

P2014

# Rapport Final IC07

Projet de manipulation du son dans l'espace

Clément SCHEUBER / Jonas AYMOZ

## Démarches

### Introduction

L'origine de notre projet est fondée sur notre intérêt pour la spatialisation du son et l'expérimentation du son dans l'espace. Nos premières réflexions nous ont amenées à nous demander quel est le rapport entre le son et l'espace, ainsi que comment en tant qu'être humain et animé nous pourrions interagir avec lui. Ensuite nous nous sommes focalisé sur une solution particulière, faisant appel à la technologie arduino pour pouvoir capter des déplacements dans un périmètre restreint.

### Le son et l'espace

Premièrement il est important de préciser que le son existe grâce à l'espace, c'est lui qui lui permet d'exister. En effet, le son a besoin de l'espace pour faire vibrer l'air. On rappelle que le son est transmis par l'air et sans celui-ci le son ne pourrait se diffuser, c'est pourquoi le son existe par l'espace et ces deux éléments sont intimement liés. L'espace définit donc le son puisqu'il le reflète, l'absorbe et le diffuse.

## Interagir avec le son

### Les logiciels de MAO

De nos jours, la musique ,même professionnelle est en grande partie produite sur ordinateur. Ce phénomène est permis par le grand nombre d'application de production, mixage et mastering disponibles aujourd'hui. Même avec un ordinateur personnel il est devenu possible de produire sa propre musique et ce de manière quasi professionnelle.

De nombreux logiciels permettent de modifier le son, et de le travailler à moindre coût. Par exemple beaucoup d'instruments se sont virtualisés, grâce aux sons numériques, faisant chuter les prix pantagruellement.

Dans le cadre de l'UV IC07, les étudiants découvrent ce type de technologie via des séances de TD dédiées à l'utilisation des principaux logiciels de MAO : ProTools et Logic Pro.

Ces derniers sont des logiciels commerciaux très complets. Ce sont les plus utilisés dans les studios de musique et de postproduction sonore.

Il existe un grand nombre d'outil de MAO. On peut les classer suivant plusieurs catégorie regroupant des fonctions spécifiques.

Les séquenceurs permettent d'automatiser le jeu et de dialoguer avec tout appareils virtuel (VST) ou physique (câblage audio, MIDI, IP, etc.), carte audio, table de mixage, etc. qui lui sont associés. Ils peuvent être assimilés à des lecteurs complexes de partitions électroniques en interprétant toutes les données sur les tempos, les nuances, les effets, l'audio et la vidéo. Ce sont les principaux outils de création de musique électronique.

Les séquenceurs, comme Logic Pro sous Mac, sont souvent accompagnés par d'autres outils permettant d'avoir une approche plus globale de la musique.

La nature de ces outils est très variables. Elle s'étend de la production de partitions papier (tablatures) à la découverte et à l'apprentissage du solfège (outils éducatifs, IMAO).

Le développement des capacités de calcul des ordinateurs a entraîné l'apparition de nombreux autres outils associés à la MAO. Ces outils permettent la simulation numérique de synthétiseurs, la modifications d'un signal audio numérisé (synthétiseurs, plug-ins, etc) ou encore l'enregistrement audio (magnétophone numérique, studio multipistes).

Parmi ces différentes technologies, on distingue ceux qui gèrent le son de synthèse de ceux qui manipulent des sons réels. La encore, le développement dépend des ressources informatiques (traitement et stockage). On s'approche alors du son réel des instruments.

Certains logiciels plus complet comme Pro Tools ou Ableton Live, que nous allons utiliser, permettent la combinaison des deux types de sons.

## Le MIDI

Le midi est un protocole de communication et de commande numérique permettant un échange entre des instruments de musiques, qui peuvent être physiques ou numériques (dans un logiciel de MAO).

Officialisé en 1983, par Dave Smith, il est devenu un standard et est aujourd'hui très utilisé dans de nombreux environnements. Le midi était premièrement transmis via un connecteur 5 broches, mais de nombreux périphériques actuels utilisent la norme USB plus populaire.



Le signal midi est un signal numérique qui transmet des valeurs correspondant à des notes musicales, et allant du C-1 au G9 ( plage de fréquence équivalente du signal de 8 à 12 000 Htz. Chaque signal transmet plusieurs informations qui sont ensuite interprétés et retransmis par la machine réceptrice.

