

# **Application de la captation par conduction solidienne à la prise de son de batterie en musiques actuelles**

*Étude de cas : le géophone et le stéthoscope*

Valentin Marguery

ENS Louis-Lumière

Promotion Son 2022

Directeur interne : Pascal Spitz

Directeur externe : Benoît Fleury

Rapporteur : Alan Blum

# Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement toutes les personnes ayant contribué à la finalisation de ce travail de recherche :

Pascal Spitz et Benoit Fleury pour leurs conseils avisés, leur bienveillance et leur disponibilité.

Michel Risse pour les références et les discussions enrichissantes.

Dorian Vernet qui m'a été d'une grande aide durant l'enregistrement.

Leo Martin sans qui la batterie n'aurait jamais fait de son, et sûrement pas été aussi bien joué.

Liza Lamy pour son géophone, utilisé dans l'ensemble des enregistrements.

Victoria Assas pour son aide précieuse à la correction, son soutien et sa bienveillance.

Ma famille et mes amis, pour leur soutien tout au long de cette année.

Et enfin, toutes les personnes ayant pris le temps de venir aux sessions d'écoutes.

# Résumé

En musiques actuelles, les standards de prise de son de la batterie tendent à enregistrer au plus proche de l'instrument, par captation de proximité. Dans le prolongement de cette démarche, les outils de captation par transmission solidienne offrent la possibilité d'être collés directement sur les fûts. La conduction solidienne est un mode alternatif de transmission et d'écoute, uniquement basé sur la propagation mécanique du son. L'objectif est ici de proposer une caractérisation de l'apport esthétique de cette forme alternative de captation, appliquée à la batterie en musiques actuelles. Pour ce faire, deux capteurs solidiens ont été inclus à un enregistrement standard en multimicrophonie : le géophone et le stéthoscope. Un corpus de placements de ces deux capteurs a été effectué sur les fûts. La contribution sonore des différentes positions de captation solidienne a ensuite été caractérisée, par analyse personnelle et écoute critique d'un public jugé expert. L'analyse des résultats permet de distinguer des tendances, qui révèlent des colorations distinctes pour ces deux outils. Tandis que le géophone contribue fortement à la rondeur et l'assise du motif rythmique, le stéthoscope apporte quant à lui une sensation d'agressivité dans le haut médium. Ces tendances s'inscrivent dans la subjectivité qu'une analyse esthétique implique.

Mots clés : Conduction solidienne, transmission solidienne, musiques actuelles, géophone, stéthoscope, captation de proximité, prise de son batterie

# Abstract

In the context of pop music, professionals tend to record drums by using close-miking techniques. The opportunity provided by solid-borne sensors — which is to record the source by directly sticking the sensor against it — appears to be the next step for drum recording. Indeed, solid-borne conduction is an alternative transmission and listening technique, solely based on sound's mechanical propagation. The aim here is to suggest a characterization of the aesthetical contribution that can be brought by the use of such tools, whilst in the context of a standard drum recording session. In order to achieve that, two solid borne sensors have been included in an usual drum logging session : the geophone and the stethoscope. A few placements of these sensors on the different types of drums shells have been recorded and further on been analyzed, both personally and throughout a panel of experts. The study showed distinct colorations for both tools. Whilst the geophone majorly provided to the rhythmic motive fullness and foundation, the stethoscope brought more agressivity in the higher-medium frequencies. We shall be reminded that these tendencies are built upon the subjectivity implied by an aesthetical analysis.

Key words : solid transmission, solid-borne conduction, pop music, solid-borne sound, close-miking techniques, geophone, stethoscope, drums recording

## TABLE DES MATIÈRES

<b>RESUME</b>	3
<b>ABSTRACT</b>	4
<b>INTRODUCTION</b>	7
<b>1. CONDUCTION SOLIDIENNE</b>	9
1.1. L'OREILLE HUMAINE : PRÉREQUIS	9
1.2. DE LA RECHERCHE ANATOMIQUE À L'ART SONORE	11
1.3. PERCEPTION SOLIDIENNE : QU'ENTENDONS-NOUS ?	14
<i>Conclusion</i>	17
<b>2. LA CAPTATION SONORE PAR VOIE SOLIDIENNE</b>	18
2.1. LE STÉTHOSCOPE	19
2.1.1. Découverte et développement	19
2.1.2. Mode de fonctionnement	21
2.1.3. Applications artistiques et musicales du stéthoscope	22
2.2. GEOPHONE	25
2.2.1. Technologie	25
2.2.2. Applications artistiques et musicales du géophone	27
<i>Conclusion</i>	29
<b>3. LA BATTERIE ET SON ENREGISTREMENT : PRÉREQUIS</b>	30
3.1. LES FÛTS	31
3.1.1. Caractéristiques communes	31
3.1.2. Spécificités	36

3.2. CAPTATION DE PROXIMITÉ EN MULTIMICROPHONIE	38
3.2.1. Le choix de microphone	39
3.2.2. Conséquences principales : effet de proximité, masque, phase	41
3.2.3. Standard de captation : enjeux de chaque fût en proximité	43
3.2.4. Le « mat sound »	48
<i>Conclusion</i>	49
<b>4. RÉALISATION D'ENREGISTREMENTS</b>	50
4.1 MÉTHODOLOGIE	50
4.2. MATÉRIEL D'ENREGISTREMENT	52
4.2.1. Batterie et implantation en studio musique	52
4.2.2. Dispositif de captation par voie aérienne	54
4.2.3. Dispositif de captation par voie solidienne	56
4.3. L'APPORT ESTHÉTIQUE DES CAPTEURS SOLIDIENS, PAR PLACEMENT	57
4.3.1. Le géophone	58
4.3.2. Le stéthoscope	63
<i>Conclusion</i>	66
<b>5. ÉCOUTE SOUMISE À UN PUBLIC</b>	67
5.1 ELABORATION D'UN TEST	67
5.2. RÉSULTATS DE TEST	68
<i>Conclusion des tests</i>	75
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES</b>	76
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	77
<b>ANNEXES</b>	79

# INTRODUCTION

Les capacités perceptives de l'oreille humaine, favorisant une réception aérienne, tendent à délaissier un seconde mode d'écoute constitutif de l'audition, l'écoute par conduction solidienne. Ce mode perceptif est basé sur une propagation uniquement mécanique du son. Il présente des sonorités et des outils qui lui sont propres. Ces outils, développés de prime abord en tant qu'auxiliaires d'écoute passant par la conduction des os, se sont peu à peu démocratisés jusqu'à toucher le domaine de l'auscultation médicale, ou encore de la sismologie. Le stéthoscope et le géophone constituent ainsi deux capteurs solidiens encore utilisés aujourd'hui. Le point commun de ces outils est tout d'abord un affranchissement du mode de diffusion le plus connu, par vibrations de l'air. De par leur fonction première utilitaire, ces derniers n'ont pas toujours été conçus dans un but de retranscrire un son transparent, les sources sonores captées étant le plus souvent distordues et filtrées fréquentiellement. L'ensemble des microphones de contact et capteurs piézoélectriques sont eux aussi basés sur la conduction solidienne, et constituent déjà un corpus d'applications variées dans les standards de prise de son en musiques actuelles. Or le manque d'applications documentées des autres capteurs, comme le stéthoscope ou le géophone, suscite une curiosité d'autant plus importante, qui se place comme genèse de ce travail de recherche.

Les standards de captation de la batterie en musiques actuelles constituent un dispositif technique à fort potentiel pour une intégration des outils de prise de son solidienne. Par empirisme, ces standards ont considérablement évolué au fil des époques. Initialement capté à un ou deux microphones, la batterie est aujourd'hui enregistrée en multimicrophonie, avec un voire deux microphones par élément constitutif de l'instrument. Qu'il s'agisse de fûts ou de cymbales, ces éléments sont enregistrés de plus en plus proches, parfois à une distance de l'ordre du centimètre. Pourtant, les capteurs solidiens offrent la possibilité d'enregistrer à une distance plus réduite encore, collés à même l'instrument. Les caractéristiques du

rayonnement acoustique de la batterie et les limitations techniques de ces outils justifient le cadre même de cette recherche. L'objectif principal est de caractériser l'apport esthétique de différents placements du géophone et du stéthoscope, directement sur la batterie. Ces enjeux soulignent le fil rouge de ce mémoire :

Comment la captation solidienne peut-elle constituer un apport esthétique à la prise de son de batterie, dans le cadre d'une production de musiques actuelles ?

Avant toute chose, une remise en contexte du fonctionnement de l'écoute solidienne par l'oreille humaine est primordiale. La caractérisation de ce mode perceptif secondaire permettra d'introduire comment les premiers outils solidiens médicaux se sont peu à peu démocratisés, jusqu'à leur application au domaine de l'art sonore.

Ensuite, une étude approfondie des deux transducteurs solidiens constitutifs de cette démarche expérimentale - stéthoscope et géophone - sera effectuée. Les limitations techniques et esthétiques de ces outils permettront de préciser leur contexte d'application à la batterie, qui sera finalement centrée sur la captation des fûts.

Enfin, l'étude du rayonnement acoustique des fûts de batterie ainsi que leur standards de captation permettront de constituer différents placements du stéthoscope et du géophone, qui seront mis en place durant un enregistrement de batterie en multimicrophonie. Ces différents placements solidiens seront analysés et comparés. Les positionnements les plus concluants seront soumis à l'écoute critique d'un public « expert », qui viendra ainsi valider ou réfuter les hypothèses personnelles menées en amont.

# 1. CONDUCTION SOLIDIENNE

La perception auditive de l'oreille humaine repose essentiellement sur la réception de vibrations acoustiques transmises par voie aérienne. Une étude de ce mode perceptif méconnu permettra d'appréhender le rendu sonore pouvant être obtenu suite à l'enregistrement d'un instrument par voie solidienne. En effet, la façon dont nous percevons le son par propagation solidienne est à l'origine même du développement d'outils pouvant capter ce mode de diffusion. Après un rappel du fonctionnement de l'oreille, nous ferons un état de l'art des recherches menées autour de l'écoute solidienne. Cette étude nous mènera à une caractérisation de ce mode d'écoute alternatif.

## 1.1. L'OREILLE HUMAINE : PRÉREQUIS

Afin de décrire au mieux les enjeux de l'écoute par vibration mécanique, il convient tout d'abord de rappeler quelques notions générales sur l'oreille humaine. Nous apporterons les connaissances essentielles permettant de comprendre notre capacité d'écoute. L'objectif est ici de distinguer la partie de l'oreille entrant en jeu dans l'écoute solidienne de l'autre partie, uniquement nécessaire à la perception aérienne.

Nous pouvons distinguer trois zones au sein du système auditif humain (HENRY, LETOWSKI, 2007), qui sont représentées visuellement sur la figure 1, plus bas.

### Oreille externe

Cette partie s'étend du pavillon au canal auditif. Zone la moins fragile de l'oreille, son rôle premier est de récupérer l'information acoustique environnante afin de l'acheminer jusqu'à l'oreille moyenne via le canal auditif. Elle a aussi pour fonction de protéger les deux autres parties vulnérables de l'oreille. Sa forme, au delà d'amplifier les stimuli sonores, permet d'empêcher le vent ou encore la poussière de pénétrer à un stade plus avancé de l'oreille (MERCIER, 1987).

## Oreille moyenne

Bien qu'étant contenus et protégés par une cavité osseuse, les divers éléments de l'oreille moyenne reposent encore sur une transmission aérienne du son. Baignant dans de l'air acheminé par la trompe d'Eustache, le tympan et la chaîne des osselets (marteau, enclume, étrier) traduisent les vibrations acoustiques de l'oreille externe en vibrations mécaniques.<sup>1</sup>

## Oreille interne

Contrairement aux deux autres parties du système auditif, cette zone baigne dans divers liquides, et peut être divisée en deux sous-parties ayant chacune un rôle respectif. L'équilibre du corps humain est assuré par le vestibule, également indispensable à la bonne localisation des sources sonores environnantes. La cochlée permet de transformer la vibration mécanique en signal nerveux transmis via le nerf auditif. La transduction a lieu au niveau des cellules cillées de l'organe de Corti. Cet organe permet ainsi au cerveau d'interpréter l'information sonore, à partir d'une vibration mécanique.<sup>2</sup>

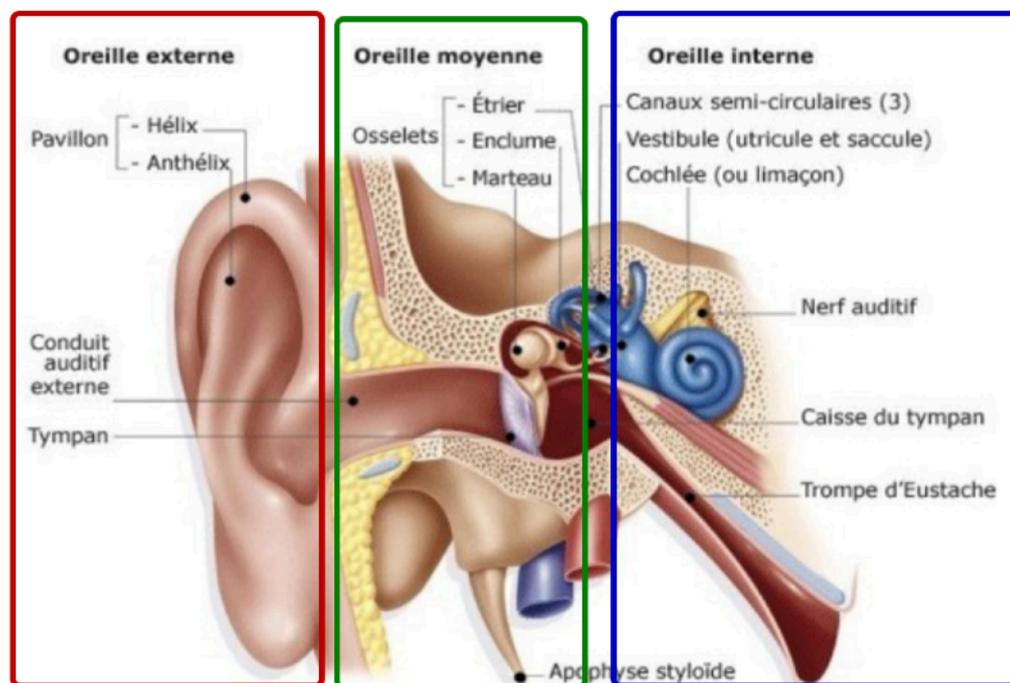


Fig. 1 Schéma de la constitution de l'oreille

<sup>1</sup> MERCIER, *ibid.*

<sup>2</sup> MERCIER, *ibid.*

La cochlée peut donc recevoir une vibration mécanique de deux façons : par voie aérienne ou par voie solidienne.<sup>1</sup> Cette dernière a pour effet d'induire directement une énergie mécanique au squelette humain, remontant jusqu'à l'oreille interne par d'autres chemins que la voie aérienne, transmise par l'oreille externe et moyenne. La perception d'une vibration mécanique n'exploite donc, par essence même, que la partie de l'oreille ayant pour rôle de traduire l'information mécanique en information nerveuse. L'écoute par vibration des os, que nous appellerons dorénavant *conduction osseuse*, ne fait donc intervenir qu'une seule partie de l'oreille : l'oreille interne.

## 1.2. DE LA RECHERCHE ANATOMIQUE À L'ART SONORE

Ce n'est qu'à partir du XVI<sup>e</sup> siècle que la conduction osseuse fut officiellement considérée comme un mode d'écoute secondaire pour l'oreille humaine. Suite aux travaux réalisés par le médecin italien Girolamo Cardano au début de ce siècle, ce dernier découvre qu'il est possible d'entendre d'une autre façon que par voie aérienne, à travers la mise en vibration des dents.<sup>2</sup> Une vibration mécanique suffisante de la source sonore permettrait donc, par transmission des os constituant le crâne, de remonter des dents jusqu'à l'oreille interne. Il serait ainsi possible de transmettre l'énergie mécanique de la source sonore d'une autre manière à la cochlée.

La recherche médicale du XVI<sup>e</sup> siècle autour de la surdité a permis de mieux appréhender les enjeux de la perception solidienne. En effet, il existe trois types de surdités : de *transmission* (liée à l'oreille moyenne et externe), de *perception* (lié à l'oreille interne), et *mixte*, qui est une association des deux, souvent liée au vieillissement.<sup>3</sup> Les travaux de Cardano ont été mis en application par un autre

---

<sup>1</sup> HENRY, LETOWSKI, *op. cit.*

<sup>2</sup> HENRY, LETOWSKI, *ibid.*

<sup>3</sup> MERCIER, *ibid.*

médecin italien le même siècle, Girolamo Capivaccio. En mettant en vibration une tige métallique serrée entre les dents, il était capable d'évaluer les capacités d'audition du patient. Grâce à la conduction osseuse qui repose uniquement sur l'oreille interne, le médecin a pu gagner en précision sur le diagnostic. Si le patient malentendant parvenait à entendre par mise en vibration de sa dentition, il était certain que le patient n'avait pas l'oreille interne endommagée. Sinon, cela démontrait une surdité de *perception*, ou *mixte*. Ainsi, la méthode de transmission du son par les dents décrite par Cardano a permis de développer les premiers outils permettant d'outrepasser la *surdité de transmission*. Cette technique était encore utilisée deux siècles plus tard par Beethoven au XVIIIe siècle. Le musicien surpassait ses problèmes d'audition en connectant une tige en bois aux touches de son piano afin de continuer à composer (NIEMOLLER, 1940).

Dans une démarche de démocratisation des résultats de ces premières recherches, les premiers appareils auditifs par conduction solidienne ont fait leur apparition au XIXe siècle. Ils portaient le nom de *Fonifero*, ou encore *Audiphone*, mais tous étaient rassemblés par l'expression *Dentiphone*. Ce nom a été choisi en raison de leur technologie basée sur la transmission osseuse à travers les dents, découverte par Cardano.

