin.

Caractéristiques	Transformateur	Tube amplificateur	Transistor
isolation galvanique en cas de références multiples	isolation galvanique	isolation galvanique par le transformateur	pas d'isolation, peut poser des problèmes si les références ne sont pas les même dans la chaîne audio
alimentation	passif, pas d'alimentation requise	actif, alimentation assez importante pour chauffer le filament des tubes	actif, faible consommation, mais une consommation qui croît avec les performances
poids, encombrement	poids et encombrement des noyaux des transformateur et des bobinages	taille du système d'alimentation, de refroidissement	poids et encombrement du système d'alimentation
respect de la phase	les transformateurs introduisent des rotations de phase fonction de la fréquence	les transformateurs introduisent des rotations de phase fonction de la fréquence	Respect de la phase possible si la conception n'est pas faite au rabais
distorsion	distorsion naturellement plus élevée, coloration sauf sur très haut de gamme	distorsion présente, mais peut être minimisée, coloration	Faible distorsion possible si la conception n'est pas faite au rabais
saturation	courbe de transfert au niveau de la saturation arrondie, compression	courbe de transfert au niveau de la saturation plus ou moins arrondie selon les caractéristiques du tube amplificateur et de son alimentation	saturation très marquée, apparition d'harmoniques impaires assez dures

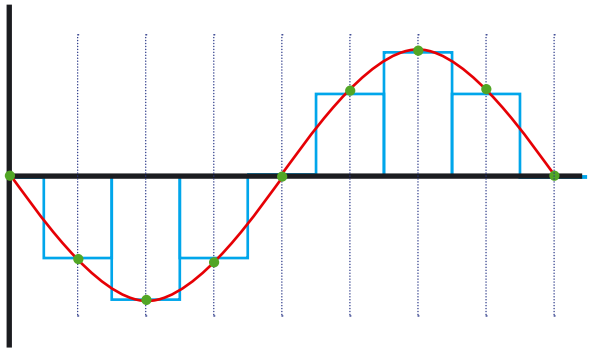
4.4 La numérisation

4.4.1 Fondamentaux

4.4.1.1 Fréquence d'échantillonnage

La numérisation est une quantification du signal analogique continu sur un très court intervalle de temps qu'on appelle échantillon.
La fréquence d'échantillonnage est le nombre d'échantillons par seconde.
On trouve trois familles de fréquences :
8000Hz, 16000Hz, 32000Hz
22050Hz, 44100Hz, 88200Hz
48000Hz, 96000Hz, 192000Hz

Des convertisseurs récents sont capables de transformer un signal déjà numérisé d'une fréquence d'échantillonnage à une autre.



4.4.1.2 Profondeur d'échantillonnage

C'est la précision avec laquelle les niveaux de chaque échantillon sont mesurés. Cette mesure se fait en nombre entier binaire, la précision est donnée en puissance de 2, le nombre de bits.
On trouve classiquement :
8 bits, 16 bits, 20 bits, 24 bits
Le potentiel de référence est égal à la moitié de la résolution. Par exemple en 16 bits, les potentiels négatifs par rapport à la référence sont entre 0 et 32766 et les potentiels positifs sont entre 32768 et 65535. La référence, potentiel nul, est à 32767.
Un signal qui dépasse les limites de la pleine échelle ne pourra pas être numérisé correctement. On aura une saturation.
La réduction de la profondeur se fait en modulant un bruit spécifique le bit de faible poids, ce qui adoucit la troncation des bits de poids faible sans ajouter de dureté et sans perdre trop d'information. On appelle ce "bruit utile" le "dither". On appelle parfois cette étape "noise shaping". Il existe de multiples algorithmes différents.

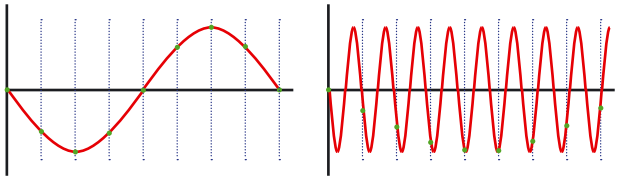
4.4.2 Le filtrage

La première étape de toute conversion analogique-numérique est de limiter la plage de fréquence. On utilise pour cela un filtre à pente très raide qui introduit des artefacts, mais sans lui c'est encore pire :

4.4.2.1 "Repliement"

La numérisation d'un signal de fréquence trop élevée par rapport à la fréquence de numérisation engendre l'apparition de sons infra-graves. On parle de repliement.
Le diagramme suivant montre ce qu'il se passe lors de ce phénomène.

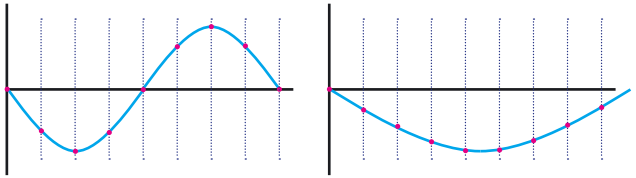
Signaux avant conversion



fréquence **inférieure** à la moitié de la fréquence d'échantillonage

fréquence **supérieure** à la moitié de la fréquence d'échantillonage

Signaux après conversion



4.4.2.2 Filtre

En fait pour caractériser un signal sinusoïdal pur il faut au moins deux points par cycle. En dessous, il apparaît ce phénomène de repliement. On en déduit que les fréquences que l'on peut numériser sont strictement inférieures à la moitié de la fréquence d'échantillonnage. On appelle fréquence de Nyquist la fréquence égale à la moitié de la fréquence d'échantillonnage.

Le rôle du filtre qui précède la conversion consiste à éliminer toutes les composantes dont la fréquence dépasse la fréquence de Nyquist.
C'est un filtre à pente très raide qui peut entraîner des oscillations de la phase et du gain.

4.4.3 Topologie des convertisseurs

4.4.3.1 topologie R-2R

C'est la première technologie qui est apparue. C'est assez lourd en mise en oeuvre : il faut opérer sur chaque échantillon un dichotomie pour mesure la valeur de l'amplitude du signal. Il y a autant de comparaisons que de bits.
De plus il faut maintenir la valeur de niveau constante sur toute la durée de l'échantillon.
Cette technologie continue d'être utiliser pour des convertisseurs numériques-analogiques pour laquelle elle est un peu plus simple à mettre en oeuvre.

4.4.3.2 topologie delta-sigma (1-bit)

Plutôt que de chercher à mesurer la valeur absolue du niveau à chaque échantillon, on cherche à suivre le niveau. Il n'y a qu'un seul comparateur, mais qui est cadencé à une fréquence supérieure à la fréquence d'échantillonnage. Le convertisseur est ainsi capable d'avoir une représentation du signal pratiquement en continu. Un algorithme calcul une valeur "moyenne" sur l'échantillon en intégrant la forme générale de la courbe sur l'échantillon.
Cette technologie est aussi utilisée pour les convertisseurs de sortie.

4.4.4 Les défauts de numérisation

Longtemps les défenseurs du vinyle ont considéré le son numérique comme trop dur. Les imperfections des premiers convertisseurs grand-public n'ont pas fait une bonne réputation au numérique. Le son du vinyle est compressé et a une distorsion élevée, ce qui le rend assez chaud. Les défauts des conversions numériques sont plus durs à l'oreille. Les dernières générations de convertisseurs sont assez transparents, même si d'une marque à une autre des différences importantes peuvent subsister malgré des caractéristiques techniques similaires.

4.4.4.1 bruits de numérisation

La valeur de niveau de chaque échantillon contient des approximations : La valeur retenue pour le niveau peut être un peu en avance par rapport au signal d'origine. De même la résolution en profondeur peut donner une valeur approchante, mais pas forcément exacte sur tout l'intervalle.
Même si il y a des algorithmes pour essayer de corriger cela à la numérisation et à la conversion numérique-analogique, ces deux facteurs entraînent l'apparition du bruit de numérisation et de la distorsion.
Pour y remédier il faut augmenter la précision de conversion au niveau temporelle et au niveau de la profondeur.

4.4.4.2 artefacts du filtrage

Le filtrage introduit comme il a été dit précédemment des irrégularités dans le respect de la phase et au niveau du gain pour les fréquences proches de la fréquences de coupure.
Si on augmente la fréquence d'échantillonnage suffisamment ces effets vont sortir de la plage audio. C'est le principal intérêt des fréquences d'échantillon élevées, bien au delà de la réduction du bruit de numérisation.

4.5 Les filtres

4.5.1 Généralités

4.5.1.1 Les types de filtres

On nomme le filtre selon la plage de fréquence qu'il laisse passer ou qu'il atténue :

- filtre passe-bas / coupe-haut : rejette les aigus
- filtre passe-haut / coupe-bas : rejette les grâves
- filtre passe-bande : ne laisse passer qu'une bande de fréquences
- filtre atténuateur de bande : atténue une bande de fréquences
- filtre passe tout : ne joue pas sur le niveau, mais uniquement sur le déphasage

4.5.1.2 Pente du filtre

C'est ce qui caractérise la capacité à rejeter plus ou moins abruptement les fréquences. Plus l'ordre du filtre est élevé et plus la pente est raide.

4.5.1.3 Fréquence de coupure

On appelle fréquence de coupure une fréquence qui sert à exprimer vers quelle fréquence le filtre commence à faire son effet. On ajoute une valeur de niveau (-3db ou -6dB) pour préciser.

4.5.1.4 Rotation de phase et irrégularités du gain

En général plus la pente est raide et plus le filtre introduit des rotations de phase importantes et des oscillations dans la courbe qui représente le gain du filtre. Il existe des filtre numériques capable de limiter cela.

4.5.1.5 Les types de filtres analogiques classiques

- Les filtres paramétriques permettent avec un nombre de boutons limité de déplacer les fréquences de coupure et de jouer sur la pente du filtre.
- Les équaliseurs mulitbandes sont composés d'une grand. nombre de filtres passes-bandes à pente raide côte à côte. On régle l'atténuation ou le gain de chaque bande indivisuellement. Ces filtres introduisent beaucoup de rotations de phase, mais ils sont utile quand il faut absolument avoir beaucoup de contrôle sur la courbe de réponse globale du filtre.

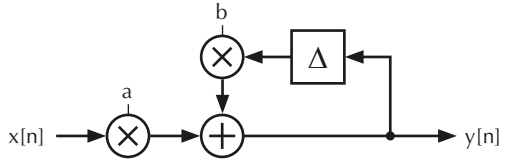
4.5.2 Les filtres analogiques

Les filtres sont des réseaux de condensateurs et de résistances, voire avec des bobines. Il peut aussi y avoir des composants actifs comme des amplificateurs opérationnels.

4.5.3 Les filtres numériques

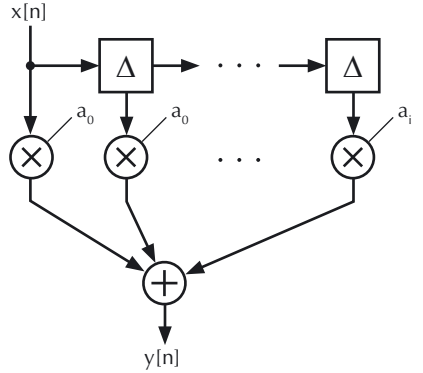
4.5.3.1 Filtre à réponse impulsionnelle infinie (I.I.R)

Ces filtres sont fait avec des algorithmes qui jouent sur la réinjection d'échantillons retardés. Pour simplifier et alléger les calculs on réinjecte dans l'algorythmes des échantillons qui ont été calculés précédemment par ce même algorithme. En revanche ces filtres peuvent donner des oscillations en sortie longtemps après le passage du dernier échantillon en entrée.



4.5.3.2 Filtre à réponse impulsionnelle finie (F.I.R)

Ces filtres sont fait avec des algorithmes qui jouent sur la réinjection d'échantillons retardés. Mais ici au contraire du filtre à réponse impulsionnelle infinie, les calculs se font sur des échantillons d'entrée uniquement. Le calcul est beaucoup plus lourd, mais les progrès des processeurs permettent aujourd'hui d'intégrer des filtres de ce type, ce qui était encore impensable il y a quelques années.



4.6 Le mixage

Lors du mixage, on s'attachera à bien régler les différents niveaux tout au long de chaque tranche de console et en sortie. On intégrera l'équalisation et les effets avec le reste. Le plus critique est de régler les niveaux respectifs en entrée avec le gain du préamplificateur et le niveau de sortie de la tranche. Il s'agit de ne pas avoir trop de gain sous peine de saturer avant d'arriver sur un niveau de sortie très bas et au contraire, si le gain est trop faible, il faudra monter le niveau en sortie et ceci n'est pas très bon pour le rapport signal bruit. On notera que certaines consoles sont construites de façon modulaire, on peut choisir le nombre et le type de chaque tranche. Pour les réparation le côté modulaire permet de réparer une tranche sans pour autant rendre indisponible toute la console.
D'autres consoles sont équipées de motorisation, ce qui permet d'enregistrer les réglages en continu. Ceci est particulièrement utile sur les consoles de studio. Ces fonctions sont souvent moins utilisées pour les consoles de diffusion.
La sortie d'une console peut comprendre des bus auxiliaires, des bus de sous-groupe pour faire des mélanges partiels ou servir de sorties supplémentaires. Les réglages des niveaux de ces tranches peux être plus ou moins indépendants du réglage général de sortie de la tranche selon la conception de la console.
De plus en plus de ce travail peut être fait sur des logiciels de montage et de mixage. Ceci remplace souvent avantageusement les grosses consoles de studio. Néanmoins de nombreuses personnes préfèrent le toucher d'une console ou d'un contrôleur à celui d'une souris ou d'une palette graphique. C'est aussi souvent une histoire de génération. Les gens ayant plus connu le travail virtuel n'ont pas forcément ce rapport aux atténuateurs *(faders)*.

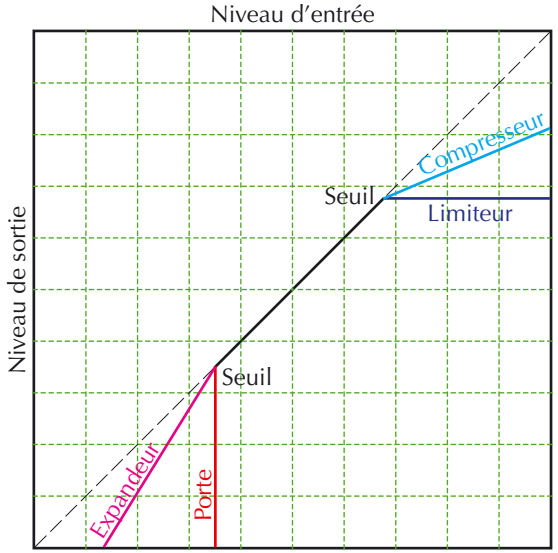
A l'aide des effets on contrôle la dynamique, le grain et le spectre des instruments. On peut recréer les rapports entre les instruments soit avec les rapports de réverbération soit avec les rapports de niveaux. On reconstruira éventuellement une impression d'espace acoustique entre les instruments.
Le choix des effets, des placements des instruments dépendent très fort d'une esthétique. Chaque style de musique a son esthétique. Certains ingénieurs du son possède également un son particulier, une marque de fabrique.

4.7 Les effets

Les effets servent à traiter le son. Là encore il existe des appareils analogiques ou numériques et des traitements logiciels. Il existe de nombreux effets, nous nous intéresserons particulièrement à trois familles.

4.7.1 le traitement de la dynamique

C'est une famille de traitements qui servent à modifier la plage dynamique d'un signal. Ces effets peuvent être combinés pour donner un traitement global.



COURBES DE TRANSFERT DES PROCESSEURS DE DYNAMIQUE

4.7.1.1 Le compresseur (*compressor*)

C'est l'effet le plus connu. Il s'agit d'atténuer le signal dès qu'il dépasse un seuil (*threshold* en anglais). Les paramètres sont :
- le seuil, exprimé en dB
- Le taux (ratio), exprime la pente de la courbe de transfert au-delà du seuil. Plus le taux est élevé et plus l'effet est marqué.
- Le temps de monté (attack), c'est la constante de vitesse pour l'entrée en action du filtre. Plus elle est courte et plus l'effet se fait sentir brutalement.
- Le temps de descente (release), c'est la constante de vitesse pour le retour à la normal du filtre une fois que le signal est repassé en dessous du seuil. Plus le temps est court et plus on sent un effet de pompage qui est souvent aussi désagréable que les pics que le compresseur cherche à adoucir.
Il y a d'autres paramètres possible en particulier sur les effets logiciels qui peuvent être très raffinés.
La compression peut aussi être couplée à un gain en sortie pour remonter globalement l'impression de puissance : les niveaux les plus forts sont tassés, mais gardent plus ou moins leur niveau et les niveaux faibles sont remonté d'autant qu'on a gagné sur les niveaux forts. Depuis une dizaine d'années la production musicale abuse de cette compression pour donner toujours plus l'impression de puissance. Mais la réduction de la plage dynamique dégrade vraiment beaucoup le signal et "aplatit" fortement la musique.
En dehors de donner cette impression de puissance importante pour les radios commerciales toujours dans la course à être la plus assourdissante de la bande FM, je pense qu'il y a d'autres raisons, en particulier la dégradation de l'équipement moyen des foyers. Aujourd'hui tout le monde a sa chaîne hi-fi. Pour que cet équipement autrefois réservé aux plus fortuné ai trouvé sa place presque dans toutes les maisons, il a fallu faire des économies sur la fabrication. Heureusement le design et les interfaces clinquantes font passer la médiocrité du reste : amplification avec de mauvais rapports signal-bruit, caisson d'enceinte en plastique...