Un message Note On véhicule les informations suivantes :

- le déclenchement de l'événement
- le port MIDI utilisé (compris entre 1 et 16)
- le canal MIDI de l'événement (compris entre 1 et 16)
- le type d'événement (Note On)
- la note envoyée (comprise entre 0 et 127)
- la force de l'attaque (la vélocité).

Un exemple d'utilisation actuelle est les controllers MIDI, qui sont des instruments qui ne produisent aucun son, mais émettent seulement des signaux MIDI destinés à être interprété par des instruments virtuels. De ce fait on peut donc jouer n'importe quel instrument avec un seul controller puisque c'est l'ordinateur qui générera les sons en fonction des paramètres transmis par MIDI.

En plus de transmettre des signaux destinés à générer des notes et de la musique, un signal MIDI peut être interprété comme une variation d'un paramètre. Ceci ouvre au MIDI un champ de possibilité quasi infini puisqu'il peut alors contrôler les paramètres du son, lancer ou arrêter une musique, en fait il peut contrôler l'ensemble d'un logiciel compatible, comme on le ferait avec un clavier et une souris.

## Le corps comme instrument

Les instruments peuvent être considérés comme le prolongement du corps humain, et particulièrement de la voix. Ils sont destinés à accompagner la voix dans le jeu.

Les harpes arquées d'Afrique centrale sont souvent ornées d'une tête sculptée. La figure suivante montre à quel point elles sont conçues pour représenter le corps humain. Leur vocation est symbolique et évoque souvent l'image d'un ancêtre ou d'un être mythique.



*Harpe, population Ngabaka, région Oubangui,  
© Cité de la musique*

A l'heure où l'électronique des instrumentalise la musique, certains voient dans le corps humain, l'instrument idéal : la symbiose du corps et de la musique. Prenons pour exemple l'homme tambour - *der Trommelmann* -, endossant un costume fait de différents tambours de tailles variées, se mue en corps-instrument sur lequel viennent frapper les percussionnistes qui l'entourent. Le *Trommelmann* rétablit une relation organique entre l'homme et son instrument.



*Vue de l'exposition,  
Mauricio Kagel, Der Trommelmann, 1971 (reconstitution 2002),  
© Cité de la musique*

Le human beatbox est très connu aujourd'hui et représente le parfait exemple de musique générée par le corps. Il consiste à imiter des instruments, principalement des percussions, en utilisant des sons vocaux : les bruits d'inspirations et d'expirations. Cette pratique prend son origine dans des traditions antiques où déjà on se servait du corps humain pour réaliser des performances musicales.

Enfin, on peut utiliser l'exemple de l'installation mise en place en gare de Montparnasse où un escalier a été transformé en piano. La conséquence de cette œuvre a été de modifier le comportement des gens, qui prenaient naturellement plus l'escalier. Nous pensons que notre projet et notre prototype pourraient aboutir à ce genre de changement de comportements.

## Notre projet : Soundland

### Concept

Le concept du projet est fondé autour de la modification du son en fonction d'une position dans l'espace. Ainsi un utilisateur/témoin, pourra en se baladant dans un espace clos modifier le son qu'il écoute en se déplaçant et ce de manière totalement transparente quand à son interaction avec l'environnement.

De cette manière, il sera possible de relier une position physique dans l'espace avec un paramètre du son, et donc d'établir un lien entre le son écouté et le parcours réalisé.

Chacun pourra en se déplaçant créer un mix musical unique et donc expérimenter un son à sa propre manière en choisissant, en se déplaçant, sa manière de l'écouter.

### Objectifs

Souvent écouté de manière passive, la musique est un élément non matériel sur laquelle on considère à tort qu'on ne peut la modifier. Notre expérience repose sur ce constat pour démontrer que l'espace peut modifier notre rapport à la musique.

Nos objectifs qui en découlent sont donc de permettre à l'utilisateur d'expérimenter et de modifier le son en se déplaçant et de lui faire prendre conscience de son interaction avec celui ci.

Notre but second sera de réussir à dissimuler la partie technique du projet , pour que l'utilisateur puisse expérimenter sans avoir connaissance du fonctionnement et focalise son attention sur le son et son ressenti. Bien sûr cela dépendra de la partie technique, et de la faisabilité de cette solution.