L'*ostéophonie*<sup>1</sup> n'a pas tardé à quitter le domaine de la recherche anatomique pour s'étendre au secteur de l'industrie ou encore du militaire. En effet, l'entreprise Sonotone, dirigée par Hugo Lleber, a eu pour mission en 1944 de développer pour l'armée américaine un récepteur d'ondes radio transmettant l'information par conduction solidienne sous le casque des soldats. Ce système, n'obstruant pas systématiquement le canal auditif, octroyait la flexibilité de recevoir des informations d'importance majeure tout en ayant une écoute active de l'environnement qui les entoure, en laissant le canal auditif non obstrué. Cependant, l'armée a finalement délaissé ce mode de communication pour un

---

<sup>1</sup> Ostéophonie : transmission du son par conduction osseuse.

système à propagation aérienne, plus classique. La raison de cette prise de décision demeure non documentée. Au climax de la société de consommation, les déclinaisons d'objets basés sur une technologie à transduction solidienne n'ont cessé de fleurir au XXe siècle. Nous pouvons notamment citer les jouets SoundBites, qui étaient des sucettes vibrantes permettant d'entendre une musique durant la consommation de la friandise, ou encore Aqua FM, une mini station radio permettant d'entendre la musique sous l'eau (HENRY, LETOWSKI, 2007).

Toutes ces applications ont permis de démocratiser le phénomène d'écoute par conduction osseuse, qui a ensuite trouvé sa place au sein d'installations dans le domaine de l'art sonore. Dans son installation *The Handphone Table* (1978), Laurie Anderson invite le public à boucher ses oreilles pour mieux entendre. Les coudes posés sur une table en bois, les mains bouchant les oreilles permettent d'entendre par ostéophonie une voix humaine accompagnée d'une pièce instrumentale (fig 2).



Fig 2. Laurie Anderson, *The Handphone Table*, MoMA, 1978

Ce premier pas de la perception solidienne dans l'art sonore va déclencher une forme de cohabitation avec le développement de la recherche autour de la surdité. Suite   une collaboration entre la compositrice Pascale Criton et Hugues

Genevois (Lutherie Acoustique Musicale), le label *Ecouter Autrement* développe des *stations d'écoutes solidiennes*. Depuis 2010, leur collaboration donne naissance à de nouveaux dispositifs sonores et tactiles adaptés aux personnes malentendantes, tout en procurant une expérience perceptive unique au spectateur doté d'un système auditif tout à fait fonctionnel. La table de Laurie Anderson demeure une référence intrinsèque aux tables d'écoutes solidiennes produites encore aujourd'hui, comme le fait l'entreprise LoSonante depuis 2015, en collaboration avec le CNRS<sup>1</sup>.

### 1.3. PERCEPTION SOLIDIENNE : QU'ENTENDONS-NOUS ?

La première découverte de la propagation sonore par voie solidienne s'est avant tout faite par l'appivoisement des capacités perceptives de notre corps. L'Homme a toujours été capable de percevoir des vibrations tactiles et les associer au rayonnement acoustique d'une source. De manière instinctive, nos ancêtres employaient déjà ce mode propagation pour percevoir des déplacements, en collant directement leur oreille sur le sol<sup>2</sup>. Cette perception *haptique*<sup>3</sup> liée au rayonnement acoustique d'une source est universelle, et ne dépend d'aucun facteur sociologique, culturel ou cognitif.

La vibration mécanique d'une source sonore ne procure pas obligatoirement de sensation auditive. Bien que la perception auditive varie entre chaque individu, la bande passante de l'oreille humaine est communément admise comme allant de 20 Hz à 20 kHz. Lorsqu'une source émet une fréquence inférieure à 20 Hz, nous parlons d'*infrasons*. Ces très basses fréquences peuvent procurer une perception *haptique* du son sans pour autant déclencher de stimulus sonore audible pour l'oreille humaine (MERCIER, 1987).

---

<sup>1</sup> CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

<sup>2</sup> HENRY, LETOWSKI, *op. cit.*

<sup>3</sup> Haptique : qui concerne le sens du toucher.

En revanche, il suffit de placer sa main sur une source sonore rayonnant dans le spectre fréquentiel audible pour se rendre compte que toute fréquence sonore peut potentiellement engendrer une sensation tactile, et qu'il ne s'agit pas d'un phénomène lié seulement aux infrasons.

Dans des conditions d'écoute ordinaire, en milieu aérien, la perception auditive par conduction osseuse est de 40 à 70 dB moins efficace que la conduction aérienne (BLAUERT, ELS, SHROETER, 1980). Il s'agirait donc de trouver des méthodes pour dissocier l'oreille humaine de sa perception aérienne, pour analyser les enjeux perceptifs et esthétiques de la perception solidienne.

Changer de milieu peut être considéré comme une solution pour mieux se rendre compte de notre écoute solidienne. Par exemple, l'écoute en milieu subaquatique amplifie largement la contribution perceptive de la conduction solidienne. En effet, l'impédance de l'eau est presque similaire à celle du corps humain, et donc bien supérieure à celle de l'air. Par comparaison avec l'air où la sensibilité auditive humaine serait centrée autour de 2000-3000 Hz, le pic de sensibilité auditive en milieu subaquatique serait beaucoup plus grave, autour de 500 Hz pour un son de 58,4 dB SPL diffusé à 10 mètres de profondeur (LAMY, 2018).

Une autre possibilité serait d'obstruer l'oreille externe en bouchant son canal auditif, et ainsi laisser entendre en priorité les sons perçus par conduction osseuse. Il suffit d'essayer pour remarquer un renforcement notable des basses fréquences perçues. Il s'agit de l'*effet d'occlusion*.

Les premières expériences ayant prouvé ce que l'on nomme aujourd'hui *effet d'occlusion* datent de 1827. Le physicien anglais Wheatstone réalise des expériences révélant que notre propre voix est perçue à un niveau plus élevé lorsque l'oreille du sujet de test est occluse (CARILLO, DOUTRES, SGARD, 2020). Cela s'explique notamment par la contribution de la conduction solidienne à la perception de notre propre voix. Par manque d'habitude, l'écoute de notre voix

enregistrée peut devenir une expérience très perturbante. Cette dernière aura un son différent de ce que nous percevons lorsque nous parlons. Dans le corps, la parole peut atteindre de très forts niveaux de pression acoustique, notamment à l'arrière de la bouche où ils peuvent aller jusqu'à 140 dB SPL pour le son [e] (KILLION, WILBER, GUDMUNDSEN, 1988). Ce fort niveau de pression acoustique est suffisant pour mettre en vibration le crâne du locuteur. Cette vibration ajoute donc une composante solidienne à la perception de notre propre voix. La différence perceptive s'explique donc par la disparition de cette composante à l'enregistrement de notre voix, qui se fait le plus souvent par des capteurs acoustiques sensibles uniquement aux vibrations de l'air — des microphones. Nous ne percevons d'ailleurs pas cette contribution solidienne dans des sources sonores externes à notre propre corps, comme la voix d'autrui.

Ces deux méthodes nous permettent de mettre en valeur la sensation de l'écoute solidienne, mais ne traduisent pas de façon fidèle le rendu sonore perçu en milieu aérien, canal auditif non obstrué. Plusieurs expériences scientifiques ont été menées à différentes reprises dans cette configuration d'écoute avec un transducteur à conduction osseuse (Radioear B-70) placé sur l'os *mastoïde*<sup>1</sup>. Les résultats démontrent un pic de sensibilité analogue à celui de l'écoute aérienne, situé autour d'1kHz, et — de façon contradictoire — une sensibilité amoindrie au niveau des basses fréquences (en dessous de 500Hz) (DIRK, KAMM, 1975 ; LYBARGER, 1966).

---

<sup>1</sup> Os mastoïde : os proéminent situé juste derrière l'oreille

## Conclusion

Tandis que l'*effet d'occlusion* et l'écoute en milieu subaquatique nous laissent pressentir que l'écoute solidienne se traduit par un renforcement des basses fréquences, les tests perceptifs de Dirk et Lybarger nous prouvent le contraire, avec un pic de sensibilité pour les fréquences autour de 1kHz. Suite aux limites perceptives auxquelles nous sommes confrontés, il convient d'étudier les spécificités techniques des différents types de transducteurs solidiens, afin d'appréhender au mieux la gamme de fréquence et le timbre des sons que nous sommes susceptibles d'entendre suite à notre enregistrement de batterie.

## 2. CAPTATION SOLIDIENNE

Contrairement à la captation aérienne, la prise de son solidienne consiste à capter le rayonnement acoustique des sources à travers des vibrations uniquement mécaniques. Avant de susciter un intérêt pour une application musicale, la captation solidienne est en premier lieu utilitaire. Les outils spécialisés dans ce mode de prise de son n'ont pas pour fonction première leur restitution esthétique, ils servent initialement à rendre compte d'une information non perceptible par l'audition humaine. Certains transducteurs solidiens en revanche, ont été conçus directement pour une application musicale, comme par exemple les capteurs piézoélectriques.

Les capteurs solidiens basés sur la piézoélectricité connaissent déjà une application musicale conséquente. Le microphone de contact est fréquemment employé pour la captation d'instruments à cordes. Son utilisation en prise de son batterie est d'ailleurs d'autant plus commune, que ça soit dans le but d'éviter le larsen ou de transformer une batterie acoustique en batterie électronique par fonction *trigger*<sup>1</sup>. L'hydrophone est une seconde application de la piézoélectricité, permettant de capter un signal sous l'eau par conduction solidienne du son. Son utilisation est moins fréquente, de par son manque de praticité pour une application studio. Il est cependant parfois utilisé dans la performance live de batterie, comme le fait le groupe *Between Music* qui réalise un concert subaquatique en apnée : *Aquasonic* (2016). En raison de l'utilisation fréquente du microphone de contact en captation musicale et de la complexité d'intégration de l'hydrophone en studio — nécessitant un milieu aquatique pour fonctionner —, les capteurs basés sur la piézoélectricité ne seront pas étudiés davantage durant ce travail de recherche.

---

<sup>1</sup> *trigger* : Élément piézoélectrique collé sur la batterie, traduisant un choc mécanique — frappe — en impulsion électrique permettant de déclencher un autre échantillon sonore préenregistré, ou *sample*.

Nous nous focaliserons sur les capteurs ayant pour fonction première une visée utilitaire, et nous mènerons une étude de cas des deux capteurs solidiens les plus documentés à ce jour : le *stéthoscope* et le *géophone*. Leur fonction primaire est distincte, il peut s'agir de rendre sonore des mouvements sismiques — pour le géophone — ou encore de rendre audible les sons du corps humain — pour le stéthoscope. Ces outils sont particulièrement performants dans les secteurs du médical ou de l'industrie, mais sont très peu considérés en tant qu'outil de captation musicale en raison de leur manque de transparence. Appliquer ces transducteurs à une captation musicale revient à les utiliser en tant qu'effet de coloration dès la prise de son. Il convient d'étudier, pour chacun d'entre eux, leur spécificités techniques — mode de transduction, bande passante, sensibilité — ainsi que leurs applications musicales déjà existantes, dans le but d'appréhender au mieux leur potentiel apport esthétique à la captation batterie.

## 2.1. LE STÉTHOSCOPE

« *En devenant un symbole de la profession médicale, le stéthoscope incarne des compétences d'écoute virtuoses et hautement technicisées.* »

J. Sterne, *Une histoire de la modernité sonore*

### 2.1.1. Découverte et développement

L'origine du mot provient du grec : *stethos*, la poitrine, et *skopein*, regarder, voir (CNRTL). Le docteur et physicien français, Theophile Hyacinthe Laënnec, publie un traité *De l'auscultation médiate* en 1819 dans lequel il présente sa découverte faite quelques années plus tôt, en 1816. L'expression *médiate* signifie ici qu'il s'agirait d'examiner les patients à travers un médium, plus précisément un outil. Bien que l'étymologie du *stéthoscope* soit tributaire de l'*ocularocentrisme*<sup>1</sup> de la médecine d'après 1800 (BARRAS, 2011), il s'agit bel et bien d'un outil uniquement sonore. Il

---

<sup>1</sup> Ocularocentrisme : approche scientifique priorisant la vision (BARRAS, 2011)

s'agit donc plus « d'écouter » que de « regarder ». Ainsi ce capteur offre la possibilité d'entendre les sons provenant de l'intérieur de la poitrine, à savoir du coeur et des poumons, par conduction solidienne.

Avant l'auscultation *médiate* introduite par le stéthoscope, le docteur examinait ses patients de façon *immédiate*, en collant directement son oreille sur la poitrine du malade. Suite à la visite médicale d'une patiente ayant une douleur au niveau du coeur, T. H. Laënnec se retrouvait fortement embarrassé à l'idée de coller son oreille contre sa poitrine. C'est en se souvenant de deux enfants en train de jouer avec une épingle et un bout de bois, qu'il eut l'idée d'utiliser un cylindre en bois pour ausculter la patiente.

*« L'âge et le sexe de la malade m'interdisant, l'espèce d'examen dont je viens de parler, je vins à me rappeler un phénomène acoustique fort connu : si l'on applique l'oreille à l'extrémité d'une poutre, on entend très distinctement un coup d'épingle donné à l'autre bout. [...] Je pris un cahier de papier, j'en formai, un rouleau fortement serré dont j'appliquai une extrémité sur la région précordiale, et posant l'oreille à l'autre bout, je fus aussi surpris que satisfait d'entendre les battements du coeur d'une manière beaucoup plus nette et plus distincte que je ne l'avais jamais fait par l'application immédiate de l'oreille »*

T.H. Laënnec, *De l'Auscultation médiate*

Initialement cylindre de papier, l'outil n'a pas tardé à devenir un tube de bois, qui est officiellement considéré comme le premier stéthoscope (ROGUIN, 2006). Cet outil a connu une série d'améliorations jusqu'au milieu du XIXe siècle où il obtient la forme que l'on connaît aujourd'hui, mise au point par Georges Cammann : un outil biauriculaire, composé d'une lyre<sup>1</sup>, et d'un tube en caoutchouc rendu résistant à embout métallique (fig.3). Quelques améliorations suivront pour lui donner sa forme finale, propre au standard actuel du stéthoscope fourni par exemple par Littmann, avec un tube en caoutchouc plus long, rigidifié par un

---

<sup>1</sup> Lyre : Partie métallique, constituée de deux embouts, jonction de la tubulure

ressort en métal interne, et une membrane au niveau de l'embout en métal. Le ressort métallique ne participe pas à la transmission du son, qui est conduit uniquement par la résonance du tube.



Fig. 3 Le stéthoscope de Georges Cammann, 1855 (ROGUIN 2006)

### 2.1.2. Mode de fonctionnement

Dépourvu d'électricité dans sa chaîne de transduction, le stéthoscope est originellement basé sur une transduction mécanique-acoustique. Son embout en métal capte les vibrations mécaniques. L'énergie acoustique reçue par voie solidienne est amplifiée grâce à son tube, qui achemine ensuite l'information sonore directement dans les oreilles de l'auscultant, via les écouteurs en bout de lyre.

Nous retrouvons dans le commerce deux types de stéthoscope, le plus simple étant à une seule membrane, l'autre à deux membranes. Le stéthoscope double membrane aurait pour fonction de capter deux gammes de fréquences différentes, l'une adaptée pour les basses fréquences, l'autre pour les fréquences aigües. Etant un outil sonore non destiné à l'enregistrement, il existe peu de documentation concernant sa bande passante. Suite à une écoute réelle à travers cet outil, nous

pouvons remarquer une forte coloration dans la partie basse du spectre, et très peu d'information dans les aigus. Ce n'est pas surprenant étant donné que le son d'un battement de coeur est communément identifié dans les basses fréquences.

Le stéthoscope numérique a également vu le jour, ce qui pourrait simplifier sa transduction en fichier audionumérique. L'utilisation d'un stéthoscope à conversion acoustique-analogique-numérique supprimerait ainsi divers biais, à savoir la coloration d'un microphone tiers ajouté dans le trajet du signal. Cependant, la réception du signal de ce genre de stéthoscope est souvent réalisée en bluetooth via une application mobile — comme présenté sur le site du fabricant Littmann — ce qui complexifie son intégration dans un studio musique. Une solution serait d'enregistrer les fichiers audios sur un téléphone portable, pour ensuite l'intégrer manuellement à la session d'enregistrement Pro Tools. Cette solution requiert une bonne synchronisation avec les autres pistes, pour ne pas donner lieu à des problèmes de phase.

### 2.1.3. Applications artistiques et musicales du stéthoscope

Bien qu'étant considéré avant tout comme un outil scientifique et utilitaire, quelques applications du stéthoscope sont reportées dans le domaine de l'art sonore et de la musique.

Aurélien Bory utilise le potentiel esthétique du stéthoscope dès la captation, dans son spectacle *Plexus* (Cie 111, 2012). Dans cette pièce, Aurélien Bory et la Compagnie 111 font le portrait de la danseuse Kaori Ito. Le spectacle commence par la naissance de Kaori, et pour la représenter, Aurélien Bory place préalablement des stéthoscopes modifiés afin de capter les battements de son coeur, sonorisés pour que la danseuse s'exprime par le geste sur les sons de son propre corps. La sonorisation dans l'ensemble de la salle de spectacle donne un poids et une réalité physique à ces sons microscopiques, habituellement inaudibles. Ici, le spectacle met esthétiquement à l'honneur cet outil sonore, sans

pour autant le décorrélér du rapport que ce dernier entretient avec le corps humain.