4.7.1.2 Le limiteur (*limiter*)

Même effet que la compression sauf qu'ici le seul but c'est d'éviter de dépasser le seuil. Le taux de compression est infini. C'est encore plus brutal que la compression.
Cet effet peut servir à la prise de son pour protéger des pistes de surmodulations quand il n'est pas possible d'anticiper en reculant un microphone par exemple.
Il existe différents types de limiteurs qui ont des réactions plus ou moins anticipée en regardant la pente de montée du signal en plus du niveau.

4.7.1.3 L'expansion (*expander*)

Au contraire de la compression qui agit sur les bas niveaux, l'expansion dilate la plage dynamique en baissant les niveaux

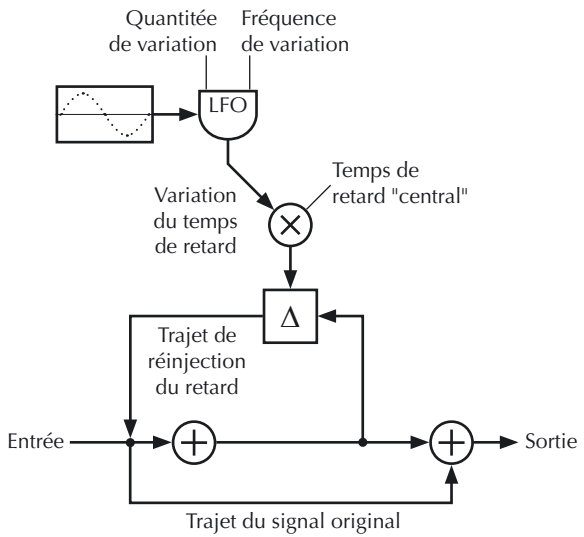
les plus faibles.
Les contrôles sont les mêmes que pour la compression sauf que le seuil n'est plus un niveau haut, mais un niveau bas.
On peut associer un expandeur à un compresseur pour transmettre un signal sur une plage dynamique étroite, comme par exemple par un signal HF.

4.7.1.4 La porte (*gate*)
C'est l'expansion extrême puisque tout ce qui est en dessous d'un certain seuil est purement et simplement coupé.
Cet effet sert souvent pour les batteries lorsqu'elles sont captées par de multiples microphones.

4.7.2 Les lignes de retard (*delay*)

De nombreux effets sont basés sur la ligne de retard.
4.7.2.1 Le delay, l'écho
C'est l'effet le plus simple : on retarde le signal d'une durée réglable. Il peut y avoir une réinjection du signal de sortie dans l'entrée de la ligne de retard ce qui crée des échos.
Cet effet est généralement limité à un seul instrument.
Il peut y avoir plusieurs réinjections avec des temps et des niveaux indépendants pour complexifier l'effet. (*multi-tap delay*).

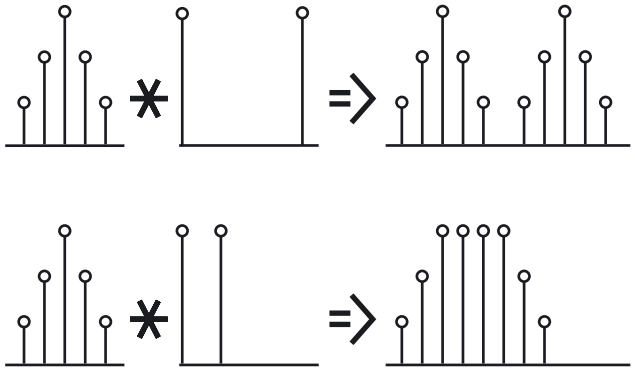
4.7.2.2 Les lignes à retard variable
Si on contrôle la durée de la ligne de retard avec une oscillateur basse fréquence (*low frequency oscillator : LFO*) on peut créer de nouveaux effets tels que le chorus, le flanger et le phaser.
Le décalage entre le son d'origine et le son traité créent des filtres en peigne variables qui amplifient ou atténuent certaines fréquences de façon cyclique.



Circuit de Flanger avec réinjection.

4.7.3 La convolution

La convolution est en quelque sorte la "multiplication-addition" de deux sons. En numérique on considère un son 1 qui sera traité par un son 2. La convolution "multiplie" chaque échantillon du son 1 par le son 2 en entier. Ce calcul a lieu pour chaque échantillon. Autrefois les limites de puissances de calcul permettaient difficilement de réaliser ces effets et il fallait un véritable laboratoire informatique pour traiter un son. Aujourd'hui la plupart des ordinateurs permettent ce genre de traitement.
Un application particulière est la génération d'effets de réverbération de grande précision. On enregistre la réaction d'une salle à une impulsion (un son très court comme un pétard). Ce son va servir à la convolution du signal à traiter. Comme cela on pourra pratiquement recréer l'acoustique d'une salle. Sauf que les premières réflexions qui dépendent réellement de la place des sources dans la salle ne peuvent être qu'approximées.



4.8 L'enregistrement

4.8.1 Les supports et les formats

Depuis les origines de l'enregistrement du son les choses ont beaucoup évoluées :
Le premier système dédié à l'enregistrement est une machine qui utilisait les surpressions et les dépressions pour faire varier la hauteur d'une flamme qui déposait de la suie plus ou moins haut sur une surface en translation. Ce système dessinait des formes d'onde comme on les appelle aujourd'hui. Mais il était impossible de relire cet enregistrement.
Ensuite sont venu les gravures sur cylindre et sur disque en cire ou en pyrale (aluminium laqué). La duplication était possible par pantographe avec une perte de qualité série après série. Chaque maison de disque développait son propre système pour tenter de gagner des parts de marché. Il y a eu jusqu'à une vingtaine de systèmes concurrents en vente en même temps avec pour certains juste des aiguilles à changer (forme et diamètre) ou dans d'autres cas tout le système de reproduction (gravure latérale ou verticale,...). Quelques essais d'enregistrements stéréophoniques ont été tentés sur deux tourne-disques jumelés, mais l'essentiel de la production était monophonique. De nombreuses personnes ne pouvaient s'acheter ces appareils et il existait des salons où on pouvait venir écouter les disques. L'usure des supports était assez importante et la qualité de la reproduction se dégradait de lecture en lecture.
Le tube amplificateur a permis de nombreuses choses pour l'enregistrement avec notamment la possibilité de moduler le gain de l'enregistrement. La qualité des supports s'est aussi améliorée.
La radiodiffusion a aussi fait son apparition grâce aux tubes amplificateurs.
C'est pendant la seconde guerre mondiale que l'enregistrement magnétique à été développé à des fins militaires. Il fallait enregistrer continuellement les messages radios captés. La bande magnétique a été développée par les allemands. Les anglais utilisaient des rubans de métal. Les progrès de l'industrie pétrochimique ont permis de fabriquer des films plastiques fins et résistants. Une bande magnétique n'est pas aussi continue que la qualification d'analogique voudrait le faire croire. Les oxydes déposés sur la bande sont constitués de petits bâtonnets qui sont orientés par le champ magnétique de la tête d'enregistrement. La taille de ces bâtonnets est variable et plus elle est petite et meilleur est la bande passante. La vitesse de défilement permet aussi d'avoir une augmentation de la bande passante. Par contre la plage dynamique dépend essentiellement de largeur de la bande. De la monophonie on est passé à la stéréophonie puis au multipiste. Ceci s'est fait par un découpage des pistes plus étroites et aussi par l'augmentation de la largeur de bande dans le cas du matériel professionnel.
L'introduction par Philips de la mini-cassette fût une révolution pour la grande-consommation. La capacité d'enregistrer arrivait à la portée de tout le monde.
Le disque jusqu'alors en cire ou en aluminium laqué a aussi profité des avancées en matière de plastiques : le disque vinyle est arrivé (durée de vie supérieure, bruits de surface améliorés, moins cassant, finesse de gravure, stéréophonie, fabrication industrielle par duplication galvanoplastique,...).
La révolution suivante a été la fabrication des disques compacts numériques. Il a fallu la collaboration de deux géants, Sony et Philips, pour maîtriser la conception : il faut déposer sur une face gravée d'un disque en polycarbonate une fine couche de métal. Le codage est très fin, il est fait par des trous plus ou moins longs dans le plastique. La fabrication des disques se fait également par pressage galvanoplastique. Le CD a presque fait disparaître le vinyle qui a trouvé des marchés de niche pour les collectionneurs, quelques audiophiles et les DJs de musique électronique.
Les dérivés haute résolution du CD ont du mal à trouver leur marché, le SACD de Sony-Philips et le DVD-Audio de Pioneer et du DVD-forum n'ont pas encore obtenu de véritables succès commerciaux malgré les avancées qu'ils apportent en terme de qualité, mais justement la tendance actuelle n'est peut être pas à la qualité...
Pour remplacer la minicassette de Philips, Sony a lancé la cassette DAT, puis le Minidisc, Philips a tenté la cassette numérique DCC, ces supports n'ont rencontré que des succès mitigés ou limités à des marchés de niche ou professionnels.
L'évolution actuelle va vers une multiplicité de formats et de supports par la "virtualisation de l'information". Les fichiers audio numériques voyagent à travers la planète et sont stockés sous de multiples encodages et sur n'importe quels supports numériques : CD, DVD, disque dur, mémoire flash,... Par contre les conversions ne laissent pas forcément le signal d'origine intact. Certains encodages compressent l'information en éliminant du signal les composantes soi-disant inaudibles. Peut-on espérer qu'avec la miniaturisation du stockage et l'augmentation des débits d'internet la tendance à cette compression recule ?

4.8.2 résistance de l'information au temps

C'est le problème majeur, comment s'assurer de la conservation des informations enregistrées ?
Des tests ont été entrepris début 1900 pour connaître la durée de vie des disques. Dans une cuve métallique des disques ont été enfermés hermétiquement. Les résultats seront bientôt connus !
Les supports en cire deviennent cassant avec l'âge. Les premiers plastiques n'avaient pas une durée de vie excellente, les agents plastifiants s'échappaient du matériau et le rendait cassant. D'autres plastiques devenaient gluants et perdaient leur forme. Des champignons peuvent aussi se développer et dégrader les supports.
Un problème connu est aussi la dégradation des supports par des emballages qui vieillissent mal. Les recommandations de conservation actuelles spécifient l'utilisation de pochettes de conservation pour les supports plutôt que leur pochette d'origine qui est gardée à part.
L'information numérique bénéficie d'une lecture indirecte : Le signal est traité avant lecture. Etant donné la finesse de l'information, on utilise des algorithmes de protections des données et une écriture entrelacées, voire même redondante de l'information. Mais les supports ne sont pas infaillibles, les disques optiques se rayent, les disques durs sont susceptibles de tomber en panne, craignent les chocs et la tête de lecture peut endommager sérieusement la surface des disques...
Un problème avec une technologie de plus en plus complexe est de pouvoir relire les informations d'ici un siècle par exemple quand les lecteurs n'auront certainement plus grand chose à voir avec les appareils actuels. Deux stratégies de conservation sont possible :

- conserver suffisamment de lecteurs de l'époque d'origine en espérant qu'on pourra toujours en faire fonctionner un, voire d'en refaire un à partir des restes fonctionnels des lecteurs conservés.
- Faire évoluer le support de l'information de façon perpétuelle pour au moins conserver le contenu même s'il n'est plus sur son support d'origine.
La tendance actuelle à la surproduction de contenu ne facilite pas la tache des archivistes.

4.9 L'amplification et les haut-parleurs

4.9.1 L'amplification

4.9.1.1 Tubes et transistors

Les tubes bénéficient encore d'une certaine popularité chez les audiophiles pour la coloration qu'il peuvent apporter à un enregistrement. La consommation et l'encombrement des tubes par contre ne permettent pas la miniaturisation ou la portabilité des amplificateurs.
Les transistors vieillissent moins vite, la mise en oeuvre électronique ne fait pas appelle a de gros transformateurs et il n'y a pas d'énergie perdu dans le cauffage des tubes.
Dans un cas comme dans l'autre il est possible de développer des amplis fidèles.

4.9.1.2 Classes d'amplificateurs

Les amplificateurs audio appartiennent à deux classes : A et AB
La classe A utilise un seul composant amplificateur. Pour un potentiel nul le composant est à la moitié de son potentiel de sortie. L'avantage est qu'il y a une continuité entre la partie positive et négative du signal.
La classe AB utilise deux composants amplificateurs dos à dos. L'un traite l'alternance positive du signal, l'autre l'alternance négative. Au repos les deux composants sont eux aussi au repos. La consommation et le vieillissement dûs à la température sont limités. Par contre il faut bien maîtriser la transition d'un composant à l'autre pour avoir une continuité entre la partie positive du signal et la partie négative.

4.9.1.3 La multi-amplification

Un haut parleur est conçu pour une certaine plage de fréquence n'aura pas un joli son si on l'alimente en large bande. Il faut donc filtrer pour alimenter chaque haut-parleur dans la plage de fréquence pour laquelle il est conçu.
On peut effectuer ce découpage avant l'amplification par un filtre actif. Chaque tranche alors sera amplifiée par un amplificateur spécifique (qui peut être optimisé pour la bande de fréquence).

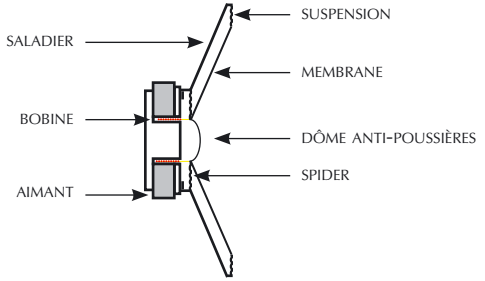
4.9.2 Les haut-parleurs

4.9.2.1 Le filtrage

Si le filtrage n'a pas été fait avant l'amplification, on a recours à des filtres passifs capables de travailler avec des signaux mplifiés. Ces filtres sont des réseaux de condensateurs, résitances et de bobines.

4.9.2.2 Les haut-parleurs électrodynamiques

Ce sont les plus répandus. On les trouve depuis longtemps et peu de choses ont vraiment évoluées depuis leur invention.
Ils sont constitués d'un aimant et d'une membrane équipée d'une bobine conductrice.



Pour augmenter le rendement, il faut recourir à des pavillons acoustiques qui permettent d'adapter l'impédance de l'enceinte à celle de la pièce.
En sonorisation le contrôle de la directivité est important. Il faut éviter de mélanger les sons sortant d'haut-parleurs voisins du même groupe qui pourraient donner des filtres en peigne.
Un asservissement par le suivi de la position ou de l'accélération de la membrane peut permettre d'améliorer les performances des haut-parleurs de grave.

4.9.2.3 Autres haut-parleurs

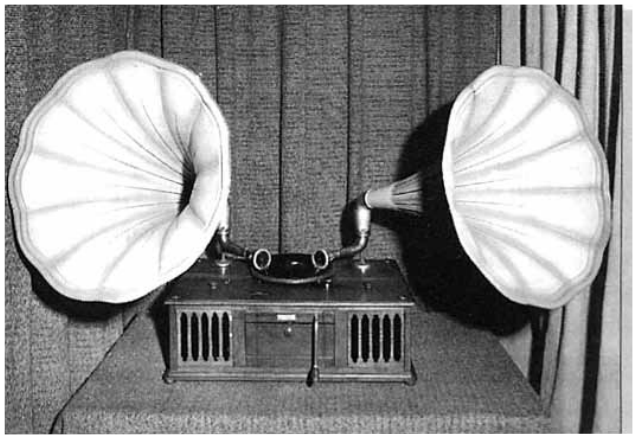
- isodynamique/ à ruban : un ruban en aluminium placé dans un champ magnétique et qui est traversé par un courant électrique.
- électrostatiques : Un film très fin est tendu en sandwich entre deux plaques. On crée un champ électrique entre les plaques et la membrane. Rares et chers, ils ont un très grande qualité de restitution, mais un rendement assez mauvais.
- à plasma : l'air est ionisé par un champ électrique. Commercialisation arrêtée à cause des multiples inconvénants.