A terme l'objectif serait de permettre à l'utilisateur de se sentir comme un chef d'orchestre, en dirigeant et modifiant la musique. Un autre objectif, serait de sensibiliser les utilisateurs aux différents effets sonores qui existent, comme l'écho, les filtres, ou encore sur l'importance du mixage du son.

## Prototype réalisé

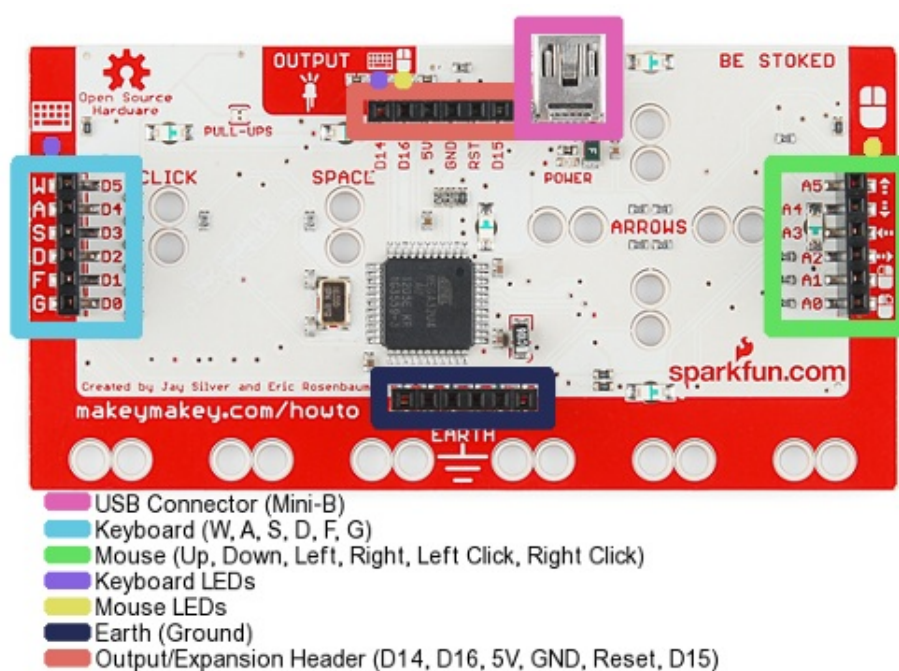
Pour réaliser notre expérience nous avons besoin de plusieurs éléments. Tout d'abord il nous fallait trouver un moyen de diffuser la musique et avoir le contrôle sur certains paramètres du son. En parallèle il nous fallait trouver comment connaître la position d'une personne dans un espace clos afin de pouvoir ensuite faire correspondre position et paramètres du son. Finalement, il nous a fallu interfacier l'ordinateur et nos capteurs pour pouvoir faire fonctionner le prototype.

La solution que nous avons réalisée s'appuie sur différentes technologies que nous décrirons par la suite.

### Solutions Techniques:

#### Arduino

Pour transmettre un signal à l'ordinateur, nous avons utilisé la technologie arduino. Arduino est une plateforme basée sur une interface entrée/sortie simple et qui présente sous forme de circuit électronique en matériel libre. Le plus souvent, il fonctionne connecté à un ordinateur pour communiquer avec des logiciels, ce qui est notre cas.



Notre version de carte est un dérivé qui s'appelle Makey Makey, et repose sur un modèle d'arduino Léopard. Sa particularité réside dans des capteurs de différence électriques, très sensible, qui permettent de lancer des signaux au toucher d'objets conducteurs.