D'autres artistes font le choix de dissocier progressivement le stéthoscope de ce rapport au corps, en décidant de capter de nouvelles matières sonores avec ce dernier. Diego Stocco réalise une pièce musicale à partir d'arbres de son jardin, qu'il nommera *Music from a Tree* (STOCCO, 2009). À l'aide de microphones — Røde NT6, NTG2 — et d'un stéthoscope modifié, le musicien parvient à récupérer une information sonore de l'arbre quasi-exclusivement par voie solidienne. Dans le but de récupérer l'énergie acoustique transmise dans le stéthoscope, l'artiste découpe l'outil au niveau de son tube, juste avant la division biauriculaire de la lyre — en forme de « y » — et crée une connexion hermétique entre l'outil et le microphone grâce à un adaptateur de tuyau d'arrosage, ayant exactement à chaque extrémité les diamètres respectifs du tube et de la capsule du microphone. Ce stéthoscope « modifié » lui permet d'enregistrer une pièce musicale rythmique et harmonique (frottement de l'arbre joué à l'archer de violon). La largeur spectrale surprenante de la pièce confirme le potentiel de ce transducteur solidien en tant qu'outil de captation musicale. La seule limitation serait que la jonction avec l'adaptateur de tuyau d'arrosage n'offre pas une isolation parfaite de la captation aérienne du microphone, bien qu'il semble s'agir de la seule méthode efficace réalisée et reportée à ce jour.

Avec son collectif Décor Sonore, le compositeur Michel Risse tend à démocratiser ce système d'écoute avec le projet *Borderliner* (2014). En proposant des marches d'écoutes collectives au nord de Paris, le groupe propose d'appréhender la ville comme un instrument de musique gigantesque, et de l'écouter via des procédés d'écoute inhabituels, comme le stéthoscope. Un autre de leur projet, *Instrument / Monument* (2004), a pour ambition de transformer un bâtiment en instrument géant le temps d'une performance live. En l'auscultant avec des transducteurs solidiens, comme le stéthoscope, le collectif réalise un concert *in situ*. Le bâtiment — ou monument — est ainsi transformé en une multitude d'éléments percussifs et harmoniques joués par un groupe de

musiciens/techniciens/acrobates. De manière analogue à Diego Stocco, la mélodie harmonique de l'objet sonore est majoritairement réalisée par des frottements à l'archet. L'ensemble de la pièce est capté par conduction solidienne et sonorisé par un système son « aérien ».

Diverses applications musicales ont donc été reportées, exploitant le stéthoscope pour son mode de transduction unique. Ce dernier crée ainsi une nouvelle esthétique sonore à certains objets peuplant notre quotidien, qui nous sembleraient parfois mutiques par simple écoute aérienne. Cette démarche de donner vie à des objets en musique s'approche fortement du mouvement esthétique de la *musique concrète*, initié dès les années 1940 par Pierre Schaeffer.

### *Bilan sur le stéthoscope*

En conservant une approche électro-acoustique, il serait intéressant d'étudier le potentiel sonore du stéthoscope face à des instruments plus standards, comme la batterie. La grande étendue fréquentielle captée par Diego Stocco porte à croire qu'une utilisation du stéthoscope permettrait de restituer le large spectre de cet instrument, tout en y ajoutant une texture sonore solidienne et une coloration spectrale qui lui est propre. L'enjeu majeur sera de déterminer la façon la plus efficace de capter le signal acoustique provenant uniquement de la conduction solidienne, et exclure au maximum le son aérien capté par le microphone couplé au stéthoscope.

Existerait-il d'autres techniques plus optimales que celle de Diego Stocco pour réduire cette reprise ?

## 2.2. LE GÉOPHONE

### 2.2.1. Fonctionnement

Son étymologie provient du grec ancien : *ge*, la terre, et *phône*, la voix. Cet outil permet originellement de capter les vibrations de la terre, et de les convertir en signal électrique — analogique — audible. Il s'agit d'un capteur à usage principalement géologique et industriel (LOWRIE, 1997). C'est un outil compact, assez léger, permettant de récupérer de précieuses informations géologiques grâce à son capteur, mis en mouvement par les vibrations et les traduisant grâce à son mode de transduction électromagnétique. Dans sa thèse réalisée à l'université de Calagary en 2008, *Seismic sensing: Comparison of geophones and accelerometers using laboratory and field data*, Michael S. Hons décrit le fonctionnement du géophone.

L'outil sonore ne requiert aucune alimentation électrique pour son bon fonctionnement, ce dernier combinant une technologie semblable à celle du microphone à bobine — *électrodynamique* — à celle d'un capteur de mouvement mécanique. M. Hons souligne que le fonctionnement d'un géophone est semblable à celui d'un accéléromètre, permettant de transformer une accélération due à une force mécanique en signal électrique. Contrairement aux applications connues de l'accéléromètre — à condensateur, piézoélectrique — le circuit interne du géophone est basé sur une bobine électrique, comme un microphone dynamique. Cette bobine interne est mobile, reposant sur un ressort, et peut être considérée comme une *masse d'inertie*. Un aimant est fixé à la structure du géophone, situé à l'intérieur des spires de la bobine. Le système bobine-ressort est relié physiquement à l'entrée de la capsule, pouvant différer en fonction du support sur lequel le géophone est fixé. Les géophones du fabricant LÖM Audio sont par exemple vendus avec trois embouts, un pic permettant de planter le géophone dans un sol meuble, un aimant permettant d'adhérer à des surfaces métalliques, et une ventouse, plus versatile sur des surfaces planes, autres que du métal. (fig. 4) La capsule du géophone est usuellement reliée à une fiche connectique XLR 3, permettant de récupérer un signal analogique symétrique.



Fig. 4 Photographie du Geofón — gauche — et sa constitution — droite — capsule, aimant en neonymium, ventouse, pic en acier inoxydate, rallonge (LÖM)

Lorsqu'une vibration mécanique parvient au capteur via l'un des trois embouts (pic, aimant, ventouse), le système bobine-ressort entre en mouvement, faisant différer la distance relative de la bobine à l'aimant. La loi de Lenz-Faraday décrit la force électromotrice  $e$  (Volts) induite par le mouvement de la bobine mobile constituée d'un nombre  $N$  de spires. Cela induit un changement de distance relative par rapport à l'aimant, fixé au corps du géophone :  $e = - N (d\Phi/dt)$ .

Dans cette équation,  $t$  est le temps (s) et  $\Phi$  le flux magnétique (webers). Le signe négatif exprime la polarité de la tension, opposée à la cause qui l'a induite. Le flux  $\Phi$  est déterminée par<sup>1</sup> :

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot S \cdot \cos(\widehat{B, S})$$

$S$  : surface bobine (m<sup>2</sup>)

$B$  : intensité du champs magnétique qui traverse  $S$  (Weber/m<sup>2</sup>).

<sup>1</sup> MERCIER, 1987, op. cit.

La transduction électromagnétique du géophone est donc très similaire à celle d'un microphone électrodynamique, à la différence près que le mouvement induit est ici principalement solidien et non dû à des vibrations de l'air. Cette distinction est due à la conception et au design du capteur. La bande passante de ce capteur est très limitée dans les fréquences aiguës, n'excédant que très rarement les fréquences 500-1000Hz. Leur fréquence de résonance est usuellement située dans l'extrême grave, entre 5 et 50 Hz.

### 2.2.2. Applications artistiques et musicales du géophone

Dans un esprit de détournement de la fonction première des outils sonores, le label et fabricant de matériel audio slovaque LÖM Audio s'est spécialisé dans l'adaptation du géophone en vue de lui attribuer un rôle plus esthétique. Le *geofón* — géophone en slovaque — a tout d'abord suscité beaucoup d'enthousiasme au sein de la pratique du *field recording*, permettant de capter des sons inaudibles via captation purement aérienne.

« *Le field recording, ou enregistrement de terrain, est une pratique apparue logiquement à la fin du XIXe siècle avec l'invention de systèmes d'enregistrement, de plus en plus portables. Peu à peu, le studio perd de sa fatalité et l'homme peut partir par les chemins pour capter quantité de musiques et de sons. Les premiers à se lancer sont les ethnomusicologues et les audio-naturalistes. Les uns sont en quête des musiques de divers peuples de la terre, vivant souvent loin des grandes villes et de leurs facilités logistiques. Les autres souhaitent quant à eux conserver la trace des sons de la nature.* »

A. Galand, *Field Recording*

Comme l'explique A.Galand dans son livre *Field Recording*, l'approche initiée par les ethnomusicologues et les audio-naturalistes était avant tout de rapporter un son « réaliste » de divers environnements sonores qui nous entourent. Cependant, les sons de *field recording* captés au geofón ne correspondent en rien

à une restitution transparente de l'environnement sonore, comme nous pouvons l'entendre dans les démos du site [fabricant](#). Les ambiances sonores enregistrées sont fortement filtrées, dénaturées par la coloration très marquée de l'instrument dans le grave. De plus, il laisse entendre des informations vibratoires mécaniques que l'oreille humaine n'est pas capable de percevoir naturellement via l'écoute soldienne, par manque de sensibilité lié à ce second mode d'audition. Les nouvelles possibilités offertes par cet outil de prise de son créent ainsi un pont créatif entre l'approche initiale du *field recording*, et le détournement des sources sonores de leur sens premier, par modification du timbre « naturel » de la source dès la captation.

LÖM Audio n'est pas qu'un fabricant de géophone, il s'agit également d'un label de musique qui référence beaucoup d'enregistrements musicaux expérimentaux, principalement de musique ambient, visant à créer des nappes sonores méditatives et évolutives, à partir d'enregistrements s'apparentant plus à du *field recording* ou de la musique concrète — comme le stéthoscope — qu'à une utilisation du géophone dans une configuration de studio musical. Il s'agit ici plus d'une transformation de paysages sonores en nappes sonores à fonction mélodico-rythmique, par coloration et filtrage des sources, que d'une captation soldienne d'instruments propre à l'industrie phonographique, comme la batterie. Les groupes rassemblant des amateurs du geofón de LÖM sur les réseaux sociaux constituent sans doute la meilleure base d'information à ce jour sur les applications directes du géophone à des instruments comme la batterie, le piano ou encore la voix. Le musicien MAYSUN réalise notamment au travers de sa chaîne youtube un important travail de recherche documenté sur l'application de la conduction soldienne à la prise de son batterie, en fixant le géophone directement sur les fûts de batterie. Il réalise par ailleurs beaucoup d'autres travaux expérimentaux autour de la captation soldienne de batterie, comme l'utilisation d'hydrophones en tant que système de coloration globale de l'instrument, ou encore l'utilisation — plus documentée aujourd'hui — de microphones de contact sur la batterie.

## *Bilan sur le géophone*

De façon paradoxale, ce transducteur va à l'encontre de son approche sonore initiale, destinée au *field recording* et, plus initialement, à la captation d'onde sismique en extérieur. Le *field recording* au géophone permet donc de capter une seconde nature, que l'on ne perçoit pas, via un capteur beaucoup plus sensible aux vibrations solidiennes que l'oreille humaine. Certains musiciens l'initient à une application sur des instruments plus standard — comme la batterie — mais cette approche demeure encore aujourd'hui sous documentée. De plus, la connectique symétrique XLR simplifie largement son implantation dans une configuration de prise de son en studio. Sa bande passante allant de l'extrême grave au bas médium nous laisse présumer une utilisation centrée sur les fûts, notamment ceux ayant leur fondamentale et leurs premières harmoniques dans cette gamme du spectre. Il s'agit donc principalement de la grosse caisse, la caisse claire et le tom basse. Nous étudierons en détail les caractéristiques des fûts dans une seconde grande partie sur la batterie et les pré-requis à connaître avant son enregistrement.

## *Conclusion*

En vue du travail de recherche mené en amont, les limitations techniques de ces deux outils, notamment fréquentielles, apportent une première réponse quant à leur application au sein d'un enregistrement de batterie en multimicrophonie. Leur restitution sonore, étendue du grave au médium, pourrait constituer un potentiel apport esthétique pour les éléments de la batterie constituant l'assise du morceau, à savoir les fûts. Leur bande passante réduite dans le haut du spectre exclue, pour ce travail de recherche, une potentielle application sur les éléments rythmiques contribuant à la précision dans l'aigu, à savoir les cymbales. Il convient maintenant de définir les enjeux d'un projet esthétique centré sur le jeu des fûts, ainsi que leur mode de rayonnement acoustique. L'objectif suivant sera de définir différents placements solidien à mettre en oeuvre durant la partie pratique.

### 3. LA BATTERIE ET SON ENREGISTREMENT :

#### PRÉREQUIS

La batterie, comme nous la connaissons dans sa forme acoustique la plus ordinaire, est un instrument à fonction rythmique constitué de divers éléments. Ces éléments peuvent être divisés en deux familles distinctes : les cymbales et les fûts. Nous avons vu précédemment que les cymbales ne constitueront pas le coeur de ce travail de recherche.

Nous commencerons donc par étudier les caractéristiques physiques et acoustiques des fûts constituant un kit batterie. Ces derniers présentent plusieurs points communs, mais aussi des spécificités qui leur sont propres. Cette caractérisation des fûts permettra d'identifier des placements clés pour la captation solidienne de cet instrument.

Un dispositif de captation est toujours en lien avec le projet esthétique, ce qui signifie qu'une captation solidienne des fûts serait justifiée par un motif rythmique basé sur ces derniers. Contrairement à la rythmique ternaire basée sur la précision de la cymbale ride — propre au jazz —, la rythmique binaire — propre au rock et plus largement à la musique pop — est fondée sur le son des fûts. De façon empirique, les pratiques de la production phonographique pop-rock ont tendu vers un enregistrement favorisant la proximité, jusqu'à capter les fûts à quelques centimètres des peaux, avec un voire deux microphones par fût. La prise de son des styles musicaux basés sur une rythmique binaire est donc aujourd'hui essentiellement fondée sur une captation en multimicrophonie. Les standards techniques et esthétiques de cette forme d'enregistrement sont donc à définir, dans un second temps, en vue d'intégrer le géophone et le stéthoscope à un dispositif de captation de musiques actuelles.

Bien que des ressources bibliographiques traitant de la prise de son batterie existent et constituent une fondation clé de ce travail de recherche, il s'agit avant tout d'un domaine basé sur l'empirisme. L'évolution des pratiques en studio est avant tout dictée par les ingénieurs du son, qui ont fondé leur savoir-faire à partir de leur propres expérimentations, et de leur écoute. Dans la démarche d'obtenir une certaine exhaustivité, la méthode « standardisée » de prise de son présentée dans ce chapitre a été dégagée de nombreuses discussions avec des professionnels — depuis le début de mon enseignement pratique en BTS Audiovisuel, en stage ou à l'ENS Louis-Lumière — ainsi que de plusieurs livres ayant théorisé une méthode de prise de son de batterie en multimicrophonie : *The Drum Recording Handbook* (OWSINSKI, MOODY, 2016), *Prise de son et mixage, Tome 2* (BAUDIER, 2018), *The Drum Handbook* (NICHOLLS, 2003). La méthode de prise de son présentée — en second lieu dans ce chapitre — représente donc la conjoncture entre diverses références bibliographiques et l'enseignement pratique que j'ai pu recevoir.

### 3.1. LES FÛTS

#### 3.1.1. Caractéristiques communes

Bien qu'il existe différents types de fûts constituant un kit batterie, ces derniers présentent de nombreuses caractéristiques communes. Un fût de batterie est un volume cylindrique creux, généralement en bois ou en métal, dont les deux extrémités sont recouvertes de peaux tendues et maintenues par des cercles en alliages. La peau est maintenue en tension par le biais de *tirants*, permettant d'accorder celle-ci. Ces tirants sont fixés sur la face latérale du fût, et reliés entre eux par l'accastillage<sup>1</sup>. Tandis que Fletcher et Rossing distinguent les fûts à deux membranes de ceux n'en ayant qu'une seule (FLETCHER, ROSSING, 1998), le fût

---

<sup>1</sup> Accastillage : ensemble des parties métalliques constituant un fût

d'un kit batterie de musique actuelle possède le plus souvent deux peaux, une sur chaque face, pouvant être qualifiées de peau de *résonance* et peau de *frappe*.<sup>1</sup>

La peau de *frappe* est la peau tendue sur laquelle le batteur frappe, à la baguette ou au pied. Elle participe fortement au timbre et à l'attaque du son du fût.

La peau de *résonance* est la peau opposée à la peau de frappe. Elle contribue à la résonance du fût en entrant en vibration à chaque frappe.

Le son d'un fût est provoqué par la frappe du batteur sur la peau de frappe, mettant ainsi en résonance le volume d'air contenu entre les deux peaux, faisant vibrer par conduction acoustique la peau de résonance. En fonction du fût, la frappe peut être provoquée principalement de deux façons : à la baguette ou au pied. Dans une approche plus empirique, une écoute active de l'instrument frappé à la baguette permet de constater que la fréquence fondamentale est plus excitée lorsque la frappe du batteur se situe au centre de la peau, tandis que les fréquences harmoniques ressortent plus si la frappe se place en bordure de peau. Pour la frappe au pied, propre à la grosse caisse, la pédale de frappe est fixée au centre de la peau, stimulant ainsi la fondamentale au maximum.