Dans ma pratique, les aspects techniques les plus important pour moi sont la prise de son stéréophonique et depuis quelques temps quadriphonique. Je vais détailler ces deux techniques dans les pages suivantes.
Il y aurait des remarques à faire sur le montage ou le mixage, mais elles seront abordées plus tard dans la partie VI.

5.1 Prise de son stéréophonique

5.1.1 Historique de la stéréophonie

Le terme grec *stereos* veut dire solide. Ainsi la stéréophonie vise à recréer une illusion de corps sonore dans l'espace, comme la stéréophotographie tente de rendre compte de la profondeur sur des images.
On retrouve les premières expériences de stéréographie avec des gravures à partir de 1850, l'arrivée de la photographie remplacera le travail du dessinateur. Ces images en trois dimensions sont très populaires, elles procurent un voyage, un peu de rêve à qui les regarde. Le cinéma n'existe pas, et la radio non plus. Jusqu'à la fin de la seconde guerre mondiale on trouvera des appareils pour visionner ces images en relief dans de très nombreux foyers, depuis les téléviseurs ont chassé ces machines dans les greniers.
En 1877, Thomas Edison aux États-Unis et Charles Cros en France inventent les premiers dispositifs permettant la capture de sons et leur ré-écoute, respectivement le phonographe et le paléographe. Un pavillon capte le son et le dirige vers une membrane équipée d'une aiguille qui grave en profondeur sur un cylindre. À la ré-écoute, le relief du sillon met en mouvement le diaphragme et le pavillon amplifie le son produit. Malheureusement le nombre d'utilisation des rouleaux est limité et la fabrication de ceux-ci requière que les musiciens jouent pour chaque unité produite. En 1887, Emile Berliner met au point la gravure et la reproduction mécanique des disques plats pour gramophones.
D'autre part l'invention du microphone à charbon par David Edward Hughes en 1877 permet de transmettre la voix à distance, cette trouvaille permettra l'invention du téléphone puis de la radiodiffusion grâce aux émetteurs de télégraphie sans fils. Au mois d'août 1881 dans le cadre de l'Exposition



Internationale de l'électricité à Paris, Clément Ader réalise le théâtrophone : il dispose au bord le la scène de l'Opéra de Paris dix micros à charbon. Au palais de l'Industrie le public écoute au moyen de récepteurs téléphoniques le son des différentes paires de microphones. L'écoute binaurale est née, l'auditeur peut suivre les déplacements des comédiens au casque.
En 1898, David Lodge dépose le principe du haut-parleur à bobine mobile. En 1894 la modulation électrique est appliquée à la reproduction des disques, mais le premier enregistrement dit électrique ne viendra pas avant Alfred Cortot en 1925. L'enregistrement magnétique est inventé par Vladimir Poulsen en 1898, mais ne sera pas appliqué avant 1944, les rubans papiers enduits de poudre magnétique (trop fragiles) et les fils d'acier (peu pratiques) sont remplacés par le film polyester.
En 1925 les premiers concerts sont retransmis par la radio suisse on n'utilisent qu'un seul microphone faute de savoir mélanger plusieurs modulations, cet unique micro sert également au speaker. Le cinéma devient sonore en 1926 et ce sera grâce à cela que les recherche en stéréophonie s'accéléreront.
En 1927 est réalisé le premier enregistrement avec une tête artificielle, le mannequin Oscar développé par Barlett Jones à Chicago. Le principe du micro électrostatique est développé par l'américain Edward Wente en 1927. Georg Neumann est le premier à le produire en série dès 1928 : le CMV3. On développe aussi des microphones électrodynamiques : bobine mobile et ruban (1931). Et on travail sur la directivité.
Le potentiomètre apparaît, on peut mélanger plusieurs signaux électriques provenant de différents micros et faire des effets de panoramiques. La bande magnétique ouvre de nombreuses possibilité en studio pour l'enregistrement et pour la création de nouvelles musiques qui se servent de ce support comme d'un instrument. Stefan Kudelski développe le magnétophone Nagra pour le reportage en extérieur.
L'apparition du cinéma parlant et son essors dans les années 1928-29 motive les travaux de stéréophonie. On souhaiterait que le son puisse suivre les déplacement des comédiens à l'écran pour plus de réalisme.
Au début des années 30 Harvey Fletcher pour les laboratoires Bell (États-Unis) conçoit un système pour recréer le front d'onde : il dispose un rideau de microphones (plus de dix) sur scène. La diffusion se fait sur un rideau de haut-parleur, chaque signal provenant d'un micro servant à moduler un haut-parleur. Ce système a l'avantage de ne pas privilégier de place pour l'auditeur, mais économiquement ce système n'est pas possible, il faut trop de matériel pour réaliser la diffusion, on évolue vers trois canaux et finalement deux canaux pour la diffusion.
À la même époque Alen Blumlein pour EMI (Angleterre) se rend compte de l'impossibilité pratique de recréer le front d'onde et se concentre sur la restitution dans une situation d'écoute stéréophonique, c'est à dire pour un auditeur placé au sommet d'un triangle équilatéral formé par les enceintes et lui-même. Il découvre que l'impression de spatialisation peut être donnée par une différence d'intensité entre les deux signaux. Il met au point des techniques de prise de son avec des micros coïncidents : XY, MS et stéréosonic.
En 1940, de Boer approfondit la prise de son par tête artificielle en décrivant l'impression de localisation en fonction de la différence d'intensité et du temps d'arrivée des signaux.
Vers la fin des années 50, les stations de radio européennes développement des couples de microphones espacé de 15 à 30 cm et des angles variables entre les micros. On remarque ce certaines conformations ont tendance à privilégier soit le son direct, soit le son réverbéré. Ces différences sont souvent liées aux salles utilisées par les ingénieurs pour leur essais, certaines salles étant plus réverbérantes que d'autres.

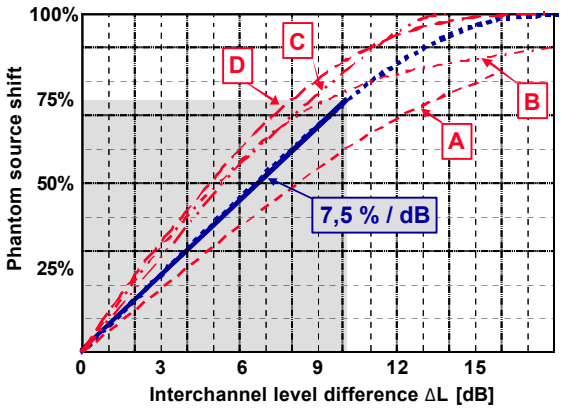
1952 le cinéma commence à diffuser sur plus de deux haut parleur : procédé Cinérama à 6 canaux. 1959 la radio diffuse en stéréo, 1978 première diffusion stéréophonique de programmes télévisés au Japon, en Europe il faudra attendre 1984.
L'installation massive de systèmes multicanaux récemment chez les particuliers pousse à développer d'autres techniques de stéréophonie sur plus de deux haut-parleurs : surround 5.1, quadriphonie,...

5.1.2 Les fondamentaux

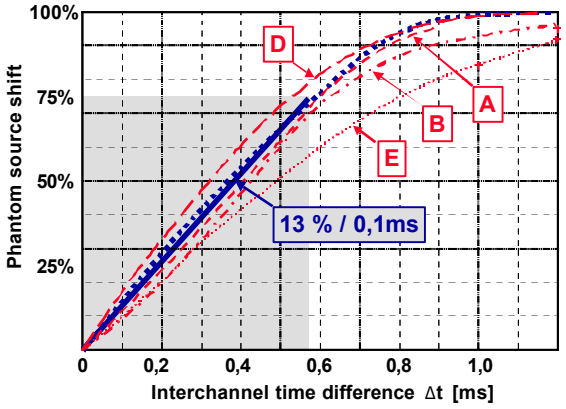
La stéréophonie pour des raisons pratiques s'est développée sur deux haut-parleurs. La première idée de recréer le front d'onde en entier sur l'avant ou tout autour de l'auditeur a été abandonnée pour des raisons de support.
La recherche s'est orientée vers la stéréophonie à deux canaux. Les maisons de disques et les radios ont développé des techniques. La plus part faisait appelle à un microphone par haut-parleur. Les essais empiriques ont permis de développer une théorie.

5.1.2.1 Théorie

La stéréophonie a été développée pour être diffusée sur une paire de haut-parleurs en non par un casque. L'intermodulation entre les canaux gauche et droit est importante.
Comme pour la perception binaurale les paramètres qui permettent la perception latérale et en profondeur sont la différence de temps d'arrivée et la différence d'intensité.
Des expériences ont été menées pour connaître précisément la localisation perçue en fonction de la différence de temps d'arrivée et la différence d'intensité. Voir les courbes ci-contre tirées de la publication de Wittek et Theile, présentées à la 112ème convention de l'AES.
De ces courbes découle toute l'approche moderne de la stéréophonie. Le travail fondamental a été entrepris par Michael Williams avec l'aide de Gert Simonsen, thésard danois qui a effectué les relevés de localisation.
Les deux familles de courbes ci-contre présente le décalage de la source virtuelle (phantom source) en fonction de la différence de niveau et de la différence de temps. La raison pour laquelle il y a plusieurs courbes est que différents sons ont été utilisés pour ces expériences et le résultat varie en fonction de la nature de ces sons.
Pour la suite de l'exposé on se placera dans le cas où la distance en le microphones qui constituent le couple stéréophonique est négligeable par rapport à la distance du couple aux sources sonores. On se place pour la même raison dans le cas des ondes planes ce qui simplifie la théorie.
La théorie servant de guide, une écoute critique permet de valider le choix de configuration.



Relative phantom sound source shift $A_{\Delta L} = f(\Delta L)$ (dotted thick curve after Wittek) and center shift factor $Z_{\Delta L} = 7{,}5$ % / dB (thick line)
Curve A: After Leakey
Curve B: After Mertens
Curve C: After Brittain and Leakey
Curve D: After Simonson



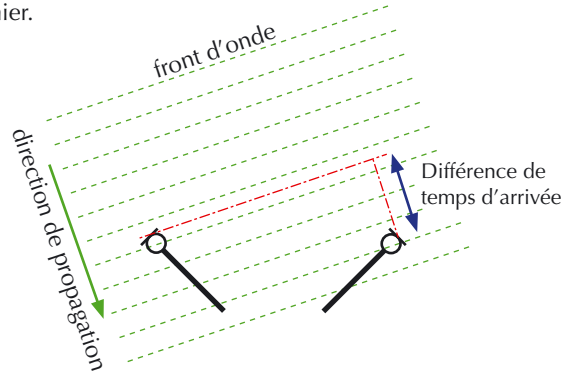
Relative phantom sound source shift $A_{\Delta t} = f(\Delta t)$ (dotted thick curve after Wittek) and center shift factor $Z_{\Delta t} = 13$ % / 0,1 ms (thick line)
Curve A: After Leakey
Curve B: After Mertens
Curve D: After Simonson
Curve E: After Sengpiel

5.1.2.2 Différence d'intensité

Comme on se place dans le cas des ondes planes, les sources sont lointaines. La différence de niveau liée à la différence de distance parcourue est minime.
La différence de niveau est due à la directivité des capsules et de leur orientation.
Plus la différence d'intensité est importante et plus la source virtuelle s'écarte du centre vers le côté le plus fort.

5.1.2.3 Différence de temps

Ici c'est le temps de propagation de l'onde plane qui donne l'information de localisation.
Plus la différence de temps augmente et plus la source virtuelle s'écarte du centre vers le côté où l'onde arrive en premier.



5.1.2.4 Différence de temps et d'intensité

On constate que pour des couples qui font intervenir une différence de niveau et une différence de niveau, les effets sont cumulé dès lors que les informations de niveau et de temps sont concordantes.

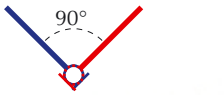
5.1.3 Les couples stéréophoniques

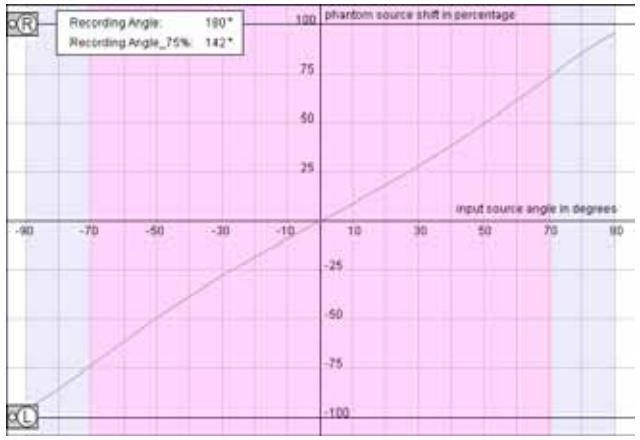
Sur les bases précédentes on peut développer différentes configurations de couples. Certaines sont basées sur des différences de niveau uniquement. D'autres sur des différences de temps uniquement. Et finalement une troisième catégorie utilise les différences de temps et d'intensité.

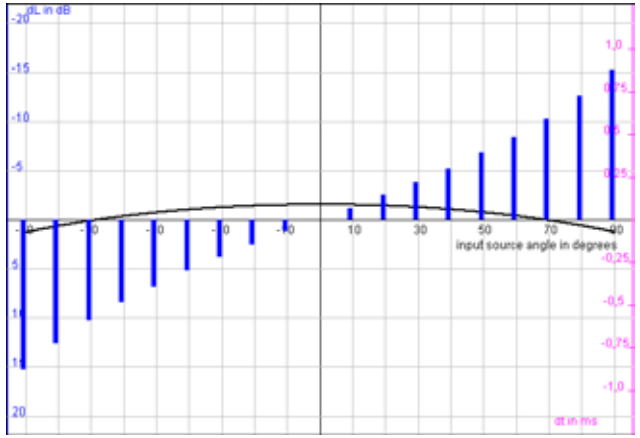
5.1.3.1 Stéréophonie d'intensité

5.1.3.1.1 Couple coïncident
On appelle couple coïncident, un couple microphonique qui utilise les propriétés des différences d'intensité uniquement. A ce moment les deux capsules sont placées très proches l'une de l'autre pour minimiser la distance entre elles.
L'avantage de ces types de couples est qu'ils sont compatibles avec la monophonie. En effet, s'il y a une différence de temps entres les deux microphones, le mélange de leur signaux en monophonie entraîne des filtres en peigne assez désagréables.
D'autre part certains supports de diffusion donnent de mauvais résultats à partir de stéréophonie de temps. Un encodage qui ne restitue pas les différences de temps va anéantir l'impression d'espace. Dans ces cas il faut utiliser la stéréophonie d'intensité.
Une autre utilisation possible est que ce type de couple limite la réverbération perçue par l'auditeur. D'ailleurs ces techniques ont été développées par les Anglais qui enregistraient leurs essais dans le Royal Albert Hall qui est très réverbérant.

5.1.3.1.2 Couple XY
Configuration classique : Deux microphones de directivité cardioïde sont placés l'un au dessus de l'autre. L'un pointant à quatre-vingt dix degrés de l'autre.



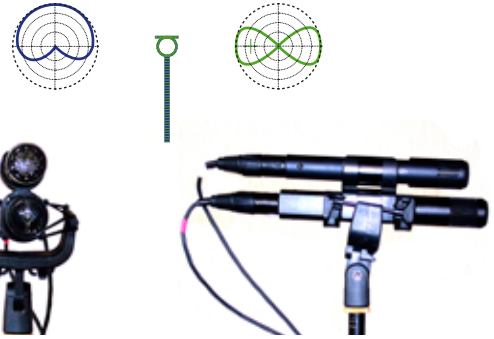




L'angle utile de prise de son est très large : environ 180°. A la restitution les sources placées à 90° et au-delà seront restituées sur un haut-parleur. Ceci peut entraîner un tassement des sources virtuelles.
Il n'y a pas beaucoup de distorsion angulaire, ni d'effet de "trou au centre".
Il est possible de varier à partir du couple XY classique en changeant la polarité des microphones et l'angle que les microphones forment. En jouant sur ce paramètres on peut faire varier l'angle utile de prise de son.