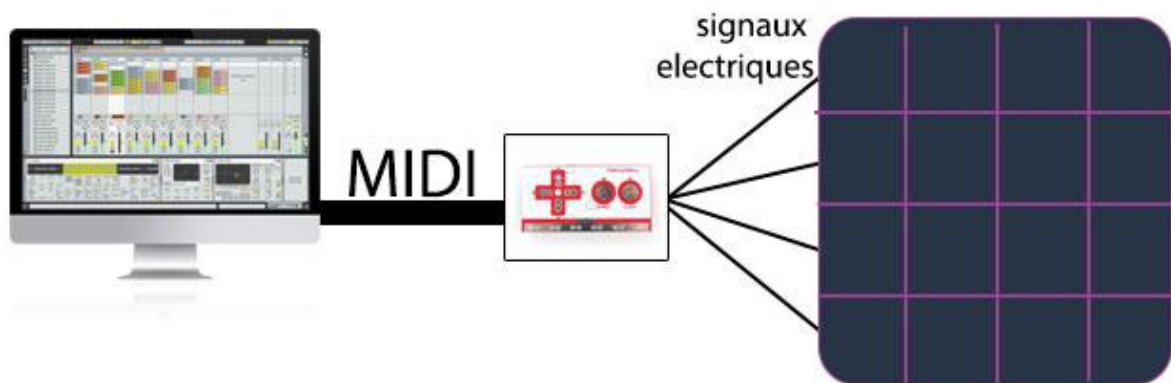




Extrait de la section effet d'Ableton

## Midi

Grâce à l'utilisation du Makey Makey et d'Ableton nous avons un moyen de capter un signal d'une part et de modifier le son de l'autre, reste à implémenter la communication entre nos deux instances grâce au MIDI.



Ableton propose une interface simple pour configurer ces interactions. Un mode d'auto-apprentissage permet de capter le signal émis par le Makey Makey et de l'affecter à une propriété du son. Nous verrons par la suite le paramétrage des effets en fonctions de nos expériences.



## Matériaux



Un matériau conducteur se distingue par sa capacité, de part son organisation microscopique, à laisser passer un courant électrique. La plupart des métaux sont conducteurs, les meilleurs étant l'argent, l'or, le cuivre et l'aluminium. Le prix des 2 premiers conditionne leur utilisation rare. Dans le cadre de la réalisation de notre prototype, il convient bien entendu de sélectionner les 2 suivants.

Nous avons choisi d'utiliser des fils de cuivre et des plaques recouvertes d'aluminium. Ce choix est justifié par le fait que nous construisons uniquement un prototype, et que le coût doit être moindre. Ces matériaux répondants aux critères nécessaires, et ayant un faible coût nous ont paru idéales pour cette expérience.

## Expériences

### Echo

#### Principe

L'écho est une technique sonore qui répète le son dans le temps selon différents paramètres. C'est un phénomène naturel que l'on peut écouter dans des grands espaces, où le son se reflète et se reproduit de multiples fois, donnant l'impression que quelqu'un répond.

Ici, l'ordinateur permet de simuler ce phénomène et de choisir l'espace dans lequel le son est réfléchi et donc comment le son réagit.

#### Technique

Cette expérience repose sur deux paramètres de l'effet "Large factory" dans Ableton. Nous avons appliqué cet effet pour donner un écho fort à la chanson jouée, en jouant sur le decay Time ( temps de déclin ) et le paramètre dry/wet de l'effet ( quantité d'effet appliquée au son ).

### Filtre

#### principe

L'application de filtre sur un enregistrement audio modifie sa perception et l'écoute de l'auditeur. Permettre à l'auditeur de modifier celle-ci en se déplaçant permet de tendre vers une paramétrisation parfaite du point de vue subjectif de l'application du filtre.

#### technique

Dans Ableton , nous avons utilisés deux filtres, un filtre passe haut et un filtre passe bas, pour pouvoir obtenir différents effet. Dans chacun d'eux nous modifierons la fréquence de coupure et la largeur de bande du filtre, nous permettant d'obtenir 9 combinaisons de filtres différentes.



## Spacialisation

### Principe

Le principe est de faire varier la spatialisation du son diffusé à l'auditeur suivant sa position sur le prototype. En se déplaçant, il sera alors possible de faire varier cette diffusion.

### Technique

On utilise dans ce cas la technique du son binaural dans un plugin ableton. En fonction de la position de l'utilisateur, on modifie l'élévation, qui correspond à un espace avant/arrière, et l'Azimut, qui répartit le son vers la gauche ou vers la droite.