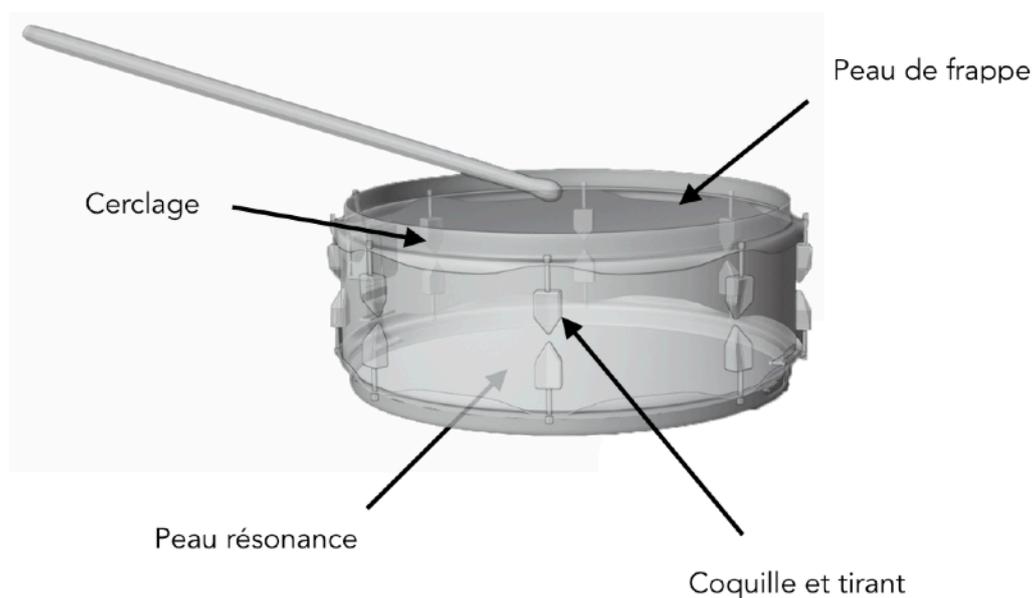


Fig 5. Constitution d'un fût de batterie (schéma 3D réalisé sur Blender)

<sup>1</sup> MOODY, OWINSKI, *ibid.*

Le mode de vibration d'un fût est un modèle très complexe à caractériser. Or le but est ici de mettre en lumière les facteurs influant sur la résonance. Dans sa thèse réalisée en 2005 à l'Université KTH, Andreas Wagner identifie deux facteurs principaux. Selon lui, les dimensions et la matière des fûts — et des peaux — ont un impact considérable sur le rayonnement acoustique de l'instrument.

## Dimensions

Chaque élément constitutif de la dimension d'un fût joue un rôle majeur dans la résonance de celui-ci. Bien que les deux soient liées, la peau constitue un facteur important, notamment sur le son de la fondamentale perçue.

Le *diamètre* du cerclage, et donc de la peau, a une incidence majeure sur la note fondamentale perçue. Généralement, plus le diamètre est grand, plus la fréquence fondamentale sera basse. C'est pourquoi le tom basse a un diamètre plus grand que le tom médium, qui est lui-même supérieur à celui du tom aigu. Si l'on compare la peau du fût au modèle idéal de membrane circulaire, la note fondamentale de frappe serait calculée de la sorte (WAGNER, 2005) :

$d$  : diamètre en mètres (m)

$T$  : tension superficielle (N/m)

$\rho$  : Masse surfacique (kg/m<sup>2</sup>)

$$f_{0,1} = \frac{2.405}{\pi d} \sqrt{\frac{T}{\rho}}$$

Considérer une peau de batterie comme étant une membrane circulaire idéale reste une approche trop théorique, négligeant plusieurs paramètres propres au timbre de l'instrument, comme certaines caractéristiques liées à la matière de la peau.

La *hauteur* du cylindre, et donc du fût, influe fortement sur son niveau sonore, et son temps de résonance. Plus elle est grande, plus le niveau engendré par une frappe sera élevé. Un fût moins haut aura sa peau de frappe et sa peau de résonance plus proches l'une de l'autre, provoquant de ce fait un son moins fort, mais aussi moins long. En effet, la distance entre les deux peaux est un facteur déterminant pour le temps de résonance induit par une frappe. Une distance plus courte induira une résonance plus brève, un son plus court qualifiable de « sec ». Une distance moins grande entre les peaux permet également une réactivité plus importante, qui viendra souligner les nuances de jeu du batteur, sur des frappes légères. La résonance d'un fût est directement corrélée aux transitoires, par effet de *masque*. A diamètre égal, un fût moins haut aura donc généralement des transitoires plus prononcées. Les transitoires ressortent par atténuation de la résonance, en raison d'une diminution de l'effet de *masque* (cf. 3.2.2.).

L'accordage a également une influence considérable sur le timbre, la note perçue et la résonance. Il se fait grâce aux tirants, situés au niveau de l'accastillage du fût. Une coquille vient accrocher physiquement le tirant à la face latérale du fût. Les tirants sont comme des clés de serrage intégrées directement à la carcasse de l'instrument, permettant de régler la tension de la peau. Un grand nombre de tirants offrira plus de possibilités en terme de mise en tension des peaux, cependant, chaque coquille ajoutée sur les côtés du fût influera sur la propriété acoustique de ce dernier. Augmenter la tension reviendra à transposer la note fondamentale de la peau vers le haut, et rendre la frappe plus sèche. Il n'existe pas de règle absolue concernant l'accordage d'un fût. Chaque batteur ou ingénieur du son possède sa propre méthode. En règle générale, les peaux de résonance et de frappe sont accordées à la même note. Dans le but de gagner une sensation de corps, et un temps de maintien plus long, la peau de résonance est souvent accordée plus grave que la peau de frappe.

Accorder la peau de résonance à une note plus grave que la peau de frappe permettrait donc, par gain de grave et de maintien, d'augmenter les vibrations

solidiennes perçues. Or, si les vibrations deviennent trop importantes, et provoquent une surcharge de niveau en entrée du capteur, il est important de réagir en accordant à nouveau le fût.

## Matière

Généralement en bois, la matière du fût contribue de façon notable au timbre de l'instrument rythmique<sup>1</sup>, ce qui peut induire une sonorité différente lors de notre captation solidienne :

- *L'érable* fut longtemps le standard haut de gamme, notamment pour son très bon équilibre spectral. Il ne présente pas de coloration particulière pour une certaine gamme fréquentielle.
- *L'acajou* présente une sonorité plus « chaleureuse » que l'érable, que nous pouvons traduire par un renforcement des graves.
- *Le Bouleau* présente une très forte densité, qui lui octroie un son qualifié de plus « clair » — c'est à dire plus coloré dans le haut du spectre audible.
- *Le peuplier* est un arbre à croissance rapide, et donc moins rare. Ce dernier permet ainsi la conception de fûts moins coûteux. Ce bois renforce également les aigus, et présente moins d'énergie dans le grave.
- *Le tilleul* est également un arbre à croissance rapide, il présente une coloration dans le grave. Il s'agit d'une alternative à l'acajou, moins coûteuse.

## Bilan intermédiaire

Ainsi, nous pouvons garder à l'esprit, qu'un fût globalement plus grand, à diamètre plus élevé, aura une fondamentale plus grave et une richesse harmonique plus importante dans le grave. Cela induirait donc un rayonnement

---

<sup>1</sup> MOODY, OWINSKI, *op. cit.*

acoustique plus important dans la bande passante d'un capteur solidien qui capte essentiellement le bas du spectre. Concernant la matière, une coloration neutre ou « chaude » serait à privilégier lors de nos tests, de sorte à capter l'information vibratoire la plus riche possible via nos transducteurs solidiens. L'objectif sera donc de trouver une batterie composée dans l'idéal de fûts en érable, en acajou ou en tilleul.

De façon plus générale, l'étude du rayonnement acoustique de la batterie — décrit dans les diverses références bibliographiques existantes — est basée sur une perception aérienne de l'instrument. Le timbre décrit est donc forcément tributaire du comportement de l'air autour des fûts qui vient se déplacer en conséquence jusqu'à notre oreille. Il se peut que certains facteurs influant sur la résonance — décrits plus haut — ne présentent pas un comportement similaire lors d'une captation solidienne. S'ils existent, ces facteurs seront à identifier lors de l'analyse des résultats de nos enregistrements.

### 3.1.2. Spécificités

Malgré un ensemble de caractéristiques communes, chaque type de fût présente des spécificités qui lui sont propres. Un kit de batterie standard — pour un jeu binaire — présente généralement cinq types de fûts : La grosse caisse, la caisse claire, le tom basse (ou floor tom), le tom médium et le tom aigu. Chaque fût présente des caractéristiques uniques, tant au niveau de sa constitution physique que de son timbre.

#### La grosse caisse

Comme son nom l'indique, la grosse caisse est l'élément le plus volumineux du kit. Fondation même du rythme dans les graves et le bas médium, elle contribue également à la richesse spectrale du son grâce à ses harmoniques pouvant aller de 50Hz jusqu'à 10kHz. Son temps d'attaque et de relâchement sont particulièrement

rapides. La grosse caisse est le seul fût qui présente dans le commerce un parc microphonique spécialisé. Il s'agit de microphones généralement capables d'encaisser de très forts niveaux acoustiques, ayant des filtres intégrés qui réalisent un creux fréquentiel dans le médium et une bosse dans le grave — parfois le haut médium également. C'est également le seul fût frappé au pied, située au centre du kit, au niveau du sol.

### La caisse claire

Tout comme la grosse caisse, la caisse claire est la seconde fondation du rythme binaire. Pourvue également d'une grande richesse harmonique, elle est parfois comparée esthétiquement à la réponse en fréquence d'un bruit blanc très court. Sa bande passante très étendue va de quelques centaines de Hertz jusqu'à 16 ou 18kHz. Sa contribution aux transitoires de la batterie est de ce fait non négligeable. Cette richesse harmonique dans les aigus est due au timbre, constitué de fils métalliques fixés comme un système à ressort sous la peau de résonance. Ces brins varient en nombre, mais sont généralement comptés entre 12 et 36. Le timbre raccourcit également le temps de résonance, il est possible de l'actionner (le coller à la peau) ou le désactionner (éloigner de la peau) directement sur l'*accastillage* du fût. Lorsque le timbre est très riche, le son de la caisse claire est parfois associé à un coup de feu.

### Les toms

La structure de ces fûts est semblable à la caisse claire, à la différence près qu'ils sont dépourvus de timbre. Leur dimension varie également, ce qui induit une fréquence fondamentale différente. L'absence de timbre justifie aussi un appauvrissement harmonique, sonnante plus « pur ». Leur temps d'attaque demeure très court. Ils présentent des transitoires importantes. Cependant, leur bande passante est nettement moins étendue que la caisse claire, leurs harmoniques aiguës n'allant que jusqu'à 6 ou 7 kHz.

Grâce à leur largeur spectrale et leur diversité, les fûts représentent à eux seuls une matière suffisante pour effectuer nos tests d'enregistrements. Nous pouvons supposer que les fûts frappés à la baguette n'auront pas le même type de résonance solidienne que la grosse caisse, frappée au pied. Il est intéressant de remarquer par ailleurs que tous les fûts frappés à la baguette sont enregistrés côté peau de frappe alors que la grosse caisse est captée côté résonance.

### 3.2. CAPTATION DE PROXIMITÉ EN MULTIMICROPHONIE

Malgré certaines données approximatives, il n'existe pas de distance exacte à partir de laquelle la captation est considérée comme étant de « proximité », ce terme définissant avant tout le standard d'enregistrement qui s'est propagé suite au succès commercial des Beatles *Paperback Writer* en 1966. Pour ce titre, Geoffrey Emerick a fait le choix d'isoler les sources lors de la captation, en positionnant les microphones à quelques centimètres des amplis de basse et de la grosse caisse. Cette forme expérimentale d'enregistrement a permis de donner beaucoup d'ampleur à leur production discographique, au point de devenir un standard de production communément utilisé dans la prise de son batterie en musiques actuelles. Emerick décrit tout son processus créatif dans son livre *En studio avec les Beatles* (EMERICK, 2007). Enregistrer à une distance plus proche n'est pas seulement une façon de sonner « plus fort », il s'agit également d'isoler les sources, dans le but de pouvoir les traiter séparément au mixage. En captant la source à moins de 15 centimètres, le moindre déplacement de la capsule microphonique peut avoir des conséquences drastiques sur le timbre, mais aussi sur la reprise. Ainsi, le type de microphone utilisé constitue un enjeu de taille, tant pour l'isolation des sources entre elles, que la restitution sonore du fût capté.

Après avoir étudié les points clés justifiant le choix d'un microphone adapté à une captation de proximité — en multimicrophonie —, nous étudierons les conséquences principales de ce type d'enregistrement. Enfin, les conséquences de cette forme de captation nous amèneront aux standards actuels de prise de son

des fûts, qui constitueront la base communément adoptée par l'industrie phonographique. Ainsi, ce standard de captation constituera une base de référence, à laquelle nous tenterons d'intégrer une forme de captation solidienne.

### 3.2.1. Le choix de microphone

*« Stéthoscopes et casques audio permettent d'isoler les auditeurs dans un univers sonore » où ils peuvent se concentrer sur les différentes caractéristiques des sons auxquelles ils s'exposent. »*

*J. Sterne, Une histoire de la modernité sonore*

Comme son nom l'indique, la captation de proximité revient à diviser la prise de son batterie élément par élément, avec un microphone par fût. Dans un souci d'éviter trop de reprise, et de donner plus d'impact au jeu du batteur, les microphones sont placés parfois à une distance très minime des peaux, de l'ordre de quelques centimètres. Cela a pour effet d'isoler - au mieux - chacun des fûts, à la manière d'un conducteur solidien, donnant la sensation à l'enregistrement que la source captée est décorrélée de son environnement sonore, et des fûts qui l'entourent. L'isolation source par source a créé de nouveaux enjeux de prise de son, tant dans la directivité, que la sensibilité des microphones utilisés — ou encore leur technologie.

La directivité des microphones a également évolué suite à cette pratique visant à isoler chacun des fûts pour son propre son. Les microphones utilisés au sein de ce dispositif ont tendance à être assez directifs, allant du cardioïde à l'hypercardioïde. Ces directivités permettent de focaliser le son capté face à la capsule, tout en rejetant partiellement les ondes ayant un angle d'incidence trop latéral, et en délaissant complètement les ondes reçues par la face arrière de la capsule (MERCIER, 1987). S'il devait y avoir analogie, l'oreille humaine serait associée à la directivité omnidirectionnelle et non cardioïde. Bien que permettant d'isoler les

sources, les directivité cardioïde et hypercardioïde détachent la prise de son de l'approche transparente du son. Ces dernières diffèrent de notre perception « naturelle » de la source en champ libre. Cela justifie d'ailleurs le couplage très fréquent des microphones directifs de proximité centré sur les fûts à deux microphones d'appoint cymbales, qui viennent restituer une certaine transparence dans le timbre de la batterie. Ils surplombent habituellement les têtes de cymbales, en pointant vers le bas. Il est également important de préciser que les microphones sont placés à une distance bien trop proche des fûts pour restituer une perception sonore « naturelle » de la batterie en accord avec la perception de l'oreille humaine. Un individu ne présentant pas de problèmes d'audition n'irait d'ailleurs jamais placer son oreille à une distance si minime du fût pour écouter le jeu du batteur.

Lors d'une prise de son de proximité, il est fortement recommandé de porter une vigilance accrue au niveau sonore reçu par la capsule. C'est pourquoi l'utilisation de microphones moins sensibles — aptes à recevoir un très fort niveau de pression acoustique — est indispensable pour ne pas endommager le matériel utilisé. Une frappe de grosse caisse notamment, est capable de délivrer un niveau à hauteur de 135 dB SPL<sup>1</sup>. La prise en compte de cette donnée est essentielle en vue du choix de microphone aérien constituant la partie pratique.

Nous pouvons distinguer deux principales technologies de microphone actuellement utilisées dans la prise de son de musiques actuelles : Les microphones électrostatiques et les microphones dynamiques. Les microphones électrostatiques, basés sur la variation de capacité au niveau des électrodes d'un condensateur, présente une forte sensibilité. Ils sont de ce fait considérés comme étant plus fragiles que les dynamiques face à des sources sonores présentant un très fort niveau de pression acoustique. De plus, leur réponse parfaitement linéaire sur l'intégralité du spectre audible et leur meilleure réactivité vis à vis des

---

<sup>1</sup> BAUDIER, *op. cit.*

transitoires les rendent favorisés face à des sources présentant un rayonnement acoustique dans l'aigu. Le dynamique, plus résistant, et le plus souvent moins sensible dans le haut du spectre, présente des caractéristiques plus similaires à un capteur solidien (cf 2.2.1). Les microphones dynamiques peuvent donc être placés à une distance très proche des sources sans risquer la surcharge. De plus, à directivité équivalente, la reprise d'un microphone dynamique sera moins importante qu'un statique. En effet, la sensibilité du microphone dynamique se trouve plus vite amoindrie au delà d'une certaine distance. Cela permettra de mieux décorréler les sources dans le cadre d'une captation en multimicrophonie. La prise de son de proximité est d'ailleurs la principale application du microphone dynamique.

### 3.2.2. Conséquences principales : effet de proximité, masque et phase

L'approche de la multimicrophonie en prise de son de proximité n'a pas pour but de répondre à un besoin de réalisme dès l'enregistrement. Elle provoque par son procédé même, des sonorités et des effets qui lui sont propres. Le mixeur se doit ensuite de corriger ces défauts au mixage, principalement par compression et filtrage fréquentiel. Lorsqu'un microphone très directif aérien est placé à une distance très proche de la frappe ou de la résonance d'un fût, ce dernier est sujet à *l'effet de proximité*, ainsi qu'à des problématiques de remise en phase par rapport aux autres capteurs. Il convient d'étudier les caractéristiques de l'effet de proximité et des problématiques de remise en phase, afin d'intégrer au mieux notre capteur solidien au dispositif multimicrophonique.

L'effet de proximité est intervenu particulièrement dans l'utilisation des microphones directifs — cardioïdes, hypercardioïdes — lors d'une utilisation en captation de proximité, à moins d'une vingtaine de centimètres de la source. Cet effet induira une augmentation significative des basses fréquences à la prise de son. Lorsque la source sonore se situe à une distance très courte de la capsule microphonique, la différence de trajet entre l'onde avant et l'onde arrière

parvenant au capteur devient alors significative (EARGLE, 2005). L'effet de proximité est parfois utilisé volontairement, pour donner plus de grave à une voix fluette ou rajouter une sensation de corps et d'assise à un instrument.

Le gain de grave pourvu par l'effet de proximité aura un impact considérable sur le timbre de la source, notamment sur le haut du spectre. Stanley A. Gelfand décrit l'effet de masque comme étant l'influence de la perception d'un son par rapport à la présence d'un autre. Or au sein d'un même son, les graves peuvent constituer eux-même un effet de masque pour les fréquences aiguës. En plus d'une différence de niveaux relatifs, le gain de grave vient donc diminuer encore plus la sensation de présence dans les aigus par effet de masque (GELFAND, 2018).