5.1.2.1.3 Couple MS
Configuration classique : Deux microphones l'un de directivité bipolaire ("S"), l'autre de directivité cardioïde ("M") sont

placés l'un au dessus de l'autre. Le microphone cardioïde pointe vers l'avant. Les lobes du microphone bidirectionnel pointent vers la gauche (lobe positif) et la droite.



Il faut passer par une étape de matriçage pour pouvoir écouter normalement ces enregistrements.

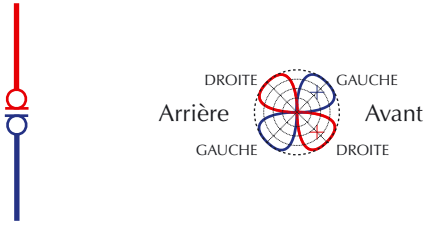
$$\text{Gauche} = \frac{M + S}{2}$$

$$\text{Droite} = \frac{M - S}{2}$$

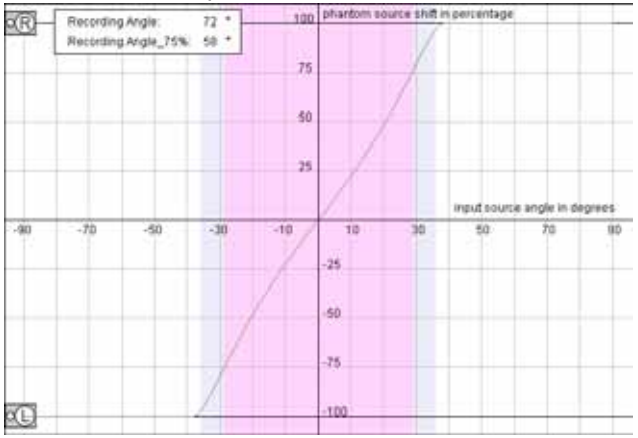
Ce matriçage peut être effectué après l'enregistrement pour faire varier le rapport entre le signal monophonique frontal et le signal latéral. Plus le signal latéral est fort et plus l'angle de prise de son utile est important.
Après matriçage le couple est équivalent à un couple XY avec des microphones de directivité cardioïde un peu biscornue.
On peut remplacer le microphone cardioïde par un autre type de microphone (omnidirectionnel, hyper ou hypocardioïde).
Ce type de conformation est particulièrement utile pour l'audio-visuel ou pour des installations qu'il n'est pas possible de modifier facilement.

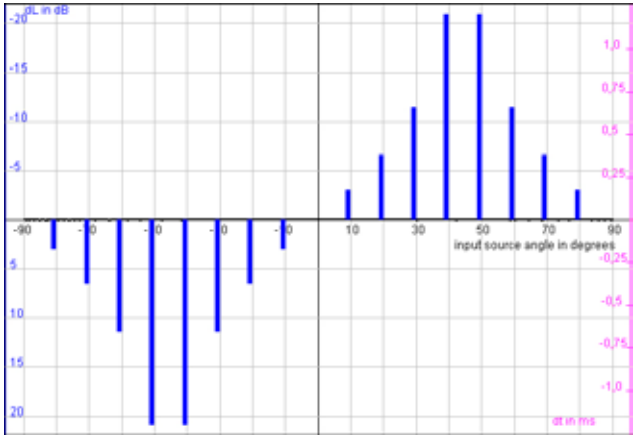
5.1.3.1.4 Couple Blumlein

Configuration classique : Deux microphones bidirectionnels sont placés l'un au dessus de l'autre, les corps des microphones dans le même axe. Les lobes forment une croix vu dans l'axe des corps.
L'avant est le secteur entre le lobe positif de chaque microphone. Le son capté à l'arrière est aussi bon, mais les sources paraissent inversées latéralement.



Les lobes de chaque secteur latéral sont hors-phases. Le qualité du son est très désagréable. On évitera d'utiliser cette conformation dans des lieux très réverbérants.
Cette conformation est très utilisée pour le théâtre radiophonique où il est important que les comédiens puissent se voir en disant leur texte. On place alors des comédiens à l'avant et à l'arrière du couple.





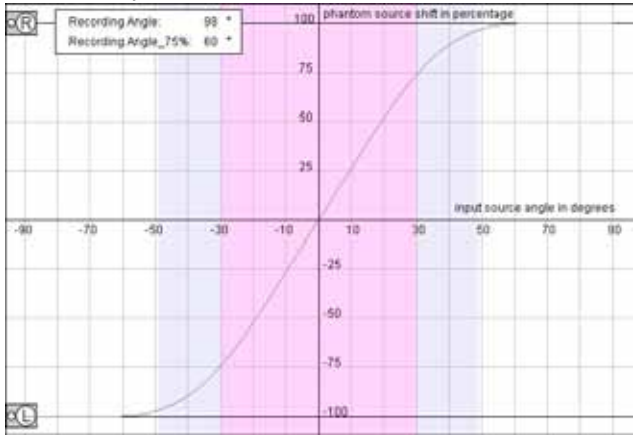
5.1.3.2 Stéréophonie de temps

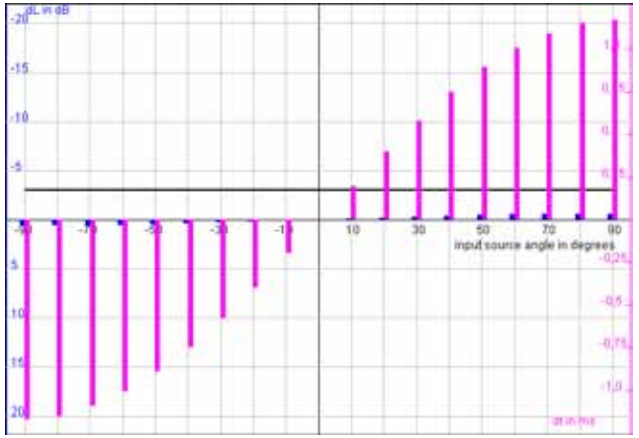
5.1.3.2.1 Couple AB

Un couple AB est un couple qui n'utilise que la différence de temps. Classiquement il est réalisé avec des microphones omnidirectionnels. On peut aussi utiliser des microphones plus directifs.
Il n'y a pas à proprement parler d'angle de prise de son. Les sons qui sont dans un champ en forme de trompe devant les microphones sont latéralisés. Mais en règle générale la localisation des sources est assez mauvaise.

5.1.3.2.2 Couple AB - petit

Pour une courte distance entre les microphones. Sur les courbes ci-après on a un écart de 40 cm.





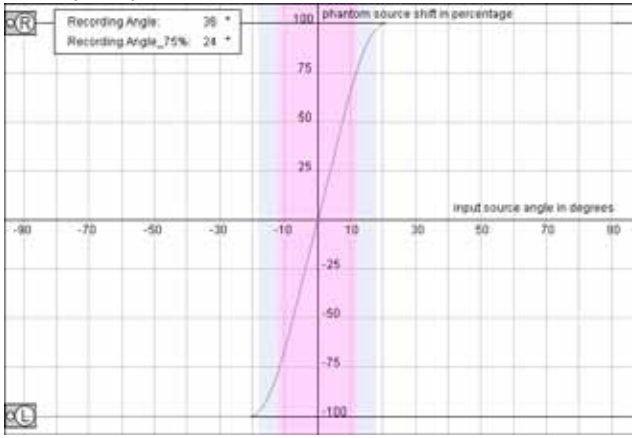
Pour un faible écart la réverbération perçu est exagérée, ceci peut être utile si le son de la pièce est trop sec et qu'il faut une prise de son assez floue.

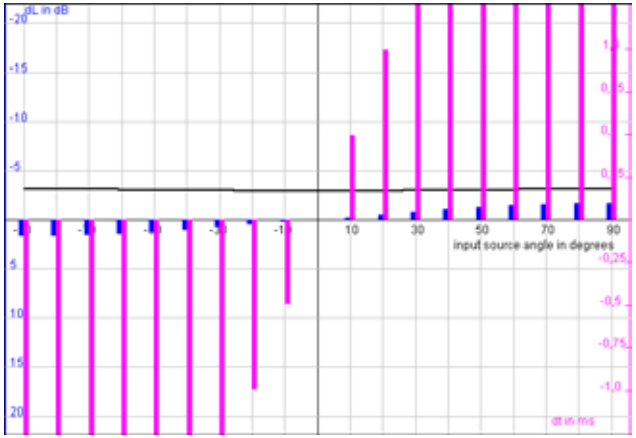
5.1.3.2.3 Couple AB - large

Pour une grande distance entre les microphones. Sur les courbes ci-après on a un écart de 100 cm.

La spatialisation est très limitée et les sources sautent d'un côté à l'autre.

Par expérience, j'ai utilisé un couple avec 3 mètres d'écart entre les deux microphones pour donner l'impression qu'il y avait moins de réverbération. J'explique ceci par le fait que si les sons sont décorrélés entre les deux canaux, on perd totalement la localisation et certains sons diffus deviennent moins perceptibles.





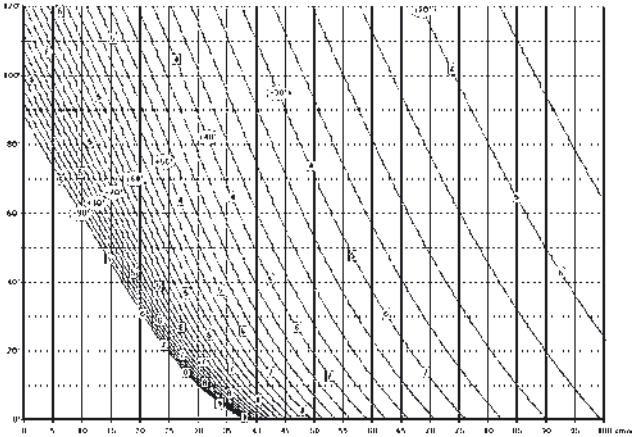
5.1.3.3 Stéréophonie d'intensité et de temps

5.1.3.3.1 Couple mixte

Un couple mixte va utiliser deux microphones avec un écart entre les deux capsules et un angle entre eux. Il convient de bien faire la différence entre cet angle "physique" et l'angle "utile" de prise de son.

On peut librement faire varier les angles physiques et les distances entre les microphones ainsi que leur directivité.

Michael Williams à tracé des abaques qui relient toutes ces variables. Par exemple voici l'abaque concernant les couples de microphones cardioïdes.

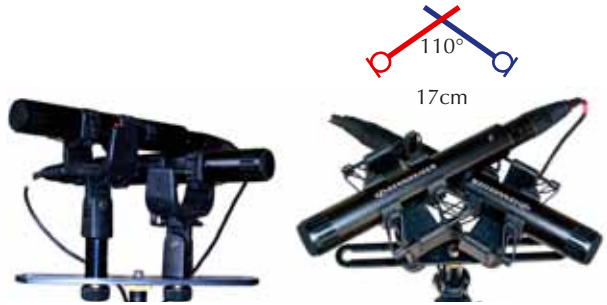


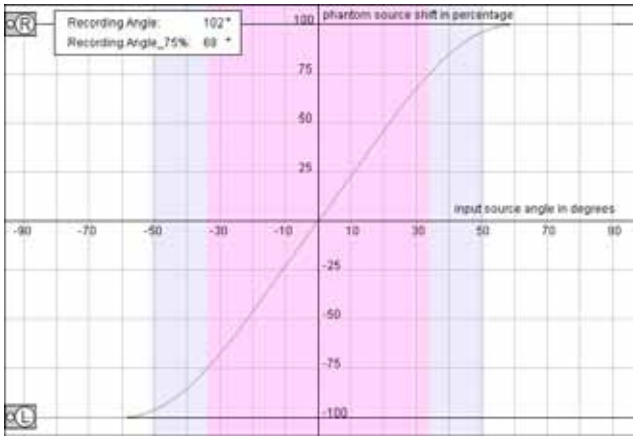
Angle utile de prise de son et distortion angulaire en fonction de la distance et de l'angle entre les microphones

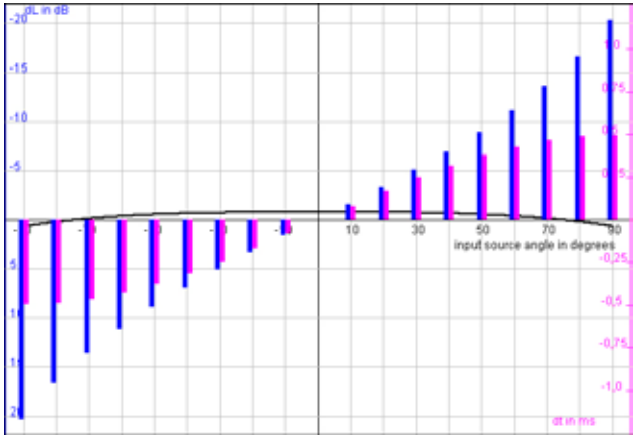
5.1.3.3.2 Couple ORTF

Le plus connus des couples, en France en tous cas, mais qui est très utilisé internationnalement.

Deux microphones cardioïdes sont placés de sorte à former un angle de 110° et la capsules sont espacées de 17 cm.







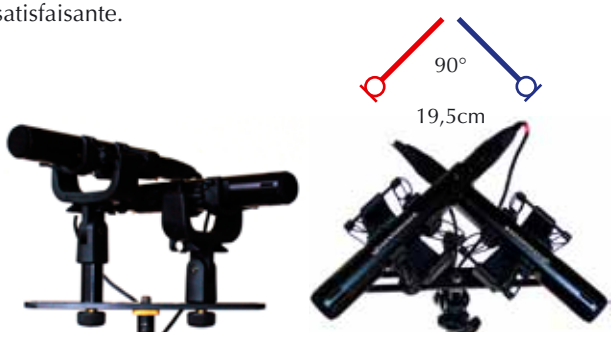
L'angle utile de prise de son est de l'ordre de 70° à 90° selon les auteurs. Il y a peu de distorsion angulaire et le résultat sonore est souvent très bon. On a une bonne impression de profondeur et la latéralisation est bonne. Il peut y avoir une légère impression de "trou" au centre de l'image sonore.

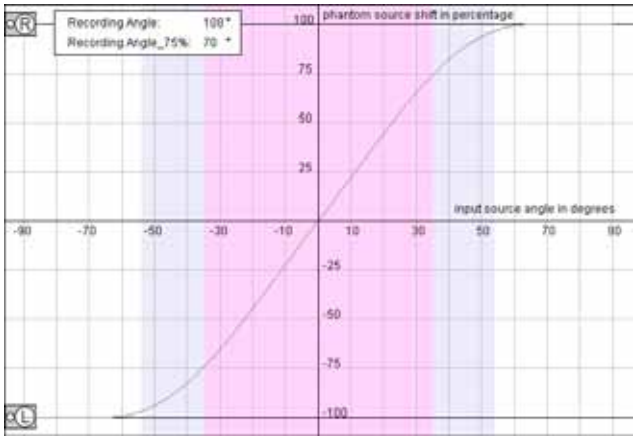
Cette conformation peut servir de base pour un enregistrement, il suffit ensuite de tester en s'écartant de ce canon de la prise de son pour trouver une valeur d'angle et de distance entre les microphones adéquats.

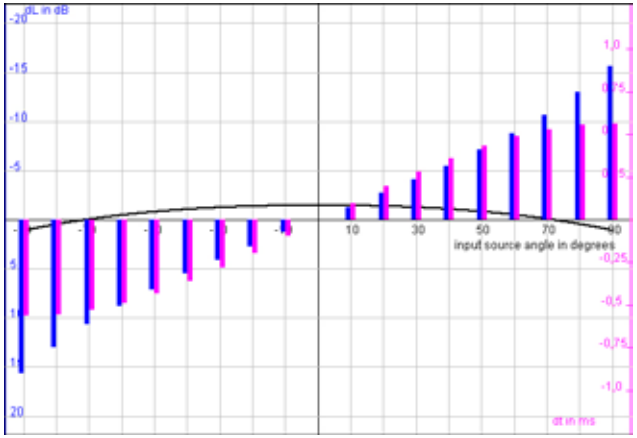
Par expérience des angles trop grands ou trop étroits comme des distances trop grandes ou trop petites ne donnent que très rarement des résultats satisfaisants. Pour essayer d'en savoir plus j'ai commencé une étude du sujet en ne faisant aucune approximation. Le temps me manque pour terminer.

5.1.3.3.3 Couple usuel pour ma pratique

En testant à partir de la conformation, j'ai trouvé qu'avec un angle de 90° et une distance de 19,5 cm les résultats étaient très bons et que l'impression au casque était elle aussi très satisfaisante.