## Mixage

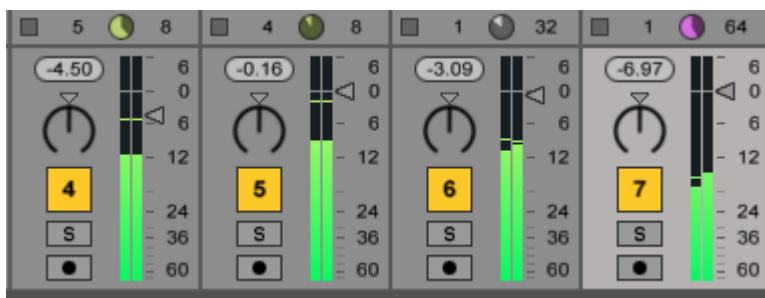
### Principe

Cette expérience se base sur le mixage de 2 signaux sonores. Chacun des signaux sera amplifié, en comparaison aux autres, lorsque l'utilisateur du prototype se dirigera vers un angle de la zone de déplacement.

### Technique

Cette expérience est la seule qui utilise plusieurs pistes de Ableton. On configure ainsi 2 voies qui jouent chacune séparément une mélodie sur la même tonalité, et le même rythme. Cela permet, lorsqu'elle joue ensemble, d'obtenir un son résultant cohérent, comme lors d'un mixage d'album. La position de l'utilisateur jouera ensuite sur le niveau sonore dans le mixeur d'Ableton.

Plus l'utilisateur sera loin de l'angle consacrée à une piste, moins son signal sera fort.



Extrait de la section mixeur d'Ableton Live

## Résultats

Chacune de ces expériences est destinée à coupler le déplacement de l'auditeur avec une qualité d'écoute donnée. Les réactions et la subjectivité de l'écoute pourront alors être étudiées.

Nous avons présenté notre prototype final lors de la présentation du projet , et demandé à des étudiants de tester le prototype. Celui ci était configure pour les 4 expérience, en forme de U et contenant 8 panneaux.

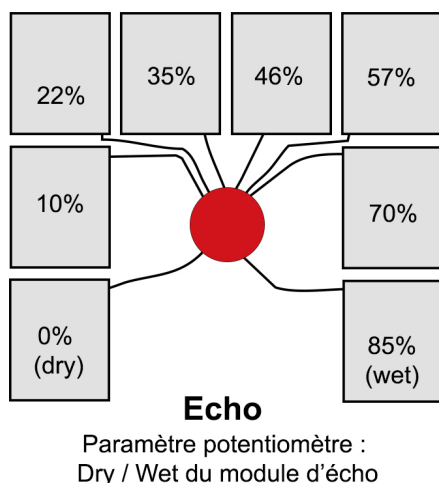
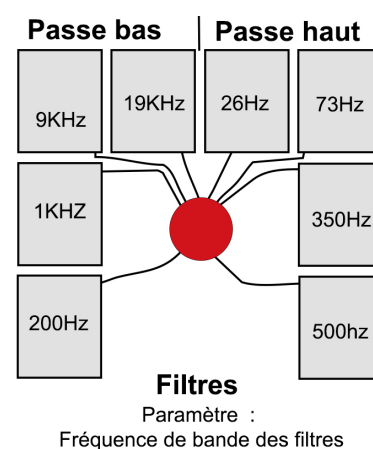
### Ressenti

Les 4 expériences que nous avons prévues ont fonctionnées. Lors de la démonstration, chacun a pu constater que le son était modifié par la position de l'utilisateur.

### Filtre

C'est l'expérience dont la subtilité a été la plus audible. En parcourant le chemin que nous avons mis en place, on a pu observer l'application des filtres passe haut passe bas, et l'influence de ceux ci sur la musique .

L'expérience a été paramétrée de la sorte sur notre espace :