Nous l'avons vu précédemment, la captation de proximité d'une batterie implique une multiplication des microphones utilisés. Or chaque microphone ne peut pas s'affranchir complètement de la reprise, et dans ce cas précis, du son des autres fûts. L'étape de remise en phase est indispensable en vue d'une sommation des différentes sources captées en proximité, afin d'éviter toute potentielle annulation de fréquence ou filtrage en peigne. Dans leur livre sur la prise de son batterie, Bobby Owinski et Denis Moody décrivent deux formes de problèmes de phase : acoustique et électronique.

L'opposition de phase *acoustique* se produit lorsque deux microphones captent la même source à un rapport de distance légèrement différent. Cela provoque le retard acoustique d'un microphone par rapport à l'autre. Il en résulte le plus souvent en une annulation fréquentielle partielle de la source captée, creusant généralement la sensation d'assise dans les graves.

L'opposition de phase *électronique*, moins fréquente aujourd'hui, est liée le plus souvent à un branchement inversé dans un câble, ou dans le circuit du microphone. Il se peut également que le trajet du signal analogique, ainsi que sa conversion analogique-numérique dans les convertisseurs ne soit pas homogène dans toutes les tranches de la console — ou de la carte son.

Afin de vérifier les relations de phase entre les microphones, la méthode empirique la plus utilisée consiste à actionner manuellement une opposition de phase sur la console ou Pro Tools, une piste à la fois. Pour chaque piste, il est préférable de laisser l'opposition de phase activée si la source gagne en profondeur au niveau des graves, et de la désactiver si elle provoque un filtrage en peigne, une annulation de certaines fréquences ou de l'intégralité du signal. Au delà d'une opposition de phase largement audible, le retard acoustique entre les capteurs est à corriger en replaçant les pistes, pour qu'elles soient parfaitement en phase l'une de l'autre après la prise.

La forte coloration du géophone et du stéthoscope dans le bas du spectre présagent une réduction d'autant plus importante des hauts médiums et des aigus par effet de masque. Or pour un capteur solidien, il n'y a pas d'onde avant et d'onde arrière, le capteur est fixé sur une seule surface, et ne reçoit donc l'énergie acoustique que via une dimension unique. La modification de timbre des sources en solidien ne sera donc sûrement pas due à un effet de proximité, à proprement parler. A la manière d'un microphone intégré à une captation en multimicrophonie, la phase — acoustique et électronique — des capteurs solidiens sera à vérifier. Le retard occasionné par la différence de distance entre le capteur solidien et les microphones, pointant vers la même source, seront à synchroniser en montage son.

### 3.2.3. Standard de captation : enjeux de chaque fût en proximité

Dans le but d'effectuer des choix de microphones qui viendront judicieusement constituer notre parc microphonique aérien lors de notre enregistrement, il convient d'étudier les microphones dynamiques fréquemment utilisés dans l'industrie phonographique, plus spécifiquement dans la prise de son batterie. Nous devons considérer que le dispositif de prise de son aérienne n'a pas pour but ici de colorer, ou de surprendre l'oreille par rapport à nos standards d'écoute de musiques actuelles. Au contraire, il s'agit plutôt d'identifier les techniques de

captation studio permettant d'obtenir un son de batterie aérien le moins déroutant par rapport à notre habitude d'écoute. Bien qu'il n'existe pas de placement « miracle » pour une prise de son, et que l'erreur provoque parfois les meilleurs enregistrements (MASSY, 2015), il existe certaines méthodologies adoptées par le plus grand nombre. Il est intéressant d'étudier ces standards de captation de batterie dans le but de s'en rapprocher le plus possible lors de nos futurs enregistrements. Une étude bibliographique approfondie a permis de déterminer les techniques qui se sont le plus standardisées avec le temps, pour la prise de son batterie en multimicrophonie de proximité.

### La captation de la grosse caisse

Une grosse caisse de formation pop-rock présente le plus souvent un trou sur sa peau de résonance, permettant de réaliser une prise de son en ultra-proximité : à l'intérieur — ou presque — du fût. Généralement, la captation de proximité de ce type de grosse caisse en musiques actuelles se réalise à deux microphones.

Un premier microphone est effectivement placé dans le trou, pointant vers le centre de la peau de frappe, là où l'impact de la pédale du batteur se dirige. Ce microphone interne apporte l'impact du son, ainsi que les fortes transitoires liées au court temps d'attaque de l'instrument.

Un second microphone externe à la peau de résonance, plus éloigné, pointe vers la peau. Ce microphone externe vient à la fois donner de l'air et capter la résonance du fût, lui donnant plus de corps. Si ce microphone pointe vers le centre de la peau, la résonance captée sera principalement la fréquence fondamentale. L'accentuation de cette note apportera une sensation d'impact mais présentera une richesse harmonique amoindrie. Si le microphone est décentré, pointant vers le bord de la peau, ce dernier permettra de mieux capter les harmoniques, mais suscitera moins de sensation d'impact par diminution de la note fondamentale.

Dans une approche plus empirique, plus le microphone est éloigné du fût, plus le son capté aura une largeur spectrale étendue, ce qui induira une perte de précision pour la frappe. Plusieurs ingénieurs du son (Benoit Fleury, Thomas Vingtrinier) ont reporté le fait de placer le microphone de résonance très bas — quelques centimètres de haut — dans le but de récupérer des fréquences subharmoniques par réflexion du sol. Les fréquences subharmoniques sont des harmoniques d'ordre inférieur à la fondamentale. Il s'agit donc des fréquences plus graves, ce qui constitue une importance de taille pour la captation grosse caisse, si le projet esthétique justifie une sensation d'assise importante.

Bien qu'une légère distanciation permette un enrichissement harmonique de la frappe, si le microphone externe est trop éloigné, la reprise des autres éléments de la batterie est fortement susceptible d'augmenter. C'est pourquoi ce dernier est souvent placé à une vingtaine de centimètres. Le placement de ces microphones nécessite des pieds très bas, souvent sujets à un déséquilibre, un contrepoids — *gueuse* — permet donc de les stabiliser. Pour un son plus compact et tenu, il est commun de placer une couverture contre la peau (face interne) pour étouffer la résonance.

Comme vu précédemment (3.1.2.), la grosse caisse est le seul fût qui possède dans le commerce une série de microphone spécialisés, ces derniers étant souvent peu sensibles, de sorte à encaisser de très forts niveaux de pression acoustique. Ils sont également équipés d'un filtre, permettant de corriger les effets inhérents à la prise de son d'ultra-proximité. Ce filtre réalise le plus souvent un traitement fréquentiel, permettant dès la prise d'obtenir un creux dans le bas médium, une amplification des graves et du bas aigu.

### La captation de la caisse claire

Tout comme la prise de son grosse caisse, la captation de la caisse claire se fait généralement à deux microphones. Le premier microphone, souvent associé à

l'expression « caisse claire frappe », capte le fût côté peau de frappe, par au dessus. Le second microphone, associé à l'expression « caisse claire timbre », capte le son par en dessous, visant la peau de résonance et le timbre. Tandis que le premier vient récupérer l'impact et le corps de la frappe, le second vient quant à lui apporter la richesse harmonique aiguë pourvue par le timbre. Le microphone de peau de frappe est usuellement placé à quelques centimètres au dessus du cerclage, sur un pied de hauteur moyenne. Il serait possible de capter le timbre de la caisse claire en éloignant le microphone de frappe, mais cela impliquerait trop de reprise, c'est pour cela qu'un second capteur est fréquemment utilisé. Il faut être particulièrement vigilant à la reprise de la cymbale charleston, en pointant le moins possible vers celle-ci. Dans la gamme des microphones dynamiques, les microphones à petite membrane sont favorisés. Ils assurent une meilleure réponse transitoire, plus généralement dans les aigus, ce qui permet de restituer au mieux une plus grande richesse harmonique de ce fût.

### Captation des toms

La captation des toms répond sensiblement aux mêmes problématiques que la caisse claire, si ce n'est qu'ils sont habituellement enregistrés uniquement côté peau de frappe. Les fûts frappés à la baguette répondent à certaines caractéristiques communes, permettant d'ajuster la prise de son en fonction du projet esthétique. Tout d'abord, la fréquence fondamentale est perçue via le centre de la peau. Une frappe au centre du fût ou un microphone pointant vers le centre participeront à faire ressortir la note fondamentale du fût. Le renforcement de cette note procurera une augmentation de la sensation de « corps », et d'impact. Plus le microphone, ou la frappe, se dirigent vers les bords de la peau, plus les harmoniques de cette note fondamentale seront perçues, ce qui diminuera encore une fois la sensation d'impact.

## Microphones d'appoint pour les cymbales

Bien qu'ils ne correspondent ni à une captation de fût ou de proximité, les microphones d'appoint pour les cymbales représentent un élément constitutif de la captation en multimicrophonie. Ces deux microphones surplombent la batterie et constituent un système de captation ciblé sur les cymbales. Également utilisés dans le but de lier les éléments de la batterie entre eux, ils permettent de reconstruire une image stéréophonique de l'instrument tout en apportant les aigus des cymbales, manquant à la captation de proximité des fûts. Par sommation avec les résultats obtenus par captation des autres microphones décrits précédemment, ces derniers permettent de restituer le timbre naturel des fûts. Ces microphones sont d'ailleurs situés à une distance plus fidèle au placement naturel de l'oreille face à cet instrument.

### *Bilan intermédiaire*

Chaque fût présente donc des spécificités en terme de standard de captation de proximité. Nous remarquons cependant certains points communs. Pointer le microphone vers le centre de la peau reviendra le plus souvent à augmenter la note fondamentale de la résonance, tandis qu'une orientation vers les bords de la peau fera ressortir les harmoniques de la résonance. Par réflexion du sol, des subharmoniques peuvent également être captées, notamment pour la grosse caisse. Ces extrêmes graves semblent plus difficiles à obtenir pour les autres fûts n'étant pas positionnés à l'horizontale, comme la caisse claire et les toms. Des microphones d'appoints sur les cymbales peuvent constituer une bonne référence d'écoute durant la réalisation pratique des enregistrements, afin de s'assurer de l'homogénéité globale du timbre de la batterie entre les prises.

### 3.2.4. Le « mat sound »

Le développement des techniques d'atténuation de la résonance des fûts dans la prise de son batterie est une tendance apparue au cours des années 1970 suite aux premières expérimentations à succès commercial de l'ingénieur du son Geoffrey Emerick avec les Beatles<sup>1</sup>. Ces expérimentations ont placé le groupe à l'avant-garde de la standardisation des techniques de captation de proximité. En effet, la résonance induite par l'effet de proximité génère de l'effet de masque. Ce masquage sera le plus souvent traité durant le mixage. Ces outils ont donc été conçus pour corriger les résonances indésirables dès la prise de son. Cette tendance a donné naissance au MoonGel, un gel auto-adhésif bleu spécialement conçu pour l'atténuation d'harmoniques de la batterie. Comme vu précédemment, la centre du fût présente un pic de résonance au niveau de la fréquence fondamentale tandis que la résonance des bords de la peau restitue les harmoniques. Étouffer le centre reviendrait donc à réduire la fréquence fondamentale, alors qu'étouffer les bords reviendrait à étouffer les harmoniques d'ordre supérieur. Par soucis d'efficacité, le MoonGel est souvent placé juste devant le microphone, pour étouffer la résonance dominante dans la zone captée.

Placer une masse sur une peau revient également à réduire son temps de vibration, et donc son temps de résonance. Plus la masse est importante, plus le temps de résonance est atténué. Un capteur solidien constitue une masse conséquente sur une peau tendue mise en vibration. Le placement d'un tel capteur sur la peau induira forcément une atténuation de la résonance. Durant l'application pratique, le géophone sera soumis à divers placements sur la batterie. Remplacer le géophone par un MoonGel lorsque celui-ci est enlevé d'une peau permettrait de conserver une homogénéité de timbre entre les différentes prises de son par voie aérienne, qui serviront de référence.

---

<sup>1</sup> EMERICK, op. cit.

## *Conclusion*

Qu'il s'agisse d'une captation de proximité par voie aérienne ou d'une captation solidienne, enregistrer au plus près d'un fût est susceptible de mener à plusieurs enjeux similaires. Le placement d'un capteur à une distance bien plus proche que la distanciation naturelle de l'oreille humaine face à cette instrument à fort rayonnement acoustique mènera à un timbre manquant de transparence. L'effet de masque lié à la résonance dans le grave et le bas médium mèneront à une atténuation des aigus des fûts usuellement perçus en champ libre. L'intégration de capteurs solidiens sera également tributaire d'une remise en phase avec les autres microphones, afin de restituer toute la richesse dynamique et harmonique liée à sommation des capteurs. L'effet de proximité ne sera quant à lui pas un enjeu constitutif — à proprement parler — de la captation solidienne, puisqu'il s'agit d'un phénomène lié à des capteurs ayant une directivité non unidirectionnelle. L'étude des standards de captation de rythmique binaire en multimicrophonie de proximité nous permet désormais de mettre en place un dispositif de captation aérienne classique. Cet enregistrement de base constituera une référence d'écoute familière, pouvant être comparé à un enregistrement à contribution solidienne.

## 4. Réalisation d'enregistrements

L'objectif est ici de caractériser, par la mise en pratique, l'apport esthétique de la captation par voie solidienne durant un enregistrement de batterie. Un motif rythmique binaire sera enregistré en multimicrophonie de proximité. Il s'agira avant tout de décrire l'apport sonore relatif de la conduction solidienne par rapport à un enregistrement de référence, réalisé par voie aérienne, en fonction du placement. La conduction solidienne n'a pas ici pour destination de remplacer de façon absolue les standards de prise de son actuels. L'enjeu se situe plutôt au niveau de son intégration, en temps que support créatif à la production phonographique.

### 4.1. MÉTHODOLOGIE

La réalisation pratique consiste tout d'abord à la mise en place d'une session d'enregistrement de batterie en multimicrophonie, enregistré par deux modes de propagation du son, par voie aérienne et par voie solidienne. Suite aux recherches menées durant l'ensemble de la partie bibliographique, les standards aériens de cette forme de prise de son ont été caractérisés. Un parc de microphones dynamiques et directifs sera donc déterminé, dans l'intention de se rapprocher au plus proche du rendu esthétique de la captation solidienne. Durant la session d'enregistrement expérimental, l'ensemble du dispositif aérien constituera une référence fixe, qui ne bougera d'aucune manière entre les prises, à laquelle nous viendrons ajouter à chaque prise de son un nouveau placement de capteur solidien. Un géophone et un stéthoscope seront testés. Le son aérien ne changeant pas, chaque prise représentera un nouveau placement de capteur solidien, et donc un nouvel apport esthétique potentiel à caractériser. Les contraintes techniques du stéthoscope et du géophone justifieront les différents placements testés, qui seront focalisés sur la captation des fûts, en raison de leur bande passante insuffisante pour capter l'aigu et la précision des cymbales.

Les résultats de chaque placement feront l'objet d'une analyse personnelle, qui sera enfin confrontée à l'analyse d'un public « expert ». Malgré les recherches effectuées au préalable, il se peut que certains placements provoquent une surcharge trop importante au niveau des vibrations perçues par le capteur, notamment sur les peaux où l'excursion de mouvement est susceptible d'être très prononcée. Les placements causant une surcharge mécanique importante seront exclus de l'étude comparative, afin de ne pas compromettre le bon déroulé de la démarche expérimentale en endommageant définitivement un capteur.

Face à l'impossibilité de couvrir de façon exhaustive tous les placements possibles, quatre types de placements, représentatifs des différentes zones du fût, seront déterminés : sur peau de résonance, sur peau de frappe, ainsi que deux placements au niveau de l'accastillage du fût, un vers la peau de frappe, l'autre vers la peau de résonance, juste avant le cerclage des peaux. Durant les tests préparatoires, les résultats préliminaires du tom aigu et médium ne constituent pas un intérêt suffisant pour mener des tests poussés autour de ces fûts.

Afin que le jeu constitue un minimum de biais à l'écoute critique, il se doit d'être le plus régulier et standard possible. Le batteur devra respecter le motif rythmique binaire le plus classique, en jouant quatre mesures autour de 140 battements par minutes, puis les mêmes quatre mesures à un tempo deux fois plus lent, à 70 battements par minutes. En effet, le temps de résonance diffère en fonction du tempo, c'est pourquoi le batteur devra alterner rythmique rapide et lente.

Fig 6. Partition, motif rythmique binaire standard « poum tchak poum poum tchak »)

Charleston  
Caisse claire  
Tom basse  
Grosse caisse

1 et 2 et 3 et 4 et

La grosse caisse sera jouée aux temps 1 et 3, ainsi qu'au demi temps suivant le 3.

La caisse claire sera jouée aux temps 2 et 4.

Le charleston jouera tous les demi-temps.

Le tom basse sera quant à lui joué à chaque dernier demi-temps.

Dans le chapitre 3.2.4., l'étude de la matification des fûts a permis de déduire qu'une masse posée sur une peau de fût aura pour effet d'induire une atténuation harmonique conséquente. Dans le but d'avoir un maximum de contrôle sur la richesse harmonique des fûts entre les prises, un atténuateur harmonique — type Moon Gel — sera placé sur la batterie pour occuper la position des capteurs durant les prises où ils ne sont pas placés sur les peaux.



Fig 7. Moon Gel RTOM

## 4.2. MATÉRIEL D'ENREGISTREMENT

### 4.2.1. Batterie et implantation en studio musique

Le modèle de la batterie utilisée pour les enregistrements est une DW Performance Std. White Marine. Les baguettes utilisées seront du type 5A.