5.1.3.3.4 Manipulations de la stéréophonie

Il est possible de faire subir quelques traitements aux signaux. Nous regarderont principalement la rotation de l'angle du couple.

Si après avoir réaliser l'enregistrement il est nécessaire de légèrement retoucher le centrage du couple, on peut intervenir de deux façons.

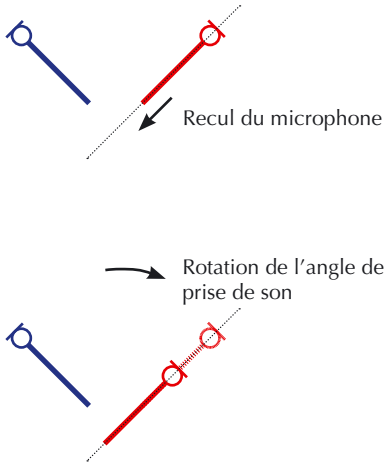
- Décalage temporel électronique - On introduit sur un des deux canaux une ligne de retard. L'angle de prise de son va tourner vers l'autre canal.

- Décalage de niveau - On baisse le niveau d'un des deux canaux. L'angle de prise de son va tourner vers l'autre canal. Inversement si on monte le niveau d'un des deux canaux, l'angle de prise de son va tourner vers ce même canal.

Il existe une troisième façon de faire, mais qui ne peut être réalisé qu'à la prise de son :

- Décalage temporel géométrique - On recule un des deux microphones dans l'axe de celui-ci. L'angle de prise de son tourne vers l'autre microphone.

Ces techniques ne sont pas forcément utile dans les conditions normales de prise de son, mais elles sont très importantes pour les prises de son multicanales basées sur la stéréophonie.



5.1.3.3.5 Remarques

Etant donné que les informations qui créent l'impression d'espace sont très ténues, il est importante d'avoir une qualité optimale sur toute la chaîne audio. En particulier, le choix des microphones, des préamplificateurs et de la numérisation est absolument critique. Il n'est pas rare qu'un système stéréophonique haut de gamme soit aussi cher qu'un système de prise de son de proximité monodirigée.

Les rotations de phases de l'électronique sont à minimiser. En effet, la présence de rotations de phases va détériorer les transitoires qui sont très riches en fréquences et qui sont très importantes pour la localisation. On évitera donc les systèmes intégrant des transformateurs.

La distorsion est elle aussi à minimiser pour des raisons de qualité sonore et de précision de la localisation.

Les prises de sons stéréophoniques sont souvent assez distantes des sources. Il faut donc améliorer autant que possible le rapport signal bruit.

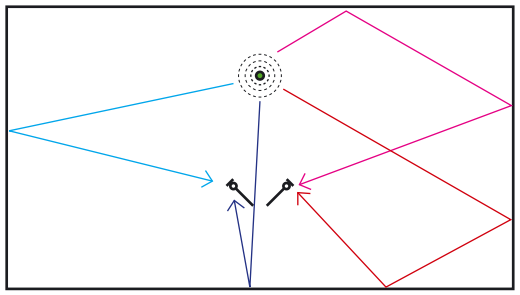
Au delà du matériel, il est important de choisir l'endroit, ou de s'y adapter car ses qualités sonores vont être captées par la prise de son. Le choix de la position du couple microphonique et la disposition des sources dans l'espace est critique. Il faut rendre les sources avec le plus de clarté possible. Il faut donner à entendre l'acoustique du lieu d'enregistrement sans qu'elle ne nuise à la précision du son des sources. Le travail de prise de son stéréophonique demande de la patience et beaucoup d'écoute.

Après de nombreuses tentatives, je constate que certaines sources ne sont pas enregistrable en stéréophonie. En particulier les enceintes (amplificateur de guitare, clavier, chant, etc...) ne donnent pas de résultat satisfaisant. On a l'impression d'un mur de son en non d'une source placée dans l'espace. Mélangé à des instruments acoustiques l'effet est désagréable, tout l'espace est perturbé. Dans ces conditions on préférera faire un prise de son de proximité monodirigée.

5.2 Prise de son quadriphonique

5.2.1 De l'intérêt de la diffusion multicanale

Que peut vraiment apporter une spatialisation en quadriphonie, en pentaphonie ?
La musique que nous écoutons en concert est généralement frontale. Des expériences ont été tentées pour entourer le public par les instrumentistes, mais c'est loin d'être commun. Alors pourquoi a-t-on besoin d'une diffusion tout autour de l'auditeur ?
Dans le cas d'un couple stéréophonique, si on regarde le trajet des premières et des secondes réflexions on constate qu'elles sont captées en grande partie par les côtés ou l'arrière du couple. Ces réflexions sont donc restituées sur un des haut-parleurs uniquement ou par l'arrière du couple avec des colorations pas toujours très jolies.



L'ajout de microphones pour capter les sons réfléchis va éclaircir l'image stéréophonique frontale.
En général, face à un enregistrement stéréophonique, l'auditeur ne peut pas traiter toute l'information que les microphones ont captés comme il le ferait si il était présent au moment de l'enregistrement. On peut penser que l'auditeur de l'enregistrement pourra avoir un peu plus de cette impression hyperréaliste si il est enveloppé dans une acoustique complètement recrée autour de lui.
Aujourd'hui l'essentielle de la production multicanale se sert de cette possibilité technologique comme d'un effet en plaçant des instruments tout autour de l'auditeur. Ce sont généralement des titres avec un fort potentiel de vente qui bénéficient de ces supports multicanaux. Ce ne sont sans doute pas les démonstrations les plus intéressantes de ce que peut apporter le multicanal.

5.2.3 Les écueils à éviter

Quelques détails concernant ce qui est à éviter en particulier.
Notre audition est un sens qui est capable de nous informer tout autour de nous de la présence de dangers éventuels. En particulier dans notre dos. Quand on place des sources sonores derrière un auditeur, il est pratiquement certain que cela créera un malaise. On veille souvent à ne pas avoir plus que de la réverbération dans le segment entre les deux enceintes arrières.
La localisation sur les côtés du l'auditeur est généralement mauvaise. La présence de sources ponctuelles dans ces segments n'est pas forcément très intéressante.
Il faut faire attention à ne pas capter deux fois les mêmes sources. Ce défaut était une des raisons de l'échec de la précédente tentative de commercialisation de la quadriphonie dans les années soixante-dix. Les anglais qui avait promu cette technique avaient basé leur travail sur la captation XY. Le problème de cette captation est que les angles de prise de son sont très larges et peu adaptées à la quadriphonie. A la lumière des études fondamentales de Michael Williams, on peut déjouer ces pièges et rendre l'expérience de la quadriphonie quelque chose de très proche de la sensation du concert.

Il existe différentes façons de réaliser un enregistrement multicanal sur les base de la stéréophonie. Nous nous attacherons à la quadriphonie et en particulier à deux approches.

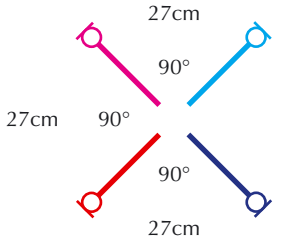
5.2.3 Le Double MS

Sur la base du MS, on ajout un microphone cardioïde arrière. Pour des raisons pratiques il convient d'utiliser de préférences des microphones à captation latérale.
Comme dans la technique stéréophonique ont peut choisir la largeur des angles stéréophoniques par le matriçage. Attention à ne pas prendre des largeurs trop importantes qui feraient se chevaucher les segments captés par chaque paires stéréophoniques virtuelles.
Nous avons la possibilité de faire faire des rotations au système de façon simple et assez élégante. Ceci peut servir également comme base pour une stéréophonie s'il est nécessaire de faire tourner l'angle de prise de son de façon importante. Voir en annexe une première approche à ce sujet.

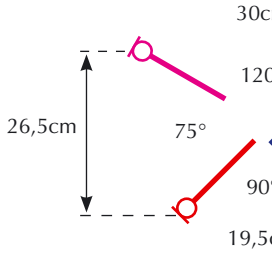
Dans la même famille on peut citer le système Soundfield basé sur quatre capteurs hypocardioïdes placés aux sommets d'un tétraèdre. Le matriçage donne dans un premier temps un système MS un peu particulier : un signal bipolaire par axe de l'espace et un signal omnidirectionnel pour l'intensité. On recompose des directivités à partir de ces signaux intermédiaires.

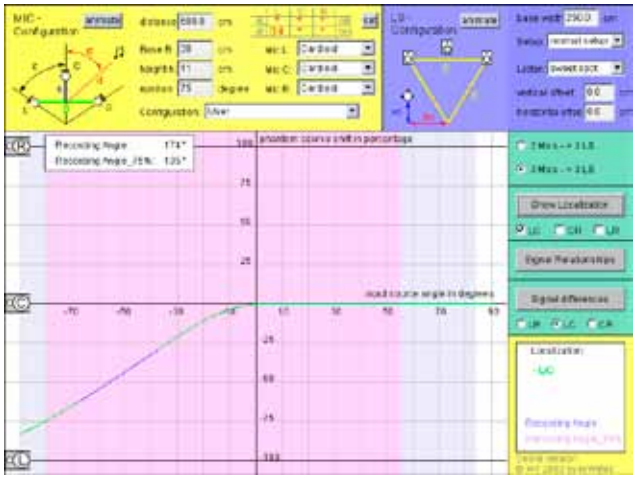
5.2.4 Quadriphonie de temps et d'intensité

A partir des abaques (5.1.3.3.1) on peut essayer de créer des systèmes quadriphoniques.
Le système de base qu'on pourrait qualifier d'orthoquadriphonique capte quatre angles égaux : 360° / 4 = 90°. L'angle entre deux microphones voisins sera aussi de 90°. Pour un angle de captation de ±45° et un angle de microphone de 90°, l'abaque donne une distance de 27 cm. Donc si on place les microphones aux coins d'un carré de 27 cm de côté et selon les diagonales on a déjà un premier système, appelé "Croix Atmo". Cette conformation ne privilégie pas de direction particulière. Elle est très adaptée à la captation d'am-



biances.
Une autre approche possible est de choisir un couple stéréophonique avant. Ensuite de choisir un couple arrière avec un angle relativement petit. De là on en déduit l'angle de prise de son pour les segments latéraux. A partir de la construction géométrique, il est possible de réaliser une conformation. Il faudra compenser certaines impossibilités par des modifications de niveau ou de temps a posteriori.
Une des dispositions que j'ai utilisé jusqu'à présent basé sur





le couple avant 90°/19,5 cm :
Remarque : j'ai utilisé de façon détournée le logiciel "Image Assistant 2.0" de Wittek pour déterminer le décalage temporel et le décalage de niveau. L'enceinte gauche du logiciel est en fait l'enceinte arrière gauche et l'enceinte centrale du logiciel est l'enceinte avant gauche.
Il faut choisir entre le décalage temporel et en niveau. Ce dernier permet de réduire les canaux arrières s'ils sont trop présents sans nuire à la localisation.

5.2.5 quadriphonie "incomplète"

Il est possible de ne se concentrer que sur les secteurs avants et latéraux. On oublie le segment arrière. On place les microphones de façon à étaler les sources sur les secteurs avants et latéraux. Seul la liaison entre ces segments est importante. Il faudra sans doute jouer soit sur le placement, soit sur le décalage temporel, soit sur le décalage de niveau.

5.2.6 Quatre ou cinq ?

On peut débattre des avantages des deux techniques. La plus part des systèmes multicanaux livrés sont équipés de cinq haut-parleurs plus un caisson d'effet infrabasse. Alors pourquoi ne pas utiliser l'enceinte centrale. Un consommateur qui a acheté cette cinquième voix va sans doute vouloir l'entendre.

A l'heure actuelle il y a un point à éclaircir par rapport à ce canal central. Y a-t-il un brouillage dû à cette enceinte ? Il faudrait faire une campagne d'étude pour vérifier cela. Les arguments de ce qui veulent limiter à tout prix l'intermodulation sont les suivants : Les trois haut-parleurs avants pris deux par deux forment trois couples stéréophoniques. Chaque couple crée un image. Donc si les trois sources virtuelles ne sont pas superposées il y a étalement de la source virtuelle à la reproduction et donc un brouillage de l'image sonore restituée.
La réponse du camp partisan de segments stéréophoniques indépendants est que la différence entre les haut-parleurs avant gauche et avant droit est en dehors des limites de la perception de la localisation et que le son le plus en retard est perçu comme une réflexion à cause de l'effet de précédence. Comme Hass l'a montré pour deux sons identiques, si le second arrive plus de 20 ms après le premier, il est assimilé à une réflexion.
Le premier camp rétorque ce l'on se trouve encore en dessous des limites de l'effet de précédence.
De mon point de vue : Je pense que ce découpage en paires stéréophoniques est un peu simpliste. Le cerveau n'est-il pas capable d'intégrer une quantité colossale d'informations et de les traiter. Que ce passe-t-il lorsqu'on bouge le tête, même de façon imperceptible face aux trois haut-parleurs avants ?
A l'heure actuelle je n'ai pas pu encore tester la pentaphonie je n'ai mon cinquième microphone cardioïde et sa tranche de préamplification que depuis peu...
Un avantage certain de la quadriphonie est sa compatibilité avec la stéréophonie, il suffit d'enlever les canaux arrières.
Une de mes réticence est que les couples avec des écarts ou des angles extrêmes ne m'ont jamais donné de résultats aussi satisfaisants que des valeurs moyennes proches de 100° et d'une vingtaine de centimètres. Les conformations pentaphoniques ont tendance à faire des angles de prise de son plus petits, donc des écarts et des angles extrêmes.
Tout ceci mérite des expérimentations pour se faire un opinion au sujet de la pentaphonie.

Bureau des élèves de l'ENSCM, Montpellier
Vice-président de l'association
janvier-décembre 1995

Pendant cette année passée en grande partie aux services de l'association, j'ai particulièrement pris en charge la régie son et lumière pour les soirées organisées (discothèque et café-théâtre).
Mes nombreuses relations dans le milieu musical montpelliérain m'ont permis d'apprendre beaucoup de choses dans le domaine de la sonorisation. A cette époque j'ai assisté à de nombreux concerts dans divers salles de la ville depuis la technique.
Techniquement j'ai découvert les connectiques, les fonctions des différents éléments dans une chaîne de sonorisation.

Smålands Nation, Lund
Régisseur de l'association
janvier-décembre 1997

Après quelques mois passés en Suède dans le cadre d'un échange Erasmus, j'ai découvert une association d'étudiants très politisée : Smålands Nation.
Tous les samedis soirs, ils organisaient des soirées-discothèques qui me plaisaient. La technique ne se passait pas très bien : la personne qui louait la sono n'était pas souvent à jeun lorsqu'il faisait la mise en place. Le matériel était vieillissant et méritait une attention particulière pour faire les réparations nécessaires sans attendre.
L'intégration en Suède n'est pas très facile. Aussi je me suis proposé de les aider. Il ont accepté volontiers. Le responsable de la technique, Henrick Venant, l'a plutôt bien pris et nous sommes très vite devenus amis. Il m'a appris de nombreuses choses dans la continuité de ce que j'avais commencé à apprendre à Montpellier : connaissance des appareils symétriques, consoles de mixage et mixettes DJ, connectiques professionnelles. Le suivi du matériel a très vite porté ses fruits puisqu'en quelques semaines toute la régie fonctionnait.
Les musiciens et DJs invités venaient de toute l'Europe et même des Etats-Unis : Atari Teenage Riot, A Guy Called Gerald (808-State),... J'ai aussi aidé pour la réception des artistes.

La Flibuste, Toulouse
Membre actif de l'association
décembre 2000 à aujourd'hui

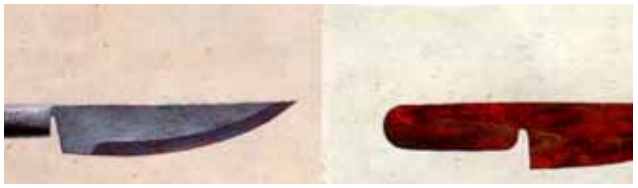
Je suis venu à Toulouse pour rejoindre les artistes de l'association La Flibuste. Toute la saison 2000-2001 nous avons organisé des "Chantiers d'Arts Provisoires" tous les samedis au centre culturel Place du Marché aux Cochon (Minimes). C'était pour moi l'occasion de prendre en main le matériel que j'avais récemment acquis.
Depuis l'association s'est remise à organiser des concerts. Nous avons reçu de nombreux musiciens improvisateurs venus de tous les continents. L'association s'est dissoute en 2003. Mais nous avons poursuivi l'organisation de concerts de façon clandestine.
Ma participation à l'association va de l'organisation de concerts, à la création de tracts, à l'envoi d'informations aux abonnées de nos listes de diffusion...
Cette association m'a permis de faire beaucoup de rencontres artistiques. De nombreuses choses ont été faites avec les autres membres ou avec les invités : disques, captations de concerts et festivals, création sonores pour le théâtre,...
Aujourd'hui ce groupe d'artistes a repris un statu avec l'attribution d'un lieu au Théâtre[2] l'Acte de Michel Mathieu.