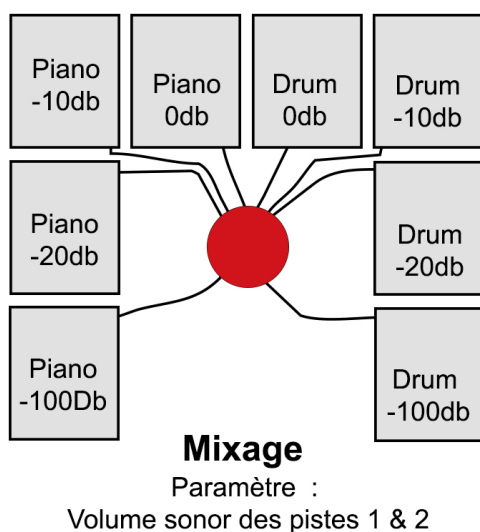
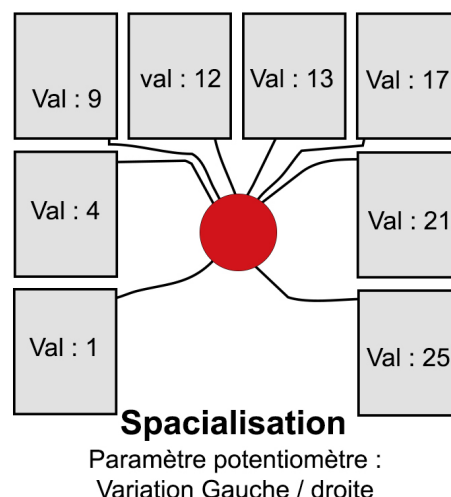


### Echo

Pour cette expérience, il est intéressant de comparer les deux points extrêmes et de constater l'apparition de l'écho. Cependant les graduations sont plus difficiles à discerner.

## Spatialisation

Une sonorisation binaurale est nécessaire pour cette expérience. Nous avons réalisé la démonstration avec un casque. En parcourant le chemin de plaques, le son se déplace de la partie gauche à la partie droite du casque et inversement.



## Mixage

Cette expérience joue avec la balance entre deux pistes. Avec le prototype on contrôle l'arrivée de l'une et l'atténuation de l'autre à son dépend. Une position centrale représente l'assemblage des deux pistes.

## Retour d'utilisateurs

Pour la seule utilisation du prototype lors de sa présentation, la sentiment a été unanime. Le principe est ludique et simple et l'utilisateur se prend rapidement au jeu.

Il est parfois difficile de distinguer chaque graduation mais on perçoit le principe de chaque expérience.

A chaque pas, c'est une nouvelle découverte musicale. La durée de la présentation n'a permis que la mise en valeur de cet aspect ludique. Avec une utilisation (écoute) prolongée, une personnalisation de la piste par l'auditeur aurait pu se mettre en place. Il aurait ainsi choisi la position qui lui offrait l'écoute qu'il désirait (la plus adaptée/agréable) .

## Problèmes rencontrés

Durant nos expériences, nous avons fait face à plusieurs difficultés.

Premièrement, les matériaux se sont révélés très fragile, il a fallu faire attention aux différents fils et plaques qui peuvent s'arracher ou se tordre très facilement. Nous avons également eu des difficultés au niveau des contacts électriques, pas toujours très bon, et souvent perturbés par la présence d'interférences électriques .

Notre plus gros problème rencontré a été le paramétrage sur Ableton Live, où il nous a été impossible de paramétrer comme nous voulions les actions. En effet, il n'était pas possible de lier plusieurs capteur à une seule propriété, ce qui ne nous a pas permis de travailler plusieurs paramètres des effets, mais sur un seul. En revanche, cela nous a sensibilisé à l'utilisation de signaux midi et du fonctionnement de celui ci.

## Conclusion

Après une première expérimentation avec le prototype sur un espace de 8 capteurs. Nous avons pu tester et vérifier la validité de notre modèle. En effet, les capteurs ont réagi de la manière escomptée et les signaux ont été bien interprétés. Nous voulons par la suite étendre notre prototype à 9 capteurs pour augmenter les possibilités de variation du son et ainsi améliorer l'expérience.

Cet essai nous a permis de nous rendre compte du fort potentiel du prototype. Nous avons imaginé plusieurs perspectives possibles d'application qui pourraient être utiles et innovantes.

Parmi elles, nous avons pensés à un système de guidage par le son pour des personnes non voyantes, qui pourraient suivre un itinéraire en fonction d'une position du son dans l'espace.

Aussi, il serait possible de réaliser un espace de plusieurs pièces dont chacune aurait une musique différente, déclenchées par ce genre de capteur.

Enfin, nous avons pensé à un usage commercial, où l'utilisateur serait passivement guidé par le son vers un endroit où il trouve celui ci plus agréable. Ceci permettrait à des boutiques, ou entreprises de ramener des clients potentiels vers des zones bien ciblées.