Les fûts de la batterie sont en érable. Comme étudiés précédemment, ces derniers présentent une sonorité assez équilibrée spectralement. La batterie a été placée selon la figure 8 dans le studio musique, de sorte à avoir une communication visuelle directe avec le musicien, tout en la plaçant dans la partie « ouverte » du studio. Des panneaux acoustiques ont été installés, de sorte à casser les angles ainsi que l'onde réfléchiée par la vitre de gauche.

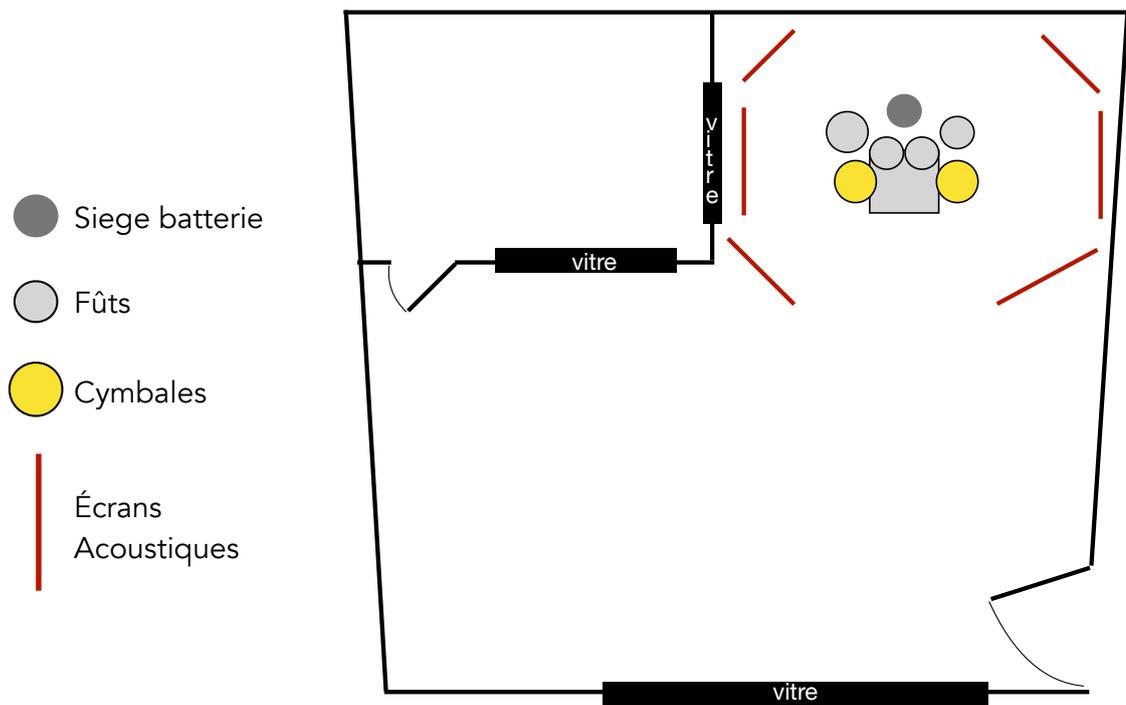


Fig 8. Implantation en studio musique, vue aérienne

**REGIE STUDIO MUSIQUE  
YAMAHA DM2000**



Fig 9. Batterie photographée durant l'enregistrement

#### 4.2.2. Dispositif de captation par voie aérienne

Les microphones qui constituent le parc microphonique de captation des fûts en aérien sont uniquement électrodynamiques. Ils sont tous assez peu sensibles de sorte à les placer à une distance très courte, afin d'apporter une échelle de comparaison adéquate entre captation par voie aérienne et solidienne.

La *grosse caisse* est captée à l'aide de deux microphones, l'un placé dans le trou de la peau de résonance, visant le centre interne de la peau de frappe, l'autre placé à 15 centimètres de la peau de résonance, décentré. Le microphone AKG D12 a été choisi en tant que microphone « interne ». Il répond aux problématiques actuelles des microphones spécialisés dans la captation de grosse caisse en proximité. Bien qu'il s'agisse d'un microphone électrodynamique, un filtre actif peut être activé à l'aide d'une alimentation fantôme. Ce dernier permet de réaliser un pré-filtrage fréquentiel permettant une correction de l'effet de proximité dès la prise de son, pouvant réaliser une atténuation du bas-médium, ainsi qu'une bosse dans le grave et le bas-aigu. Le second microphone, qualifiable « d'externe », est un Shure Beta 52. Egalement spécialisé pour la grosse caisse, son pré-filtrage est quant à lui passif, et ne nécessite pas d'alimentation, il consiste principalement à une amplification des basses fréquences.

La caisse claire sera elle aussi enregistrée à l'aide de deux microphones. Un microphone vise la peau de frappe, l'autre vise le timbre. Le microphone utilisé pour la frappe est un Beyerdynamic M201, électrodynamique hypercardioïde à réponse fréquentielle large — 40-18000 Hz — particulièrement utilisé pour les caisses claires en raison de sa légère coloration dans l'aigu. Le microphone SM57, quant à lui, est un standard très utilisé pour la caisse claire, en raison de son faible coût et de sa coloration typique dans l'aigu, ce dernier sera utilisé en tant que microphone de caisse claire timbre.

Le M201 a été placé sur un pied moyen, pointant le centre du fût, le corps du micro étant quelques centimètres au dessus du cerclage de la caisse claire. Le SM57 pointait à équidistance du centre et du bord, à 10 centimètres de la peau.

Pour ces deux fûts, il sera particulièrement important de vérifier la relation de phase entre les signaux, spécialement la sommation des microphones captant un même fût. Pour analyser la phase entre deux signaux issus de microphones pointant vers un même fût, il sera donc nécessaire de vérifier certaines annulations fréquentielles, notamment dans le grave.

Des microphones présentant un maximum de similitudes seront choisis pour capter les toms. Les toms aigu et médium seront d'ailleurs capté par un modèle de microphone dynamique totalement identique : le MD421 de Sennheiser, à directivité cardioïde. N'ayant pas accès à trois microphones dynamique similaires, le tom basse sera quant à lui capté par le Sennheiser MD441-U, assez proche des deux autres, à la différence près que sa bande passante est légèrement plus large et sa capsule plus directive, puisqu'il s'agit d'un supercardioïde. Pour les trois toms, les microphones ont été placés quelques centimètres au dessus du cerclage, pointant vers le centre, en étant très légèrement désaxés.

Seuls les microphones d'appoints au niveau des cymbales sont électrostatiques, de sorte à constituer la réponse la plus transparente possible. Ils permettent de vérifier en continu l'homogénéité de timbre des fûts, en lien avec les variations d'atténuation harmonique dues aux déplacement de capteurs sur les peaux. Les microphones d'appoints de cymbales sont les Neumann KM 184 (Series 180), leur technologie électrostatique ainsi que leur petit diaphragme leur confère une très bonne réponse transitoire. Leur transparence assez fidèle — légère coloration dans l'aigu — permet largement de vérifier la cohérence du timbre global de la batterie durant l'entièreté de la session d'enregistrement. Ils contribueront également à une bonne illustration de l'intégration de l'apport solidien à une prise de son batterie plus complète.

### 4.2.3. Dispositif de captation par voie solidienne

Afin de caractériser l'apport esthétique et créatif de la captation par conduction solidienne, un géophone et un stéthoscope seront utilisés durant la démarche expérimentale.

Le géophone utilisé sera le Geofòn de LÖM Audio, déjà présenté plus haut (2.2). Trois embouts sont à disposition pour son application sur la batterie : un pic, un aimant ou une ventouse. Ne pouvant transpercer les peaux et le bois de fûts, le pic — normalement utilisé pour planter le géophone dans le sol en field recording — est bien entendu exclu de cette mise en place pratique. La ventouse constitue l'embout le plus versatile, pour faire adhérer le géophone au bois du fût ainsi qu'aux différentes peaux. Or des tests préparatoires sur peau sablée ont démontré l'inefficacité de la ventouse pour adhérer à cette matière. Une solution essayée ensuite a été de construire un contre-poids métallique assez lourd pour aimanter le géophone de l'autre côté de la peau sablée. Or la masse fixée de l'autre côté de la peau créait trop d'artefacts dans la restitution sonore du géophone. La solution conservée pour la peau sablée de la caisse claire a donc été finalement d'ajouter du gaffeur pour faciliter l'adhérence. La documentation technique de ce géophone, extrêmement limitée, est disponible en annexe. Les trois informations importantes à retenir de ses spécificités techniques sont sa bande passante — 10-1000 Hz — et sa fréquence de résonance, qui est de 14 Hz. L'outil est donc susceptible de présenter une forte coloration dans le bas du spectre.

Le stéthoscope utilisé sera à membrane simple, Spengler. Comme étudié précédemment (2.1), l'enjeu de l'application du stéthoscope est de capter l'information sonore transmise dans son tube, après transduction mécanique-acoustique. Fortement inspiré de la technique de Diego Stocco, dans sa pièce Music from a Tree (STOCCO, 2009), le tube du stéthoscope sera sectionné juste avant la division bi-auriculaire de la lyre. Il est nécessaire de sectionner non seulement le caoutchouc mais aussi le ressort métallique rigidifiant la face interne

du tube. Un adaptateur utilisé en tuyauterie extérieure, au diamètre exactement équivalent à celui du tube viendra réceptionner l'embout sectionné. Cet adaptateur, trouvé en magasin de bricolage, servira à conduire l'information du tube dans un diamètre plus grand, égal à celui d'une petite capsule microphonique, en isolant la capsule de toute reprise aérienne externe au son transmis par le tube. Dans le but d'augmenter l'isolation phonique, du gaffeur viendra calfeutrer l'adaptateur de tuyau d'arrosage, et ainsi rajouter un étage isolant au niveau de la capsule microphonique. De premiers essais concluants ont été réalisés à l'aide d'un microphone cardioïde Oktava MK 012. Lors de l'enregistrement en studio, le microphone Oktava a été remplacé par un Shoeps MK5 — mode de directivité : cardioïde. Des photos de la réalisation de l'étage d'adaptation du stéthoscope sont disponibles en annexe.

#### **4.3. L'APPORT ESTHÉTIQUE DES CAPTEURS SOLIDIENS, PAR PLACEMENT**

Associé à un dispositif de captation de proximité standard par voie aérienne, divers placements du géophone et du stéthoscope ont été testés. Dans l'objectif de caractériser de façon globale l'apport esthétique et créatif de ces deux outils sonores, leur contribution sonore sera étudiée en fonction de chaque placement effectué. Huit positionnements différents ont été réalisés pour chacun des capteurs. Seuls les transducteurs solidiens changeaient de position entre chaque prise. L'analyse effectuée ici est une écoute critique personnelle des résultats d'enregistrements. Cette analyse sera ensuite mise en perspective grâce à des sessions de tests d'écoutes soumis à un panel d'experts (Partie 5).

### 4.3.1. Le géophone

Certains placements n'ont pas pu être mis en place, pour cause de vibrations mécaniques trop importante. Les placements sur les peaux de la grosse caisse ont tous les deux été omis. Bien que ces derniers aient présenté un intérêt en terme de distorsion, plusieurs récurrences de ces placements auraient pu compromettre l'analyse des autres positionnements, et un endommagement définitif de la capsule. Par soucis de clarté, une schématisation 3D de chaque placement a été réalisée sur Blender. Les photographies effectuées durant l'enregistrement, jugées moins explicatives, sont tout de même disponibles en annexe.

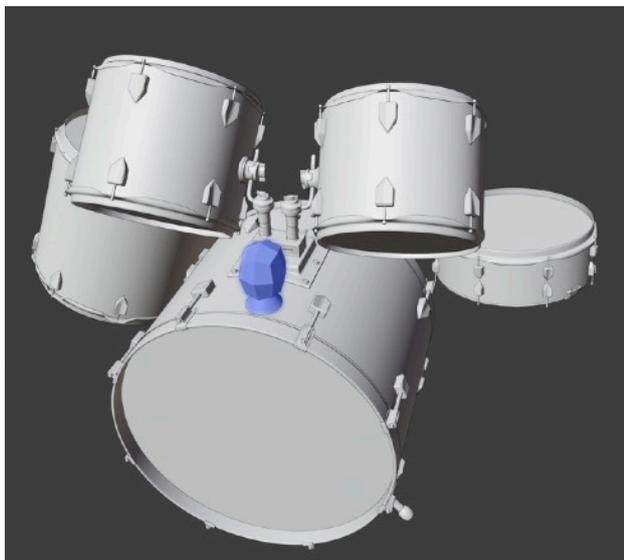
#### Prise 1 : Grosse caisse, accastillage, côté peau de résonance



L'apport le plus notable est une forte coloration spectrale dans l'extrême grave, autour de 30Hz. Il s'agit ici de subharmoniques, plus basses que la note fondamentale. Le géophone vient ici ajouter une sensation tripale à l'assise pré-existante de la grosse caisse. Ce type de coloration de grosse caisse trouverait sûrement son application dans une instrumentation

dominée par les basses — électronique, rap, RnB — qui viserait à apporter de la lourdeur à une section rythmique acoustique. À l'écoute de la piste seule, une sensation prononcée de compression de dynamique se fait ressentir par rapport à la prise de son par voie aérienne de la grosse caisse. Enfin, il y a peu de reprise du reste de la batterie.

### Prise 2 : Grosse caisse, accastillage, côté peau de résonance



Un simple déplacement du capteur sur le fût a eu un impact considérable sur le rendu sonore, notamment au niveau de la restitution fréquentielle. L'apport du solidien se traduit ici par un gain considérable de résonance, entre 120 et 250 Hz. Ce gain de résonance contribue fortement à l'effet de masque global. La distinction entre les différents éléments rythmiques se fait moins facilement. La

reprise prononcée des autres fûts fait ressortir la résonance du tom basse et de la caisse claire. Le masquage est donc induit par soulignement de la résonance globale, de tous les fûts.

### Prise 3 : Caisse claire, accastillage



L'octave de résonance est encore une fois amplifiée avec ce placement, cette fois-ci au niveau de la caisse claire. La sonorité apportée semble comme « bouchée ». La note fondamentale de la caisse claire est soulignée, ainsi que la résonance des autres fûts, perçus à travers la reprise de la grosse caisse qui est assez prononcée. Or la richesse

harmonique dans l'aigu du timbre n'est pas du tout restituée, ni colorée. Les aigus de la caisse claire se retrouvent juste masqués. Le géophone n'apporte ici pas de coloration particulière, ni de sensation de corps.

#### Prise 4 : Caisse claire, peau de résonance



Les fréquences de la caisse claire, restituées ici par le géophone, sont inaudibles par l'oreille humaine. Le géophone apporte de l'extrême grave à un fût qui n'en possède pas par voie aérienne. La coloration de la caisse claire dans l'extrême grave est peu mise en application en musiques actuelles.

Même les styles aux sonorités plus électroniques colorent peu les extrêmes grave de la caisse claire, pour éviter de brouiller l'information avec la grosse caisse. Ce placement donne l'impression qu'une grosse caisse est frappée à chaque coup de caisse claire. Une utilisation créative potentielle serait de simuler une multiplications des frappes de grosse caisse, par jeu de caisse claire, ce qui pourrait apporter une couche de complexité rythmique au centre grave. Ce placement est très peu sujet à la reprise.

#### Prise 5 : Tom basse, peau de frappe



La prise de son du géophone ramène beaucoup de centre grave (60-120 Hz). La reprise est ici particulière, elle correspond essentiellement à la résonance du tom basse à chaque frappe de grosse caisse. Ceci a pour effet de prolonger les frappes de la grosse caisse, qui contribuent à un léger masquage de la caisse claire. Un

maintien du temps de résonance du tom basse est notable, ainsi qu'un gain d'impact. Bien qu'il n'y ai pas eu de saturation de niveau en entrée de console, le signal présente une légère saturation dans l'aigu, audible par un clic à chaque frappe de tom. La vibration captée directement sur peau de frappe devait être sans doute trop importante. Une méthode de matification plus prononcée serait à prévoir en vue d'une application de ce placement.

### Prise 6 : tom basse, accastillage



La reprise au niveau de l'octave de résonance est très marquée, restituant tellement les notes fondamentales de la grosse caisse et de la caisse claire qu'il s'en dégage un motif mélodique synchronisé aux frappes de chaque type de fût, une note par fût. Si le fort écart dynamique entre les frappes de toms et la reprise était compressé, ce

placement conférerait une fonction mélodique à la batterie. Les notes seraient définies par l'accordage des fûts. Le timbre du tom basse est également extrêmement modifié, avec un grand surplus de résonance, venant souligner la descente progressive de note entre la fondamentale de la peau de frappe et celle de la peau de résonance. Le rendu esthétique résonant de ce dernier vient créer une sonorité hybridant le rendu du tom et de la timbale.

### Prise 7 : caisse claire, peau de frappe



Pour ce placement, du gaffeur a été utilisé en raison de la peau sablée de la caisse claire, qui neutralisait l'adhérence de la ventouse. Le géophone vient ici souligner la note fondamentale, sans pour autant augmenter les harmoniques. La reprise est assez légère pour ce positionnement de capteur. Un bruit aigu semblable à une légère distorsion est audible, et corrélé à

chaque frappe, malgré l'absence de saturation en entrée de console. Il peut s'agir d'une surcharge ponctuelle de vibrations mécaniques, due au choc de la frappe. Sinon, il s'agirait du gaffeur ajouté lors de la prise, qui se décolle de façon très brève à chaque frappe.

### Prise 8 : Tom basse, peau de résonance



Une forte amplification du centre grave est ressentie lorsque ce capteur est associé au dispositif aérien. Le maintien de la résonance basse du fût vient contribuer à l'assise du morceau. Le risque principal serait que le centre-grave du tom vienne masquer la fondamentale de la grosse caisse. Une application de

ce placement inviterait à être dosé avec parcimonie, pour éviter un masquage trop important des autres fûts. Une saturation est ici liée à une surcharge mécanique de la capsule. Cette dernière est sûrement causée par une excursion trop importante de la peau. La dynamique perçue par le géophone est ici à contrôler grâce à des traitement dynamique — de compression.