La Migration des Braises - Théâtre² l'Acte
Création sonore
Aveyron, Mai 2001

Premier travail pour la compagnie du Théâtre² l'Acte grâce à l'appui de Michel Doneda au-près de Michel Mathieu, directeur de la troupe.
Il s'agissait de réaliser deux spectacles en extérieur à Sainte Geneviève sur Argence et à Naucelle, deux villages de l'Aveyron. Ces deux créations s'inscrivaient dans le cadre de la résidence du Théâtre² l'Acte à la MJC de Rodez.

Le premier des deux spectacles, celui de Sainte Geneviève sur Argence, se déroulait à l'extérieur du village, autour d'une chapelle dominant les vallées de la Truyère et de l'Argence. Les textes qui ont servi sont extraits d'un recueil de poèmes de Bernard Noël, natif de ce même village. J'ai participé avec les acteurs à la création, apportant des idées de scénographie. Notamment la mise en place d'une lecture à plusieurs voix d'un ensemble de cinq poèmes à l'intérieur de la chapelle pendant que j'interprétait une pièce musicale de John Cage avec des matériaux trouvés autour de l'édifice.
Le second spectacle, se déroulait dans le village de Naucelle. Un travail sur des textes choisis pour donner une impression de voyage initiatique avec différentes étapes. La présence de courant électrique m'a permis de faire un travail de diffusion du son pour créer des décors sonores ou à certains endroits faire des diffusion de paysages sonores.

Un travail intéressant, même si tous ces efforts n'ont donné lieu qu'à une seule représentation de chaque performance.
A cette occasion j'ai aussi enregistrer la première lecture de Bernard Noël dans son village natal. Le début de mon travail par rapport à la captation de la voix.



Les Onze Voies de Fait - Théâtre² l'Acte
Création sonore et régie son
Rodez, décembre 2001 + tournée en 2002

La dernière partie de la résidence du Théâtre² l'Acte à la MJC de Rodez. Un texte de théâtre a été commandé à Bernard Noël. Ce texte est basé sur les "onze agressions" de Georges Bataille. Un texte dur, pas très abouti. La création sonore s'est faite avec Michel Doneda de façon autonome par rapport au travail de mise en scène. Nos interventions se faisaient entre chacun des onze tableaux du spectacle accompagnées d'images vidéos projetées sur un grand tissus blanc en avant scène.
Il y a eu aussi un peu de décor sonore créé spécialement pour habiller certains moment du spectacle.

Ce travail était intéressant pour ce que j'ai pu expérimenter. Au théâtre il faut avant tout que la voix des comédiens puisse être entendue dans la salle. Tout élément de décor sonore ne doit pas nuire à l'intelligibilité du texte.
Ensuite il est possible de créer de véritables espaces sonores avec de la profondeur à partir de prises de son stéréophoniques. Certains spectateurs ont été particulièrement sensibles à cela.
La création du spectacle a été suivi par des représentation à Toulouse au Théâtre Garonne et d'une tournée.
En plus de l'aspect créatif, j'ai travaillé sur l'adaptation de la sonorisation aux différents lieux et au matériel disponible. La partie diffusion demande la création d'une conduite pour suivre l'action et envoyer les sons au moment souhaité par le metteur en scène. L'utilisation de logiciels pour la création et la diffusion a été formatrice.

Autres travaux pour le théâtre

J'ai également fait des captations sonores de plusieurs pièces de théâtre. J'ai remplacé sur quelques représentations pour une version de Ubu Roi, Michel Doneda pour la musique. J'ai fait du renfort de voix pour des spectacles en plein air.

"OXK-07", juin 2001
"Cinquantenaire de la Mutuelle de la Dépêche du Midi", septembre 2002

Premières expériences de son pour l'image.

La première fût catastrophique ! Rien que ça ! L'impression de ne pas comprendre ce que je faisais là... Avec l'habitude d'avoir une part active dans le processus et l'esthétique avec les musiciens et la troupe de théâtre, je m'attendais à la même chose. Mais, non, le cinéma est très différent pour ce qui est du son. Au bout d'une journée, l'incompréhension avait vaincu ma curiosité et ma patience. J'ai abandonné le tournage en leur proposant de leur prêter du matériel pour les dépanner.

La seconde expérience fût meilleure. Le projet était de faire un film pour un congrès à l'occasion du cinquantième anniversaire de la Mutuelle de la Dépêche du Midi. Nous avons travaillé à deux pour faire des interviews du personnel du journal. Le montage a été rapide, le mixage aussi. L'impression a été plus intéressante, sans être une révélation. Mais une question subsiste quant à l'apport esthétique qu'on peut avoir. Certes, c'est un film institutionnel, ce n'est pas un film de recherche...

"Le Premier Pas"
Prise de son, Montage
Décembre 2004, Octobre 2005

Suite à un renfort pour la prise de son sur un autre tournage d'étudiant de l'ESAV, on me demande si je suis intéressé pour participer à un autre court-métrage. J'accepte...
La prise de son se fait à deux, mais chacun son tour. Nous choisissons de faire la captation en MS. Ce n'est pas très conventionnel pour de la fiction où tout est généralement recomposé.

Le montage image a pris très longtemps. Il restait du travail à faire au montage son. Il fallait ajouter des sons additionnels pour les ambiances et le bruitage. La durée sur laquelle s'est étirée la post-production fait que l'on a le temps de passer à autre chose et de ne plus se sentir très concerné par ce "vieux" projet quand il nous revient dans les mains pour les étapes de finalisation du son. Je comprends que souvent les personnes qui font le travail sur le plateau soient différentes de celles qui sont en studio en dehors des compétences respectives mise en jeu.

"Commune Présence", Avril, Novembre 2005
"Clichés", Mai 2005
Prise de son

Deux tournages de fiction en équipe légère.

"Commune présence" est entre le docu-fiction et la fiction. Le film est sur le thème du souvenir d'un ami du réalisateur qui était un militant et qui a marqué la région où il habitait. C'est un premier film pour le réalisateur qui a tourné les séquences "documentaire" en Super 8.
Techniquement la caméra n'a pas été régulière et l'image se décale beaucoup par rapport au son. L'exposition est un problème, même sur des pellicules négatives très sensibles.
D'autre part les limites du format pose des problèmes pour recueillir des paroles sur de si courtes durées. C'est un exercice difficile surtout pour une première réalisation.

L'autre tournage est pratiquement un premier tournage aussi. La réalisatrice a une grosse expérience théâtrale, nous avons d'ailleurs travaillé avec les comédiens de la troupe à laquelle elle appartient.
Le plan de travail était très chargé, il a fallu être rapide et efficace.

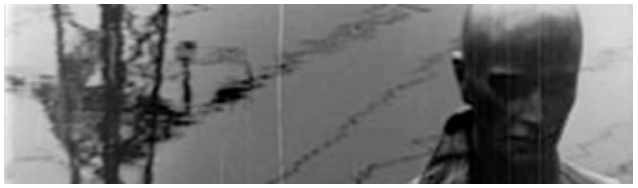
Sur ces deux tournages, j'ai commencé à faire des prise de son séparées avec un couple additionnel pour les ambiance. La captation des dialogues et des bruitages étant faits à la perche avec un microphone directif.

"Centenaire du SFIO" - Avril 2005
"Medvedkine 05" - Juin, Août 2005
Prise de son, Montage, Mixage

Deux documentaires plutôt engagés.

A l'occasion du centenaire de la création du SFIO, le Parti Socialiste Midi-Pyrénées a commandé une vidéo où quatre militants témoignent.
L'autre film traite des Groupes Medvedkine. Il recueille la parole d'anciens ouvriers et de cinéastes qui ont participé à cette aventure cinématographique.

Dans ces deux cas il s'agissait de capter la voix de personnes âgées, relativement statiques. La diction n'est pas toujours très bonne, il fallait trouver un placement des microphones sur pieds ou à la perche qui ne soit pas impressionnant pour des gens qui n'ont pas l'habitude d'être interviewés.
D'autre part le contact avec les personnes qui nous ont reçu est très important pour les mettre en confiance. Une attitude trop intrusive peut crisper des personnes timides ou qui ont un très fort sens de la propriété et du territoire.
Part rapport à l'équipe de tournage, une chose qui me parait très importante est la ponctualité, la disponibilité et l'implication dans le projet.
Pour la finalisation (montage son et mixage son) il faut avant tout que la voix soit intelligible sur n'importe quel support et avec des diffusions pas forcément très fines.
Il faut aussi donner une impression d'homogénéité par rapport aux différentes voix qui interviennent. Les tessitures peuvent être retouchées par égalisation. Les niveaux perçus doivent être similaires.



"Felig" - Octobre 2005
Films des CD Puffskydd - 2003...
Prise de son, Montage, Mixage

Films expérimentaux.

Les films qui accompagnent les CDs de la série Puffskydd que je réalise avec Michel Doneda sont l'occasion de travailler des images animés. Nos moyens sont très limités puisque nous n'avons qu'une caméra DV grand public et une caméra Super8 basique.
Ces films sont tournés pendant nos escapades où nous enregistrons la musique. Il s'agit d'un collectage de matériaux qui sera monté ensuite. Il n'y a aucune écriture au préalable. Comme pour la musique le rapport au lieu et sa captation sont primordiaux.

Felig est une réalisation d'amis cinéastes pour laquelle j'ai effectué les prise de son, la création des ambiances sonores et la finalisation du montage son. Le film est une autobiographie d'un mannequin de vitrine assez perturbé. Il a fallu faire les prises de voix du comédien qui prête sa voix au personnage. Préparer des ambiance pour habiller la bande son. Certaines sont des prises de son naturelles, d'autres sont retravaillées pour créer des matières proches du synthétique. L'esthétique du film tourne essentiellement entre ce côté réaliste et synthétique.

Ces travaux me procurent une plus grande liberté de création que les tournages de documentaires et de fictions. L'imaginaire est plus sollicité. Dans certain cas le rapport au monde est plus direct : il n'y a pas la volonté de recréer ce qui existe déjà tout en le maîtrisant.

Perspectives personnelles
dans l'audiovisuel...

Jusqu'à présent l'audio-visuel ce qui m'a le plus stimulé sont les films expérimentaux, qu'ils s'agissent des miens ou de collaborations avec des cinéastes.
Le documentaire m'attire quand même pour l'expérience et les échanges avec les personnes que l'ont peut rencontrer lors des tournages.
La rencontre avec deux cinéastes, l'un chilien l'autre espagnol, pourrait apporter de bonnes perspectives avec un projet de documentaire au Chili chez les indiens Maputches. Il s'agit de faire un documentaire sur un atelier audiovisuel dans une école d'une communauté Maputche. Nous formerons les élèves à la prise de vue et la prise de son. En parallèle se dérouleront des séances avec un personnage très érudit qui fera prendre conscience aux enfants ce qui est leur patrimoine. Le but de ces ateliers sera que les élèves réalisent avec notre soutien un court-métrage sur la vie d'un héros mapuche, Lautaro. Nous profiterons de ce séjour de quater mois pour filmer les enfants à l'école, dans leur famille... Ce sera pour nous l'occasion de recueillir ce que c'est que d'être un indien Mapuche aujourd'hui.

Fréquence Soleil Toulouse
Montage Son
Mai 2005...

Fréquence Soleil est une radio multiculturelle toulousaine qui vise particulièrement les communautés issues de l'immigration. C'est une radio associative qui fonctionne avec des contrats aidés en plus des bénévoles.
Je suis actuellement employé par cette antenne. Je fait le montage des documentaires qui sont envoyés à l'EPRA, une banque de programme nationale. Les thèmes principaux de ces documentaires radiophoniques tournent autour de l'immigration, l'intégration, les cultures étrangères. Ces programmes s'ils sont acceptés par l'EPRA sont rétribués pour la radio. Ceci constitue une ressource intéressante pour les radios associatives qui ne peuvent pas diffuser de publicité. Une fois sélectionnés, les documentaires sont diffusés par satellite aux radios partenaires de ce groupement.
En plus de ce travail, il faut réaliser des petits spots pour notre propre antenne, assurer la technique en direct pour certaines émissions.
Ce travail m'a permis de travailler avec des enregistrements de voix. Le découpage de la voix est très minutieux car l'oreille humaine est avant tout faite pour écouter des paroles et il est difficile de tricher avec la voix car nous percevons très vite les trucages. Il est néanmoins nécessaire de reconstruire des phrases, voire même des mots pour certains documentaires.
J'ai pu également apprendre à gérer les ambiances et la musique pour conserver l'intelligibilité de la voix.
Par rapport à la réalisation, je suis souvent amené à faire les choix de l'organisation du discours, l'aération des programmes par de la musique ou des documents d'archive.
Même si le cadre n'est pas très intéressant en lui-même, ce travail m'apprend beaucoup de choses utiles et nouvelles.

Rencontres Cinéma de Gindou
Reportage radio et vidéo
Août 2005

Dans le cadre de mon travail à Fréquence Soleil, j'ai couvert les Rencontres Cinéma de Gindou dans le Lot. Pendant la semaine du festival j'ai fait des interviews avec la réalisateurs présents.
J'ai dû animer des entretiens avec ces personnes. Ce n'est pas toujours facile. En particulier lorsqu'on n'a pas pu voir le film et que le réalisateur part avant la projection. Certains interviews ont été fait en anglais.
Ces rencontres ont été intéressantes aussi pour m'avoir permis de parler avec des réalisateurs de films documentaires et d'échanger personnellement sur ce sujet.
Ces documentaires ont été montés, éventuellement traduits, mélangés à des extraits de films et expédiés à l'EPRA. L'un de ces documentaires a été sélectionné pour une diffusion sur CD à l'attention des radios qui n'ont pas la réception satellite.

Par ailleurs j'ai aussi collaboré avec les personnes qui faisaient des archives vidéo pour le festival.

Oyez !
Plateforme de Créateurs Sonores Toulousains
Mai 2005...

Ce n'est pas de la radio à proprement parler. Mais la plupart des gens qui se sont impliqué dans cette plate-forme sont plus ou moins liés à la radio ou à la production de programmes de type radiophonique.
Un des objets de "Oyez !" est la diffusion de productions sonores qui ne sont pas de la musique et qui ne relèvent pas forcément de l'installation sonore plasticienne.
Une première initiative au mois de mai a permis de se rendre compte qu'il existe un publique pour cette création radiophonique qui trouve de moins en moins sa place sur les ondes nationales.
Les personnes impliquées ont des pratiques singulières et variées. Les niveaux techniques sont variables. Les échanges pourront être des soutiens techniques, des échanges de matériel, des organisations d'événements...

Marches de la Poésie 2002 et 2003
Prise de son, Montage, Mastering, Pochette, Fabrication, Vente, Organisation...

Un de mes premiers travaux pour la poésie. A l'initiative de Serge Pey, la Marche de la Poésie se déroule chaque année avec de nombreux artistes. Non seulement des poètes, mais aussi des musiciens, des danseurs,...
Lors de ma première participation en 2002, j'ai suivi la randonnée tout du long avec mon matériel en bandoulière. 30km de marche sous le soleil et la pluie. J'ai enregistré les performances tout du long de la marche et aux haltes du soir.
Pour financer la marche 2003, Michel Doneda a convaincu Serge Pey que nous fassions à partir de ces enregistrements un disque, vendu comme souscription. Nous avons vendu comme cela plus d'une centaine de disques ce qui a permis d'organiser la marche de 2003 dans d'excellentes conditions avec le soutien de Yves Lepestipon.
Ce disque est la première création du "label" Puffskydd sur lequel Michel Doneda et à moi-même publions nos aventures sonores.
La Marche de la Poésie 2003 n'a pas donné suite à une production de disque.

Du Livre à la Lévre - Serge Pey, Cave Poésie
Prise de son
2002...

Suite à la Marche de la Poésie 2002, j'ai commencé à fréquenter la Cave Poésie et à enregistrer les performances, lectures et conférences que Serge Pey organise dans le cadre de son atelier de poésie à l'Université du Mirail.
Les conditions ne sont pas très bonnes pour la prise de son. Mais certaines prestations sont vraiment des moments inoubliables. J'ai archivé comme cela plus d'une année de performances. Malheureusement le foisonnement d'activités ne me permet plus d'assister très régulièrement à ces soirées depuis deux ans.
Certains spectateurs et intervenants me commandaient des copies sur CDs de certaines soirées.

En plus de mes enregistrements, il existe un stock de bandes des nombreuses initiatives de Serge Pey. Il a été question un temps de les archiver et de les restaurer, mais faute de financement ce travail n'a jamais dépassé l'inventaire.

Sébastien Lespinasse
R
Prise de son, Montage, Mastering, Pochette

Une autre rencontre de la Marche de la Poésie de 2002. Un disciple de Maître Pey : Sébastien Lespinasse est poète avec une prédilection pour le sonore.
Depuis 2002, j'ai collecté un grand nombre de ses performances et un jour nous avons décidé d'en faire un disque, un vrai.
Pour compléter, nous avons réalisé quelques enregistrements supplémentaires. Le disque rassemble des récitals dans la chambre de sa grand-mère, dans des lavomatiques, dans une chapelle isolée sur le Viaur, dans quelques petites salles de spectacles Toulousaines et bien sûr lors des Marches de la Poésie.

Le travail a demandé une homogénéisation des matériaux qui sont très différents. Il a fallu jouer sur la dynamique et l'équalisation pour faire cohabiter des couleurs et des niveaux très variables.
Certaines pistes ont aussi été l'occasion de faire un travail de création électroacoustique. C'est très à la mode dans le milieu de la poésie. Nous nous sommes amusé à détourner ces procédés. Prochainement nous allons enregistrer une interprétation de la Ursonate de Schwitters en adaptant la prise de son à chaque partie de la pièce.

Je me suis également occupé de préparer la pochette pour l'impression.

Chantiers d'Arts Provisoires
Concerts de la Flibuste
Prise de son

Dès mon arrivée à Toulouse, j'ai commencé à pratiquer la prise de son lors des Chantiers d'Arts Provisoires organisés par l'association La Flibuste.
J'ai essentiellement travaillé la perche avec un couple stéréophonique de type ORTF pour commencer. Je déambulais au milieu des musiciens, danseurs, vidéastes, acteurs, poètes, plasticiens qui participaient à ces actions. Cette captation met en avant la notion de point de "vue". On peut s'approcher plus ou moins des sources, créer des plans sonores, retranscrire la danse par le son uniquement...
J'ai de nombreux enregistrements de ces soirées. Je les ai archivé. Pour moi c'est l'essentielle de ma formation qui s'est passée dans ce cadre. Même si j'apprends de nouvelles choses à chaque enregistrement, je pense que mon esthétique s'est affirmée par ces Chantiers d'Arts Provisoires.
C'est aussi lors de ces soirées que j'ai tissé des liens d'amitié avec les autres artistes de La Flibuste. La plus grande partie des choses que j'ai faites à ce jour sont liées de manière directe à ces relations.

Chantier d'Art Provisoire
Horlieu action n°145
Prise de son, Performance, Montage, ...

Michel Doneda est pour moi la personne qui m'a le plus soutenu dans mes débuts. Encore aujourd'hui c'est mon collaborateur le plus essentiel.
Dans le cadre d'un autre chantier, organisé par le Horlieu à Lyon, il m'a proposé de venir avec lui... Je me suis joint à des musiciens, des danseurs, un peintre, un vidéaste et un écrivain.
L'axe du travail était les textes de Samuel Beckett (pas le théâtre, ni les romans). En particulier le processus d'amoindrissement présent dans le travail de Beckett était le thème central de notre exploration.
Le Chantier d'Art Provisoire s'est déroulé sur trois jours avec plusieurs séances de travail dans la journée. Chaque jour, la dernière séance était ouverte au public.
A l'origine je n'imaginais pas faire autre chose que de la captation. Au bout de quelques séances le premier jour, Gérard Fabbiani du Horlieu m'a incité à redonner une part de la captation pendant les séances. Chose que j'ai faites avec beaucoup de plaisir.
Suite à ce chantier, Michel Doneda et moi avons commencé à monter un disque à partir des six heures d'enregistrement que j'avais rapporté.
C'est ma première édition phonographique. J'ai rapidement pris en main le logiciel de montage.
La collaboration dans le travail en plus de l'amitié avec Michel Doneda ont été consolidées par cette première concrétisation.
L'année suivante j'ai aussi participé à un autre Chantier d'Art Provisoire au Horlieu. Le travail était sur les mêmes bases. Il n'a pas donné lieu à une autre édition.

Aérophone
Grand ensemble de soufflants
Prise de son

Peu de temps après, toujours par l'intermédiaire de Michel Doneda, je me suis joint au groupe de soufflants en tous genres l'Aérophone. L'axe de travail de cet ensemble était le souffle sans le timbre des instruments. Cette question est assez centrale dans les pratiques de l'improvisation libre aujourd'hui. On cherche d'autres approches de l'instrument.
Ma présence à l'origine était simplement vouée au collectage. La réécoute en groupe des enregistrements a suscité des propositions de travail de ma part et de la part des musiciens. Ces propositions allaient de la disposition des musiciens à des ballades en extérieur pour trouver un endroit qui nous donnait envie de nous y attarder et d'y pratiquer.
Ces rencontres se tenaient chaque trimestre environ, à chaque fois dans un nouveau lieu. Cette dynamique a duré deux ans et finalement d'autres préoccupations se sont imposées aux musiciens et ce travail s'est essoufflé.

Je garde d'excellent souvenir de ces moments qui m'ont permis de tester des configurations de prise de son assez peu orthodoxes. C'est aussi à l'occasion d'une de ces rencontres que j'ai pu mettre à l'essai la première fois la prise de son quadriphonique.

Spring Road '01, Scissors
Michel Doneda & Tetsu Saïtoh
Prise de son, Montage, Pochette, Production

Lors de la résidence de la troupe du Théâtre² l'Acte à la MJC de Rodez, j'ai retrouvé Michel Doneda. Il était en tournée avec le contrebassiste Tetsu Saïtoh. Ils intervenaient dans les actions de la compagnie de théâtre. J'ai enregistré les performances déambulatoires et le concert qu'ils ont donné à la Chapelle Royale.
Je me suis embarqué avec eux pour finir la tournée et amasser des enregistrements. Nous avons également fait une intervention tous les trois dans une bibliothèque d'un quartier chaud de Blois. Nous avons joué avec des enfants venus voir les musicien. Les enfants avaient du papier journal, Michel Doneda et Tetsu Saïtoh jouaient sur leurs instruments et je les ai enregistré. Nous avons fait ensuite une séance d'écoute collective.
Ces enregistrements m'ont sensibilisé au fait que la projection des instruments varie sensiblement en fonction du niveau sonore et de la nature des sons produits.
Suite à cette tournée, Michel Doneda et moi avons monté un disque qui prenait dans les différentes situations.
En plus du montage et du mastering, j'ai réalisé la création de la pochette à partir d'un collage de cartes postales de Michel Doneda et de photos prises lors des concerts.
La production était assurée un ami japonais qui économise pour financer de temps en temps la sortie d'un disque qui lui tient à coeur. J'ai fait les démarches administratives auprès de la SDRM pour lui et j'ai négocié la fabrication et un litige suite à un mauvais découpage de la pochette du CD.

Sopranino-Radio, Fringes
Disques Puffskydd
Prise de son, Montage, Pochette, Production

Toujours en 2001, Michel Doneda, encore lui, me demande de l'enregistrer en solo. Il a envie de proposé cela à un ami italien qui tient le label Fringes.
Nous allons enregistrer une première fois dans un champ au dessus de chez lui dans la Montagne Noire. C'est une exploration de sifflements suraigus au saxophone sopranino. Lors de la seconde session d'enregistrement je lui ai proposé de continuer sur cette piste. Nous avons enregistré dans quatre endroits en extérieur. Il y a près de trois heures de matériau. Que faire à partir de ces enregistrements ? Ma proposition fût que nous choisissions une grosse demi heure de chacun des quatre lieux et que nous commencions notre écoute du premier lieu. Dès que ce que nous étendons nous plaît nous le mettons sur dans le montage et nous passons au lieu suivant et ainsi de suite pendant quelques cycles. Pour varier, nous avons enregistré dans un box de répétition du Lo Bolegason de Castres un autre matériau avec le saxophone sopranino et un petit poste de radio.
Pour compléter le disque nous avons enregistré des piécettes en duo, lui toujours au sopranino et moi avec les doigts sur l'électronique de la radio.
Au final, il y a 63 petites pièces et une grosse. La lecture doit se faire en mode aléatoire. Il n'y a pas de structure prédéfinie.

La suite de ce travail est la production de disques fait lors de nos escapades. Trois lieux, trois situation, trois dispositifs, trois disques, trois vidéos, trois pochettes faites à la main en quantité limitée avec des techniques graphiques différentes. Un quatrième est en cours.

Placés dans l'Air - Breath on the Floor
Solo Las Planques - etc.
Prise de son, Montage

Les collaborations avec Michel Doneda continuent :
- Placés dans l'air, sorti sur Potlatch (Paris). Avec Alessandro Bosetti et Bhob Rainey. Trois saxophonistes qui jouent du soprano. Nous avons passé une heure dans la grande salle des Entrepôts, le local du Théâtre² l'Acte. Ma captation était faite à la perche en stéréo. On reconnaît les musiciens. Les plans et les rapports changent en fonction de mes déplacements et des leurs. Je me suis également occupé du montage et de la partie visuelle du disque.
- Breath on the Floor, sorti sur Absynth (Berlin). C'est un duo avec Alessandro Bosetti. Là aussi la captation est active et aussi bouillonnante que le matériau sonore produit par les musiciens.
- Solo, Las Planques, sorti sur Sillon (Norvège). C'est un solo enregistré dans la Chapelle de Las Planques. Ici le travail du saxophoniste va dans la projection de plusieurs sons simultanément à base de souffle très peu timbré. Pour moi c'était une recherche sur la position du couple stéréophonique par rapport à l'instrument pour capter les sons qui semblent partir dans l'espace dans différentes directions. Ce phénomène est clairement audible sur l'enregistrement. La qualité du lieu aide particulièrement à la spatialisation.
- Un duo avec un autre saxophoniste, Katsura Yamauti, est en préparation. Le montage et le mastering sont terminés. La sortie du disque coïncidera avec la tournée de Michel Doneda en février.

La collaboration avec Michel Doneda a été très prolifique et continue de l'être encore aujourd'hui.

Etwa, Bertrand Gauguet, Creative Sources
Solo, Alessandra Rombolá
Prise de son, Montage, Mastering

Deux enregistrements de solo dans des chapelles.
Le disque de Bertrand Gauguet a été enregistré dans une chapelle en Bretagne, dans la forêt de Brocéliande et dans la Chapelle de las Planques sur le Viaur entre les départements du Tarn et de l'Aveyron.
C'est un premier disque solo pour Bertrand Gauguet. Il joue des saxophones soprano et alto. Il a assuré lui même le montage en composant à partir de matériaux que nous avons enregistré.

Le disque solo d'Alessandra Rombolá est enregistré dans une chapelle à Urueña en Espagne. Elle joue de la flûte traversière (basse, alto et soprano). Ici aussi c'est un premier disque solo. Les prises dans leur intégralité ont servi pour ce disque où il n'y a pratiquement aucun montage.

L'enregistrement, la composition, le montage et l'improvisation posent des questions quand ils se côtoient. Cette pratique musicale est basée sur le rapport du musicien à un contexte, un espace-temps. L'enregistrement fige une pratique qui se transforme d'instant en instant. Le montage et la composition cherche à remettre un structure dans une production brute. En règle générale je cherche à ne conserver que le matériau le plus intéressant en limitant au maximum le nombre de coupes. Le travail de Bertrand Gauguet au contraire a puisé dans un matériau produit dans un contexte pour en faire une oeuvre véritablement composée. Une infinité de variantes entre ces approches est possible.

Le Ventre Négatif, Meniscus
Lê Quan Ninh
Prise de son, Montage

Lê Quan Ninh est un percussionniste virtuose. Il a été formé au conservatoire de Versailles. Il est engagé dans deux voies, l'improvisation et la percussion contemporaine.
Son instrument principal est une énorme grosse caisse posée à plat et dont il se sert comme caisse de résonnance associée à divers objets (cymbales, cordes, galets, pommes de pin, pois chiches,...).
L'enregistrement de la percussion est un exercice délicat. C'est un des instruments naturellement le plus riche en transitoires. Bien capté la spatialisation est spectaculaire. Contrairement à ce que pourrait faire croire l'image, le couple stéréophonique était placé sur pied à peu près au même endroit. On obtient une image sonore qui en plus de la localisation latérale offre une profondeur. On entend les objets qu'utilise le percussionniste se rapprocher et s'éloigner de nous pendant l'écoute de ce disque.

Ici l'improvisation était préparée au sens que Lê Quan Ninh savais ce qu'il voulait jouer et à quel moment. En revanche si le geste est très précis, les objets donnent un caractère aléatoire (cordes de piano, pois chiches) qui nourrit la suite de l'improvisation

J'ai essayé de placer plusieurs microphones en plus du couple. J'ai compris ce que signifier la synchronisation car un des deux DATs tournait 10% plus vite que l'autre. D'autre part je n'ai pas été convaincu, dans ce cas où l'image sonore était très précise, de la nécessité d'ajouter des appoints soit pour renforcer les graves de la grosse caisse, soit pour jouer sur la quantité de réverbération.

Quatuor de Contrebasses - D. Chiesa,
A. Frangenheim, LM. Marion, U. Phillipp
Prise de son, Montage

Un quatuor de contrebasses : quatre personnalités différentes, quatre instruments différents. Comment surmonter les écarts de puissance et de projection entre les quatre musiciens ? Comment faire pour concilier cela à leur répartition dans l'espace ? L'écoute dans l'improvisation joue un rôle majeur. Il faut être sans cesse à l'écoute des autres musiciens, voire même de la situation dans son ensemble (bruits environnants). La musique voyage entre toutes les sources du lieu, pas seulement à destination de l'auditeur.

La commande des contrebassistes n'a pas aboutie au delà du montage. La recherche d'un label pour sortir le disque n'a pas permis de trouver de production.

Une incompréhension avec un des musicien sur ce que le signal stéréophonique peut subir comme traitement a peut-être contribué à bloquer la recherche de label.
En effet, un signal stéréophonique de type ORTF joue sur d'infimes différences de phases entre les deux canaux. Un traitement de réduction du bruit de fond était nécessaire pour permettre de remonter un passage jugé sous-modulé par un des musiciens. En remontant les niveaux sur ce passage, le bruit montait à un niveau qui lui paraissait inacceptable. Or un traitement de réduction du bruit de fond détruit les relations de phase à l'intérieur du signal et introduit des artefacts bien plus gênants. Au passage, le contrebassiste en question avait le plus "petit" son des quatre et il n'a jamais voulu diriger son instrument pour que le son soit projeté en direction du couple de microphones...

Suites pour Violoncelle Seul, JS. Bach
Martine Altenburger
Prise de son, Montage

Martine Altenburger est violoncelliste. Elle a longtemps hésité à se lancer dans une véritable carrière de musicienne. Elle joue essentiellement du répertoire classique contemporain et c'est une improvisatrice exceptionnelle. Les Suites pour Violoncelle seul de Jean-Sébastien Bach ont une valeur affective importante pour elle. En effet, c'est un des liens qu'elle a toujours maintenu avec une pratique d'instrumentiste classique. Nous avons enregistré ensemble les trois premières Suites. Son instrument personnel n'étant pas très ben, elle s'est fait prêter un violoncelle de 1750 par un luthier. Le temps étant compté nous avons enregistré de façon un peu trop précoce. Elle n'avait pas eu suffisamment de temps pour se familiariser avec ce violoncelle. La justesse en a souffert, mais l'interprétation est particulièrement bonne. Depuis Martine Altenburger a décidé d'acheter un nouvelle instrument, la liste d'attente du luthier est de quelques années... de quoi économiser en attendant...

Pour moi ce fût l'occasion de réviser un peu de solfège et d'organiser un travail sur une dizaine de jours d'enregistrement. Pour les trois derniers jours j'avais ramené mon ordinateur portable pour réaliser des prises quadriphoniques.
Ici aussi le positionnement des microphones permet de capter comment l'instrument projette de façons différentes chaque note.