### Bilan sur l'apport esthétique du géophone

Le principal intérêt esthétique du géophone est sa capacité à restituer des subharmoniques n'existant pas dans la prise de son standard des fûts, par voie aérienne. Bien qu'il existe des techniques pour obtenir de telles fréquences au niveau de la captation grosse caisse, il est beaucoup moins évident d'obtenir une telle sensation de corps pour les fûts positionnés à la verticale, comme la caisse claire ou le tom basse. Les extrêmes graves sont le plus souvent associés à une sensation tripale. Il s'agit d'ailleurs de fréquences qui destituent la prise de son d'une potentielle transparence. Ces fréquences sont majoritairement utilisées dans les productions de musique électronique, de rap, où l'enjeu esthétique n'est pas de restituer un timbre naturel des sources acoustiques enregistrées. Le géophone aurait donc sans doute une application dans ces styles musicaux.

### 4.3.2. Le stéthoscope

N'ayant aucun système d'accroche particulier, le capteur était fixé à même le fût grâce à un adhésif — type gaffeur. Bien qu'il s'agisse d'un biais évident, une vigilance accrue était portée sur la qualité de fixation, afin d'éviter au maximum les sons parasites provoqués par le système d'accroche. Le microphone Shoeps pointait toujours dans une direction opposée au kit batterie. Par réjection de l'onde arrière de la directivité cardioïde, ce positionnement a permis de limiter d'une manière alternative les fuites sonores au niveau de l'adaptateur de tuyauterie. L'adaptateur était lui-même calfeutré avec du gaffeur.

#### Prise 1 : Caisse claire, peau de frappe



Ce placement renforce essentiellement les médiums, de 500 à 1000Hz. Une longue résonance vient masquer les harmoniques aigües du timbre de la caisse claire. La résonance solidienne peut s'apparenter à une réverbération à temps assez long, venant prolonger la frappe.

#### Prise 2 : Caisse claire, accastillage



Les sonorités apportées par le stéthoscope ont ici un rendu s'approchant de l'effet « téléphone », très coloré dans le médium. La caisse claire obtient ainsi une coloration agressive pouvant s'apparenter à l'esthétique gravitant autour du punk. Il serait intéressant de pousser plus loin ce type de captation en utilisant des effets relatifs à la distorsion. La reprise de la grosse caisse est importante.

### Prise 3 : Grosse caisse, peau de résonance



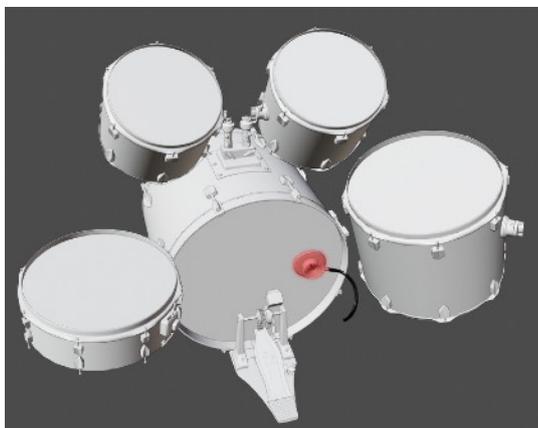
Un bruit de saturation très marqué dans l'aigu s'entend lors de la prise, s'apparentant à un son de « ressort ». Il peut s'agir d'une erreur de fixation du stéthoscope sur la peau, ou d'une vibration mécanique trop importante. Le décollage très bref du gaffeur — adhésif — à chaque frappe est également une cause plausible. La caisse claire est très présente dans la reprise.

### Prise 4 : Grosse caisse, accastillage, côté résonance



Bien que placé sur la grosse caisse, ce placement présente une fort maintien de la résonance de la caisse claire au niveau de la reprise. Un effet bouché, comme contenu dans une boîte, peut être associé à l'apport esthétique de ce positionnement de capteur. La longue résonance induit un effet de masque relativement important.

### Prise 5 : Grosse caisse, peau de frappe



La résonance de la grosse caisse captée au stéthoscope est ici très marquée. Sa longueur vient agir en tant qu'effet de masque sur l'ensemble du kit batterie. La résonance de la caisse claire ressort également de façon très prononcée à travers la reprise. L'apport esthétique de ce placement semble réduit.

### Prise 6 : Grosse caisse, accastillage, coté frappe



Encore une fois, la résonance médium de la caisse claire ressort. En revanche, la reprise est ici homogène entre les différents fûts, ce qui attribue ici une nouvelle fonction au stéthoscope : une coloration globale. Le stéthoscope joue le rôle de liant entre les éléments de la batterie et colore l'intégralité du kit. Cet effet est accompagné d'une résonance et d'une légère distorsion. Ce placement pourrait apporter une coloration « vintage » à la prise de son d'un kit batterie au sein d'un projet esthétique qui le justifie.

### Prise 7 : Tom basse, peau de frappe



La reprise est très importante avec ce placement également, or le son capté ici n'apporte ni de coloration particulière, ni de maintien de résonance. A l'écoute de la piste seule, le kit sonne globalement très loin et bouché. Aucune application esthétique de ce placement ne semble se dégager.

### Prise 8 : Tom basse, accastillage



La résonance bas médium de la grosse caisse et de la caisse claire sont amplifiées par la reprise solidienne du tom. De plus, un grésillement assez long vient brouiller le haut médium à chaque frappe de tom. Il s'agit peut-être encore une fois d'une surcharge mécanique due à la vibration trop importante de la peau de résonance.

## Bilan sur l'apport esthétique du stéthoscope

La contribution esthétique et créative du stéthoscope se confronte à de nombreux biais. Tout d'abord, l'importante reprise et l'imperfection de la méthode de transduction constituent des biais considérables dans l'analyse des résultats. Il se peut que les extrêmes graves perçus lors de l'écoute directe à travers un stéthoscope n'aient pas été restitués à cause de l'étage microphonique ajouté. Cependant, une coloration très présente dans les médiums est à souligner. Celle-ci peut s'avérer particulièrement intéressante dans le cadre d'une coloration agressive de la caisse claire. De plus, la reprise du placement « grosse caisse, accastillage côté frappe » présente un intérêt notable en terme d'effet de coloration globale de l'ensemble de la batterie. Ce placement peut constituer une coloration « vintage » intéressante, dès la captation.

## *Conclusion*

Les résultats obtenus ont été particulièrement concluants pour le géophone, tant dans sa contribution au niveau de l'extrême grave que dans son maintien de la résonance. Le bilan s'avère plus discutable pour le stéthoscope. Ce dernier dégage tout de même une potentielle application esthétique en tant qu'effet de coloration globale, ou de coloration de caisse claire « agressive ». Il aurait été préférable de trouver méthode d'application du stéthoscope plus optimale que celle de Diego Stocco. Il est désormais nécessaire de soumettre ces analyses personnelles à un public « expert », qui viendra apporter une nouvelle écoute critique aux prises de son les plus pertinentes.

## 5. ÉCOUTE SOUMISE À UN PUBLIC

### 5.1 ELABORATION D'UN TEST

L'objectif est ici de soumettre certaines prises de son à l'écoute critique du public jugé « expert ». Il s'agit ensuite de comparer cet avis plus global à l'analyse personnelle réalisée plus haut (4.3). Le terme « expert » traduit le choix des sujets ayant passé l'expérience. Il s'agit uniquement d'élèves et de professeurs en Master, dans un secteur relatif aux métiers du son. Le test se déroule en deux étapes.

Une première étape consiste en une écoute comparative à l'aveugle de deux balances, réalisées à partir du même enregistrement de batterie. Une balance est uniquement constituée de microphones aériens tandis que l'autre inclue l'ajout d'un capteur solidien, correspondant à un placement donné. Les balances seront nommées anonymement A et B durant le test, sans corrélation directe entre la lettre et un type de balance. Les correspondances entre la lettre et le type de balance varient ainsi de façon aléatoire à chaque extrait. Afin d'éviter un test trop éprouvant, et recueillir l'analyse d'un maximum de sujets, seulement huit placements solidiens seront testés sur les seize enregistrés. Suite à l'écoute de chaque extrait, le sujet devra exprimer sa préférence esthétique entre les extraits, par une réponse fermée : A ou B. Ensuite, une question ouverte demandera d'exprimer en mots clés les différences perçues entre les deux versions. Ces différences peuvent être de toute sorte — dynamique, fréquentielle, niveau sonore, résonance, masquage, etc. Suite à ces réponses, une analyse lexicale sera menée, ainsi qu'un calcul de pourcentages.

Une seconde étape, à dimension pratique, invite le sujet à placer lui-même la composante sonore solidienne dans la balance de prise de son aérienne, au niveau sonore de son choix. Il n'est aucunement renseigné qu'il s'agit d'un capteur solidien ajouté dans une balance standard, le test est encore une fois réalisé à

l'aveugle. Devant le sujet, huit faders numérotés de 1 à 8 — anonymes — peuvent être ajoutés dans la balance. Chaque fader correspond à un placement solidien analysé durant le premier test, à la différence près qu'ils ne sont pas dans le même ordre. Les faders 1 à 8 sont testés séparément. La position finale de chaque fader « solidien » sera reportée sur le bilan manuscrit du test d'écoute. Un niveau moyen de chaque placement solidien sera calculé suite à ce second test. Cette moyenne permettra d'évaluer l'intérêt d'un apport solidien à une balance aérienne standard. Cela permettra aussi de comparer la balance réalisée personnellement pour le premier test à la balance moyenne réalisée par le public expert.

## 5.2. RÉSULTATS DE TEST

### Premier test : écoute comparative

Durant ce test, huit extraits ont donc été écoutés. La comparaison entre la version A et B a été faite sans moment de silence. La comparaison alternait donc pendant la lecture, sans interruption, en raison de la subtilité de certaines variations. Le résultat est issu de 21 questionnaires remplis par les divers sujets de test. Le questionnaire vierge est disponible en annexe.

#### *Extrait 1 : Géophone sur l'accastillage de la grosse caisse, côté peau de résonance*

La version A, correspondant à la balance solidienne, a été choisie à 57%, tandis que 38% ont choisi la balance aérienne. 5% ne se sont pas prononcés. Une majorité des sujets (13 sur 21) ont déclaré avoir trouvé le son aérien plus mat, ou sec. L'extrait solidien était caractérisé par son gain dans le grave, mentionné à plusieurs reprises, ainsi que sa résonance prononcée. L'extrait solidien a sans doute été choisi pour sa rondeur de grosse caisse. Par opposition, le son mat de la version aérienne a sans doute été appréciée pour sa clarté.

### *Extrait 2 : Géophone sur la peau de résonance de la caisse claire*

67% du panel d'experts a émis une préférence pour la balance aérienne, tandis que la balance solidienne a été choisie à 28%. Encore une fois, 5% des sujets n'ont pas répondu à la question préférentielle. Cette fois-ci, la balance incluant le géophone était qualifiée de brouillée, masquante. La balance aérienne a de ce fait sûrement été choisie pour son rendu clair, et précis. Certains sujets ont tout de même ressenti une sensation tripale liée aux extrêmes graves, apportés par le géophone. D'autres avaient l'impression qu'un souffle de basses suivait chaque frappe de caisse claire.

### *Extrait 3 : Géophone sur l'accastillage du tom basse*

Cet extrait a provoqué plus d'indécision. Alors que 19% n'ont exprimé aucune préférence, 33% ont préféré la balance standard. La balance incluant le géophone a été choisie à 48%. Cette dernière a essentiellement été qualifiée de résonnante par rapport à une balance plus classique. L'opposition entre l'esthétique naturelle — aérienne — et l'effet — solidien — a été mentionnée par 25% des sujets. L'indécision est ici sûrement due au jeu épars du tom basse, qui n'aide pas à l'écoute à l'aveugle. Beaucoup de sujets ont demandé de rejouer l'extrait une seconde fois. Il s'agit sûrement ici d'une différence trop subtile à analyser étant donné que le tom basse est mis en arrière plan dans le motif rythmique. Il aurait été intéressant de prévoir un jeu favorisant davantage ce fût, plutôt que de le traiter comme un support rythmique épars.

### *Extrait 4 : Stéthoscope sur l'accastillage de la grosse caisse, côté peau de frappe*

La balance incluant le stéthoscope a ici été qualifiée de bouchée, noyée dans la résonance, par la majorité des sujets. Cela explique sûrement pourquoi seulement 14% ont choisi la balance solidienne. La balance aérienne était de ce fait jugée

très souvent plus claire et ouverte. Elle a ainsi été choisie à hauteur de 76%. 10% du public n'a pas affirmé de préférence particulière.

*Extrait 5 : Géophone sur l'accastillage de la grosse caisse, côté peau de frappe*

Tous les sujets ont émis une préférence durant cet extrait. 67% ont préféré la balance solidienne par rapport à la balance aérienne, choisie à 33%. Le géophone apportait ici une sensation de punch, liée à sa lourdeur dans l'extrêmes graves. Les sujets ayant apprécié l'extrait solidien ont souvent qualifié le rendu sonore d'atypique ou encore d'impactant. L'impression d'impact est probablement apportée par la vibration du corps provoquée par la coloration du bas du spectre. De plus, écouter à fort niveau sonore augmente la sensation tripale.

*Extrait 6 : Stéthoscope sur peau de résonance de la caisse claire*

La balance standard à été choisie à 57% pour sa clarté et sa précision, qui semblait manquer dans l'enregistrement solidien. 38% l'ont tout de même choisi pour la coloration de la caisse claire, souvent qualifiée d'agressive. Plusieurs sujets lui ont trouvé une application favorable pour un style Punk/Rock. Les résultats de cette écoutes sont sans doute mitigés car il s'agit ici de préférence musicale pure. Contrairement à certains extraits où le solidien peut sonner comme une erreur technique à corriger, le stéthoscope vient ici colorer la caisse claire à la manière d'une intention de mixage, ce qui laisse plus de place à une subjectivité.

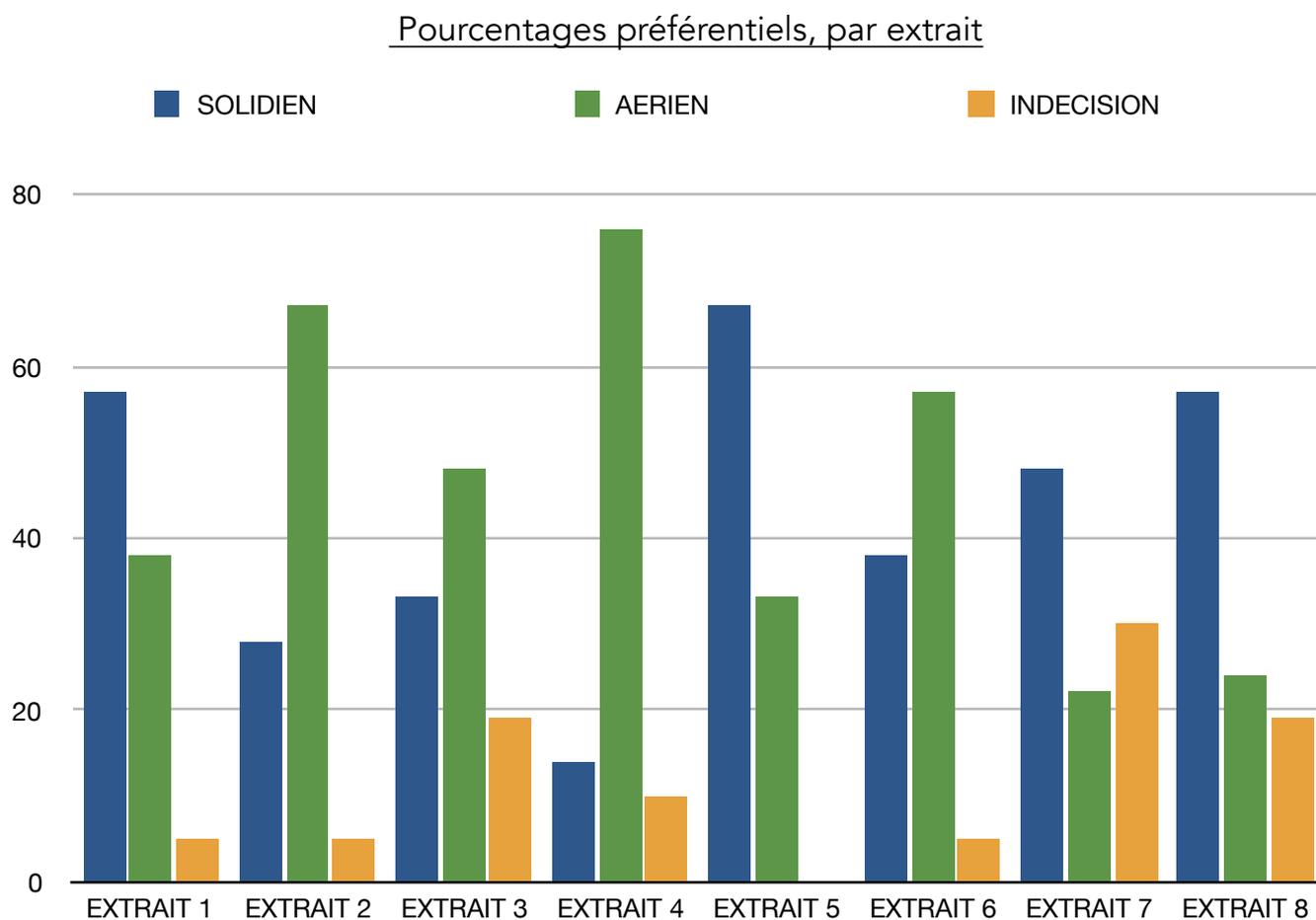
*Extrait 7 : Géophone sur peau de frappe de la caisse claire*

Les différences entre les versions A et B étaient sans doute trop subtiles, puisqu'assez peu de différences ont été remarquées. 30% n'ont pas ressenti de différence, et n'ont donc pas émis de préférence. L'extrait solidien a été choisi à 48% pour son gain de subharmoniques. A la manière de l'extrait 5, l'intensité sonore élevée durant l'écoute critique, ainsi que le gain dans le bas du spectre

doit provoquer une sensation tripale qui peut devenir satisfaisante. De ce fait, en passant sur de plus petites écoutes (Yamaha NS-10), la différence devient nettement plus subtile.