Ensemble Marenzo
Composition et direction Pascal Rabatti
Prise de son, Montage

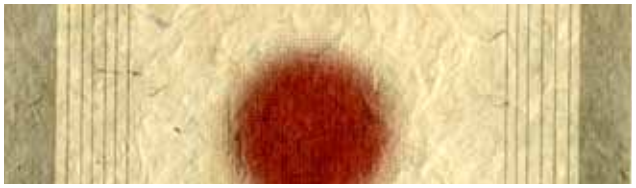
C'est par l'intermédiaire d'une enseignante de musique que j'ai commencé à travaillé pour Pascal Rabatti et son ensemble Marenzo. Le répertoire de cette formation est constitué de compositions de Pascal Rabatti. Les musiciens sont des anciens élèves de l'Ecole de Musique de Rodez. Essentiellement il s'agit d'un quatuor à cordes avec pour certaines parties un piano en plus.
Les premiers enregistrements que j'ai effectué pour eux ont servi à faire une maquette.
Toute la prise de son a été faite en stéréophonie et en quadriphonie dans l'ancienne gare d'Espalion. Les locaux de cette gare ont été transformés en école de musique et l'acoustique y est bonne.
Les retours suite à cette première maquette ont été excellents. La prise de son a été particulièrement appréciée. Depuis nous devons réaliser sur une plus longue durée un enregistrement de toutes les compositions du répertoire de l'ensemble.

Dans ce cas le travail de prise de son a consisté à trouver les dispositions des instrumentistes par rapport au couple de microphones pour équilibrer les différentes voix toute en conservant une grande précision dans les timbres et l'espace.
Pour le montage, dans ce cas où la prise de son est très analytique, il faut faire attention à ne pas couper à un endroit pour régler un problème et ce faisant créer un nouveau car un des autres instruments a été coupé.
Lors d'un travail précédent sur un disque de Motet de Jean Campra par l'ensemble de musique de chambre de Dominique Serve, ce point avait été très important et avait demandé une attention particulière.

Orchestre Baroque de Toulouse, dir. M. Brun
Les Passions, dir. JM. Andrieu
Prise de son

Ces enregistrements ont été faits à ma demande. En effet lorsque l'on a essentiellement des choses très peu communes à faire écouter, il peut être bon de faire entendre des choses plus classiques. De plus c'était l'occasion de réaliser des essais de prises de son quadriphoniques.
Les concerts se sont déroulés dans des églises de grand volume et le son est un peu perdu dans la réverbération. Pourquoi s'entête-t-on à organiser des concerts dans des lieux qui n'ont jamais été pensés pour leur acoustique ?
Ces prises de son n'ont eu aucune suite.

En dehors des considérations techniques, un problème lors des captations des concerts en public est que les pieds de microphones ne sont pas forcément très bien venus. Les organisateurs préfèrent une captation médiocre avec plusieurs microphones placés au ras de l'orchestre que d'avoir en pleine salle un grand pied de microphone. La suspension des microphones est une solution qui demande beaucoup de temps d'installation et lors des réglages elle rallonge aussi considérablement le temps de préparation.
Pour les lieux très réverbérant il faut avoir recours à des microphones d'appoint. Il convient de réaligner les temps d'arriver des différents microphones pour limiter les filtres en peigne qui peuvent donner des colorations très désagréables.

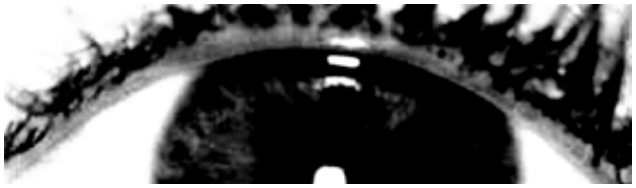


Sôdi
Chantof
Prise de son, Montage

Deux enregistrements pour faire des maquettes de chansons. Dans les deux cas j'ai privilégié une prise de son stéréophonique. Chantof était un duo guitare et chant. Sôdi est un trio avec un guitariste-chanteur, une flûtiste et un percussionniste. Pour Chantof, nous avons cherché un lieu d'enregistrement et nous n'avons pas vraiment pu trouver de lieu idéal. Mon idée était d'enregistrer en extérieur dans la ville active, mais le guitariste n'a pas suivi sur cette proposition.
Dans le cas de Sôdi, j'ai placé des microphones d'appoint pour les coeurs et le chant principal. Le résultat est assez bon, mais peut-être que l'esthétique généralement attendue pour ce genre de musique impose aujourd'hui une prise de son de proximité spatialisée au panoramique.

Otokan
Baise en Ville
Prise de son

Deux essais de prise de son de groupes plutôt typés rock. Et qui dit rock, dit amplification.
Nous avions le désir de faire une prise de son en stéréophonie dans un cas comme dans l'autre.
Lors de ces deux sessions d'enregistrement je me suis rendu compte que les amplificateurs et en particulier leurs haut-parleurs créent des plans sonores qui occupent toute la largeur du champ stéréophonique. J'explique ceci par le fait que les enceintes sont directives et que les instruments acoustiques eux vibrent et projettent dans toutes les directions de l'espace avec plus ou moins de directivité. L'excitation de l'air par une source acoustique donne à la réécoute l'impression d'une source placé dans l'espace acoustique.
J'ai pu rééssayer de faire des captations d'instruments électroacoustiques et je dois admettre que dans ce cas la stéréophonie n'y peut rien, à moins que le haut-parleur ne travail pas en piston, mais comme un corps vibrant. Ces voies de recherche sont des domaines de développement en musique électroacoustique. Pour ma part je ne cherche plus à faire de prise de son stéréophonique lorsqu'il y a un amplificateur présent dans une formation.



Myosis
La Friture Moderne
Prise de son, Montage, Mixage

Prise de son de proximité et de mixage.
Pour le placement des microphones il faut essayer d'avoir le timbre juste et la présence des instruments. La spatialisation est faite grâce aux panoramiques et aux effets de réverbération pour l'impression de profondeur.
Il est possible de mélanger des prise de son au couple et des prise de son de proximité.
Faute de studio pour isoler chaque musicien, il est des fois nécessaire de filtrer de façon considérable ou de mettre des *gates* pour limiter l'intermodulation qui donne des filtres en peigne.
Le mixage permet en plus de régler les niveaux des différents instruments. On a souvent recours à la compression pour donner une impression de puissance au détriment de la qualité du son et de la dynamique.
Les prises de son pour la voix ont d'abord été faites comme témoin. Puis nous avons fait le chant définitif en re-recording.

Sténopés et Paysages Sonores 1
Vallée de Siguer, Face Nord du Pic des Trois Seigneurs
Viaduc Ferroviaire de Tanus, Chapelle de Las Planques

Ce travail a commencé il y a quelques temps avec des premières tentatives de sténopés.
Les boîtes à une seule surface sensible sont un peu limitées tant qu'on ne connaît pas les manchons de chargement. Donc pour avoir plus d'autonomie je me suis tourné vers des dos d'appareil photo moyen format et en particulier un dos de Mamiya Press 6x9. Je lui ai fabriqué différentes "optiques" à partir de boîtes de thé et de leur couvercle.
J'ai eu un déclic début 2005, je suis enfin devenu autonome dans ma création. Je n'ai plus le besoin nécessaire de la présence d'une autre personne pour ne pas reculer face à ce travail de création. La difficulté actuelle est de pouvoir protéger ce temps personnel de toutes les sollicitations extérieures et du travail alimentaire.
Les premières sorties avec mon sténopé Mamiya ont servi à prendre en main l'appareil, la cellule... Très vite je me suis rendu compte que le sténopé pouvait effacer le cadre rigide typique des images photographiques. Ensuite en travaillant sur du film diapo moyen format, j'ai eu l'intuition d'étaler mes prises de vues sur l'intégralité du ruban de 80cm en ne détachant pas les images les unes des autres. La continuité de la marche se retrouve dans le format de l'image.

Je suis retourné plusieurs fois dans quatre lieux pour continuer ce travail. J'ai essayé différentes pellicules avec un préférence pour des couleurs très saturées et de la pellicule tungstène exposée à la lumière du jour.
La motivation essentielle de ce travail est de rendre visite à des lieux que j'aime particulièrement pour des raisons intimes. La production d'image et les prises de sons étaient des prétextes. La simplicité de cette approche me laissent beaucoup de liberté par rapport à une esthétique décidée a priori. Je me rends compte que mon regard et mon approche de l'image a été très fortement nourri par ma pratique du son.
Ces sténopés et ces paysages sonores ont été exposés dans le cadre du festival ManifestO à Toulouse et dans les locaux de l'association HDFS. L'installation présente les films diapos entre des feuilles de plexiglas suspendus de part et d'autre de caissons lumineux. Le son est diffusé en stéréophonie. Une évolution possible serait la diffusion quadriphonique des paysages sonores. Les retours ont été très variés et très intéressants.
A posteriori je me rends compte que les deux supports sont "incomplets". Et que leur union demeure incomplète. Si bien que l'imagination du spectateur est stimulée pour compléter l'impression en puisant dans l'idée qu'il se fait de promenades en montagne ou dans la campagne.
Ce travail est devenu une urgence. L'envie de reprendre les chemins avec magnétophone et boîtes de sténopés est toujours aussi vive.
D'autres lieux m'attirent pour faire de nouvelles séries...

Sténopés et Paysages Sonores 2
Bords de mer

Ce travail est en préparation à l'heure où j'écris ces lignes.
L'idée de l'installation n'est pas très récente, mais elle attendait un sujet. Depuis un mois un sujet évident est apparu après avoir fait des images sur la côte en Catalogne.
Cette installation montrera des images faites soit avec des boîtes de conserves cylindriques ou hémi-cylindriques soit avec un appareil fabriqué à partir d'un dos d'appareil moyen format Kiev 6x6 chargés avec de la pellicules négatives.
La partie visuelle de l'installation sera composée d'une cinquantaine de luminaires sphériques en papier du japon peints à l'émulsion liquide de fabrication artisanale sur lesquels je vais tirer les images de bord de mer.
Le son sera simplement des éléments de paysages sonores de bord de mer. Il seront diffusés soit en stéréophonie soit en quadriphonie.
Les coûts modérés de ces créations me permettent de les autofinancer. J'apprécie cette légèreté et surtout de ne pas avoir à rédiger quoique ce soit de précis et de dépendre de financements tiers.
La diffusion de ce travail reste l'aspect le plus problématique pour moi, mais il n'est pas une motivation de ma création.

Université de Lund
Département de Physiologie Animale
Doctorant

Lors du dernier semestre à l'Université de Lund (Suède) où je terminais mon ingéniorat, j'ai fait un stage dans le laboratoire de physiologie animale. Mon sujet était dans un premier temps de suivre la dégénérescence des motoneurones suite à un traumatisme. Dans un second temps il était question de tenter de prolonger la survie de ces cellules nerveuses pour éviter des dégâts massifs au système nerveux central suite à un accident ou une maladie.
On m'a proposé de rester faire une thèse dans ce laboratoire pour continuer sur ce sujet. Je suis resté six mois de plus après la fin du stage. Je n'ai pas prolongé au-delà car la vie en Suède ne m'a pas plu et après de nombreuses tentatives pour m'intégrer je me suis rendu à l'évidence que je ne pouvais pas vivre dans ce pays.

Cette expérience m'a permis de suivre une démarche scientifique de la recherche d'une méthodologie, à l'exécution de tests, au traitement et à la présentation des résultats.

Carbofil
Traitement des Déchets
Ingénieur

De retour en France, j'ai commencé à travailler avec mon père. Ma fonction officielle était d'effectuer la mise en route des installations de traitement des déchets que la société construisait. Chaque type de déchets demande des réglages différents (lisier, graisses et boues fraîches de flottation urbaines et industrielles, eaux usées urbaines et industrielles,...)

Concrètement j'ai rédigé des dossiers pour des devis, j'ai fait de nombreux plans d'implantation et de construction. J'ai supervisé et pris parti aux montages de plusieurs installations. J'ai aussi servi d'interprète dans les négociations pour trouver des distributeurs à l'étranger. Finalement j'ai pris en main la création de documents graphiques pour la société.

Je me rends compte que ces trois années n'ont pas été si vaines qu'elles ne m'ont parues sur le moment. En effet, j'ai pu apprendre de nombreuses choses sur les chantiers et elles m'ont servi par la suite. En particulier la connaissance des éléments d'une armoire électrique s'est révélée très utile. Les connaissances des outils et des méthodologies sur les chantiers m'ont été utiles également dans ma pratique actuelle. D'autre part le travail en équipe en milieu industriel n'est pas toujours une chose facile et j'ai compris beaucoup de choses pendant ces années concernant le travail en groupe.
Finalement sans les finances que j'ai pu dégager par ce travail je n'aurai pas pu me lancer dans ma passion.

Collège Jean Moulin, Rodez
Collège Paul Ramadier, Decazeville
Professeur de Physique-Chimie

Suite à des difficultés pour trouver du travail à cause de la crise des intermittents, j'ai envoyé une candidature pour être professeur dans l'enseignement secondaire.
J'ai eu un poste morcelé sur plusieurs collèges dans l'Aveyron. J'ai eu des classes de 5ème, 4ème, 3ème et 3ème SEGPA. Mes derniers souvenir de lycée était les classes préparatoires. Ce fût peut être un choque pour mes élèves. Mais dans l'ensemble je les ai traité comme de jeunes adultes et j'ai tout fait pour orienté mes cours vers une transmission d'un esprit critique. La difficulté majeur est de transmettre à un public varié et qui ne maîtrise pas de façon égale les bases qui auraient dû être acquises pendant les années précédentes. La patience et la gestion de la concentration sont aussi importantes que la pédagogie. Il faut savoir ménager la disponibilité des élèves sur la durée du cours pour que la transmission soit efficace.
J'ai également appris des choses sur la gestion et le comportement des groupes. Dans une paires de classes l'ambiance était dure à cause de quelques individus (soit des bons élèves arrogants, soit des élèves en perdition qui subissent cette soi-disante éducation). La classe de SEGPA (préparation à l'apprentissage) était très agréable malgré les élèves réputés difficiles.
Je pense avoir était autant apprécié de mes élèves que j'ai pu prendre du plaisir en leur compagnie.

Travaux Graphiques

J'ai longtemps dessiné. Pour la société Carbofil, j'ai commencé à faire du dessin industriel et de la PAO. J'ai pu ainsi apprendre à me servir des logiciels AutoCAD, Photoshop, Illustrator, InDesign et Quark Xpress. J'ai également fait un peu de dessin en 3D sous 3D Studio Max. Depuis j'ai aussi appris la programmation HTML pour réaliser des sites web.
Je continue de faire des documents pour la société de mon père. Je fais régulièrement des pochettes de disques. J'ai plusieurs livres mis en page à mon actif également. Je publie plusieurs sites sur internet pour lesquels j'ai développé des chartes graphiques. Finalement pour rendre service aux nombreuses associations et initiatives auxquelles je participe je fais des tracts pour annoncer concerts, stages et autres évènements.

LIVRES :

La clef des sons - Bernard Auriol - éditions Erès - 1994

Le livre des techniques du son (Tomes 1, 2 & 3) - direction Denis Mercier - éditions Dunod - 1998

Son et enregistrement, théorie et pratique - Francis Rumsey & Tim McCormick - éditions Eyrolles - 2000

Handbook for sound engineers - direction Glen Ballou - éditions Focal Press - 2002

L'audionumérique - Curtis Roads - éditions Dunod - 1998

An introduction to digital audio - John Watkinson - éditions Focal Press - 1994

Techniques des haut-parleurs et enceintes acoustiques - Pierre Loyez - éditions Dunod - 1998

La prise de son stéréophonique - Christian Hugonnet & Pierre Walder - éditions Eyrolles - 2000

Le couple variable - Michael Williams - 1991

PUBLICATIONS :

Operational limits of the variabl M/S stéréophonic microphone system - Michel Williams - 1990 - 88th AES convention in Montreux - preprint 2931

Early reflections and reverberant field distribution in dual microphone stéréophonic sound recording systems - Michel Williams - 1991 - 91st AES convention in New-York - preprint 3155

Microphone arrays for natural multiphony - Michel Williams - 1991 - 91st AES convention in New-York - preprint 3157

Frequency dependant hybrid microphone arrays for stereophonic sound recording - Michel Williams - 1992 - 92nd AES convention in Wien - preprint 3252

The quick reference quide to multichannel microphone arrays - Michel Williams, Guillaume Le Dû - 2001 - 110th AES convention in Amsterdam - preprint 5336

Multichannel sound recording using 3, 4 and 5 channel arrays for front soun stage coverage - Michel Williams - 2004 - 117th AES convention in San Francisco - preprint 6230

The recording angle based on localisation curves - Helmut Wittek, Günther Thiele - 2002 - 112nd AES convention in Munich - preprint 5568

LOGICIELS :

M.M.A.D - Michael Williams

Image Assistant 2.0 - Helmut Wittek