#### Extrait 8 : Géophone sur la peau de résonance du tom basse

57% des sujets ont choisi le solidien, en notant des graves plus profonds et une sensation de rondeur dans le tom grave capté au géophone. 24% ont déclaré préférer l'aérien pour son côté épuré, et sec, tandis que 19% ne se sont pas prononcés. Encore une fois la comparaison ici est faussée par le jeu de tom, qui est assez rare. Cependant, le tom vient participer ici à la coloration de tout le kit dans le grave, et il se peut que certains sujets aient choisi la version solidienne car la reprise venait amener de la rondeur et du maintien dans le grave à tous les fûts. Encore une fois, cette différence perceptive, assez subtile, est susceptible d'être inaudible sur un support d'écoute ne descendant pas assez dans l'extrême grave.



## Deuxième test

Durant ce test, les sujets avaient la possibilité d'agir directement sur les faders. Sans avoir connaissance de ce sur quoi ils avaient la main, il leur était possible d'ajouter une composante sonore solidienne à une balance standard — par prise de son aérienne. La possibilité de ne pas du tout utiliser le fader n'étant pas omise, certains positionnement se situent à l'infini négatif. Dans le but de pouvoir calculer un niveau moyen, nous fixerons un seuil à -40dBFS. A partir de ce seuil, aucune différence sonore n'est perceptible pour chacun des extraits, les niveaux inférieurs seront donc ramenés à cette valeur pour calculer un niveau moyen de chaque placement solidien. Pour chaque placement de capteur solidien, un diagramme de niveau reporte le niveau moyen intégré dans la balance aérienne par les sujets, en rouge. Un indicateur bleu fait référence à mon niveau fixé dans la balance aérienne, et utilisé pour les écoutes comparatives du premier test. La barre jaune représente l'étendue entre les réponses les plus hautes et les plus basses. Le diagramme de niveau est disponible à la page 74 (figure 10) :

1. Nous pouvons constater que la position du **géophone sur l'accastillage de la grosse caisse — côté frappe** — présente l'étendue la plus faible, et qu'aucun sujet n'a placé cette position à l'infini négatif. Comme durant le premier test, ce placement semble avoir été apprécié pour sa sensation tripale et l'impact qu'il apporte à la balance. Son effet de masque est nettement moins prononcé que d'autres extraits, ce qui explique sûrement le fait que tous les sujets ont souhaité le placer.

2. Le choix d'utilisation du **géophone sur l'accastillage de la caisse claire — côté résonance** — est ici plus mitigé parmi les sujets. Mon niveau de balance est d'ailleurs nettement plus élevé que leur moyenne. Cela s'explique en grande partie par l'écoute comparative à l'aveugle, dans lequel le niveau doit être légèrement exagéré, pour être perçu au-dessus de l'effet de masque par tous les sujets.

3. **Le stéthoscope sur l'accastillage de la caisse claire** a soit été apprécié pour sa coloration agressive, soit délaissé en raison de la résonance qu'il apporte. L'étendue des réponses est assez prononcée, laissant place à beaucoup de subjectivité. Les sujets aimant un style Punk/Rock ont préféré l'utiliser.

4. La sonorité du **géophone sur la peau de résonance de la caisse claire** a suscité beaucoup d'étonnement. Cela pouvait donner l'impression d'ajouter des frappes de grosses caisses à chaque frappe de caisse claire. Son utilisation a été très variée, plusieurs personnes ne l'ont pas employé pour ne pas assourdir la balance.

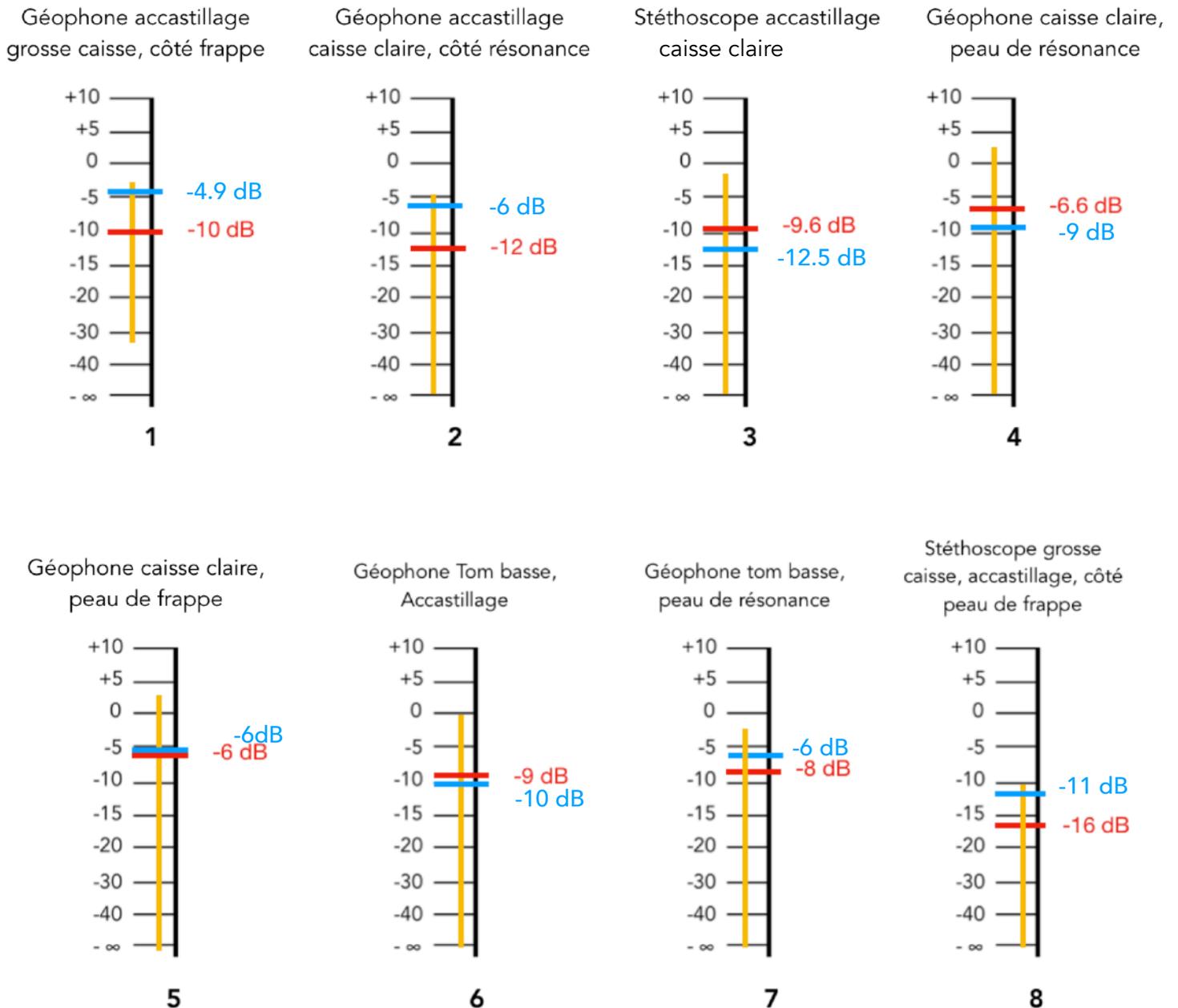
5. **Le géophone sur la peau de la frappe de la caisse claire** présente la plus grande étendue de réponse. L'amplification de la note fondamentale a parfois été appréciée pour son impact. Autrement, les sujets ne montaient pas son niveau pour éviter l'apport d'un son sourd sur la frappe.

6. **Le géophone sur l'accastillage du tom basse** a beaucoup été qualifié d'effet, parfois apprécié pour sa fonction mélodique induite par la reprise de tous les fûts. Certains sujets ne l'utilisaient pas pour ne pas dégrader la transparence du timbre de la batterie.

7. La balance du **géophone sur la peau de résonance du tom basse** a été plus complexe à effectuer. Les sujets ne se rendaient pas compte de ce qui était modifié dans la balance avant la première frappe de tom, très prononcée dans les basses. L'extrait devait souvent être joué en boucle pour permettre de fixer un niveau convenable.

8. **Le stéthoscope sur l'accastillage de la grosse caisse — côté frappe —** a été peu apprécié pour sa résonance masquante. Il correspond au niveau moyen le plus bas. Le niveau moyen des sujets est d'ailleurs inférieur de 5 dB à mon niveau réalisé pour le premier test.

Figure 10, Diagramme de niveau en dBFS, réponses du second test



Avec n le nombre de sujet = 21, moyenne =  $10 \log ((10^{(L1/10)}+10^{(L2/10)}+\dots+10^{(Ln/10)})/n)$

- Niveau moyen du public expert, test 2
- Etendue des réponses
- Niveau personnel, balance du test 1

## Conclusion des tests

La diversité des résultats rend bien compte de la subjectivité mise en jeu dans cette méthodologie expérimentale. Une caractérisation esthétique fera forcément face aux préférences de chaque sujet. Malgré tout, les questions ouvertes ont permis de confirmer certaines caractérisations effectuées par analyse personnelle. Certains aspects de la réalisation auraient pu être améliorés. Le motif rythmique était notamment trop centré sur la grosse caisse et la caisse claire. La rareté de jeu du tom basse a complexifié l'analyse de son rendu sonore solide. Malgré le nombre assez réduit de sujet, certaines tendances se dessinent, notamment par analyse lexicale.

Le géophone est le plus souvent associé à une sensation tripartite, par coloration de l'extrême grave. Il maintient également le temps de résonance, et amplifie cette dernière. Cette amplification de la résonance peut également générer un effet de masque conséquent. Le placement du géophone sur l'accastillage de la grosse caisse, côté peau de frappe, est le positionnement le plus apprécié dans les deux tests. Le stéthoscope s'est avéré être plus complexe à prendre en main. Nous pouvons cependant noter, dans cette configuration, une coloration marquée de ce transducteur dans l'octave d'agressivité, situé de 2000 à 4000 Hz.

## 6. Conclusion générale et perspectives

La travail de recherche mené en amont a permis de mieux appréhender l'application de la conduction solidienne à la prise de son de batterie. La documentation autour de l'écoute solidienne a éclairci les enjeux de ce mode perceptif limité. A la manière de l'écoute, l'étude des capteurs solidiens comme le stéthoscope et le géophone a identifié plus clairement leurs contraintes techniques. Leur bande passante centrée dans le grave nous a donc permis de concentrer leur application pratique autour des fûts.

Les enregistrements préliminaires ont démontré que leur application était la plus riche pour trois fûts : la grosse caisse, la caisse claire et le tom basse. La réalisation pratique nous a permis de rendre compte de l'apport esthétique de ses outils pour ces fûts. Après avoir mis en parallèle l'analyse personnelle et celle du public expert, l'étude révèle que certaines tendances esthétiques se dessinent.

La contribution du géophone peut se caractériser par sa rondeur, sa résonance grave et la sensation tripale qu'il apporte, notamment sur la grosse caisse. Le stéthoscope présente quant à lui une coloration plus agressive, proche de l'effet téléphone.

En guise de perspective, la résonance masquante présente sur la plupart des enregistrements solidiens se doit d'être traitée de façon analogue à la captation de proximité standard, par compression ou traitement fréquentiel. De plus, l'application du stéthoscope se confronte à l'absence d'électricité dans sa chaîne de transduction. Une solution serait sans doute le stéthoscope numérique, incluant un étage électrique et une conversion analogie-numérique. Enfin, la subjectivité impliquée dans l'analyse esthétique mériterait de réaliser des tests d'écoutes sur un plus grand nombre de sujets, afin d'affirmer plus précisément les tendances qui se dégagent.

# Bibliographie

## LIVRES ET ARTICLES

**BLAUERT, J.; ELS, H.; SCHORETER, J.** *A Review of the Progress in External Ear Physics Regarding the Objective Performance Evaluation of Personal Ear Protectors.* Proceedings of INTERNOISE 80, Florida, 653-658, 1980

**CARILLO, K.; DOUTRES, O; SGARD, F.** *L'effet d'occlusion : quand la perception de notre propre voix nous dérange,* Substance, actualité scientifique et innovation de l'ÉTS, 2020.

**Dirks, D.; Kamm, C.** *Bone-Vibrator Measurements: Physical Characteristics and Behavioral Thresholds.* Journal of Speech and Hearing Research 1975, 18, 242-260.

**EARGLE J.** *The microphone book, 2nd edition,* Focal Press 2004.

**EMERICK, G.** *En studio avec les Beatles,* Le Mot et le Reste, Arles, 2011.

**FLETCHER, N.H.; ROSSING, T.D.** *The Physics of Musical Instruments.* Springer Verlag, deuxième édition, 1998.

**GALAND, A.** *Field recording: l'usage sonore du monde en 100 albums,* Le Mot Et Le Reste, 2012.

**GELFAND, S.A.** *Hearing : An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics,* sixième édition, Taylor & Francis Group, 2018.

**HENRY, P.; LETOWSKI, T.R.** *Bone Conduction: Anatomy, Physiology, and Communication,* Army Research Laboratory, Mai 2007.

**HONS, M.S.** *Seismic sensing: Comparison of geophones and accelerometers using laboratory and field data,* Université de Calgary, Thèse 2008.

- KILLION, M.; WILBER, L.; GUDMUNDSEN, G.** *Zwislocki was Right...A Potential Solution to the "Hollow Voice" Problem of the Amplified Occlusion Effect with Deeply Sealed Earmolds.* Hearing Instruments 1988, 39, p.14-18.
- LAENNEC, T.H.** *De l'auscultation médiate*, 1819.
- LAMY L.** *Submersion. Explorer l'expérience de la noyade par l'installation sonore,* mémoire de master, ENS Louis-Lumière, département Son, 2020.
- LOWRIE, W.** *Fundamentals of geophysics,* Cambridge University Press., 1997, p. 175-185.
- LYBARGER, S.** *Interim Bone Conduction Thresholds for Audiometry.* Journal of Speech and Hearing Research 1966, 9, p.483-487.
- MASSY S., JOHNSON C.** *Recording Unhinged.* Hal Leonard Corporation, 2015.
- MERCIER, D.** *Le livre des techniques du son Tome 1,* Paris, Fréquences, 1987, 4e réed. Paris, Dunod, coll. Audio-Photo-Vidéo, 2018.
- MOODY D., OWINSKI B.,** *The Drum Recording Handbook, Second Edition,* 2000.
- NIEMOLLER, A.** *Complete Guide for the Deafened;* New York (NY): Harvest House, 1940.
- ROGUIN A.** *Rene Theophile Hyacinthe Laënnec (1781-1826): the man behind the stethoscope.* Clin Med Res. 2006
- SHARAPOV, V.** *Piezoceramic sensors,* Springer, 2011.
- STERNE, J.** *Une histoire de la modernité sonore,* Paris, La Découverte, 2015.
- WAGNER, A.** *Analysis of Drumbeats – Interaction between Drummer , Drumstick and Instrument.* Thèse de Master, Université KTH, 2005.

OEUVRES, INSTALLATIONS SONORES, DOCUMENTATION AUDIO-VISUELLE

**ANDERSON, L.** *The Handphone Table*, MoMA, 1978.

**BARRAS, V.** *Dispositifs du corps sonore : clinique de l'auscultation de 1820 à 1950*, audioconférence, 2011.

**BORY, A.** *Cie 111, PLEXUS*, 2012

**LOM Audio**, site internet : <https://lom.audio/>, consulté en mars 2021.

**MAYSUN**, *LOM Geofón, Plaits Freqlock alt firmware & Drums I MAYSUN - Sound Exploration*, <https://youtu.be/oLy2FgRzyrc>

**RISSE, M.** *Borderliner*, Compagnie Décor Sonore, 2014-2015

**RISSE, M.** *Instrument | Monument*, Compagnie Décor Sonore, 2004

**STOCCO, D.** *Music from a Tree*, 2009.

**WALLENBERG, N.** *Crushed Drums with Contact Mics, Tape, and Compression I Reverb Experimental Recording Techniques*, <https://youtu.be/6Oq6gPkihmk>

<b>Geophone</b>	
<b>Frequency response</b>	10 Hz – 1000+ Hz
<b>Impedance</b>	3500 $\Omega$
<b>Resonant frequency</b>	14 Hz
<b>Open-circuit sensitivity</b>	80.0 V/m/s
<b>Cable</b>	1.5m, robust polyurethane jacket, shielded
<b>Output</b>	XLR-3M balanced, gold-plated black Neutrik connector

Spécifications techniques du géophone de LÖM Audio, disponible sur site fabricant.



Découpage stéthoscope et adaptateur de tuyau d'arrosage

# QUESTIONNAIRE

Age :

Profession :

Avez-vous déjà participé à un enregistrement de batterie ?  Oui  Non

Avez-vous (eu) une pratique régulière de la batterie ?  Oui  Non

## 1. À chaque écoute, vous devrez comparer deux versions, A et B :

### Extrait 1

Quelle est votre préférence esthétique ?      A     B

Quelles différences avez-vous principalement ressenties entre A et B ?

---

---

---

### Extrait 2

Quelle est votre préférence esthétique ?      A     B

Quelles différences avez-vous principalement ressenties entre A et B ?

---

---

---

### Extrait 3

Quelle est votre préférence esthétique ?      A     B

Quelles différences avez-vous principalement ressenties entre A et B ?

---

---

Extrait 4

Quelle est votre préférence esthétique ?      A     B

Quelles différences avez-vous principalement ressenties entre A et B ?

---

---

---

Extrait 5

Quelle est votre préférence esthétique ?      A     B

Quelles différences avez-vous principalement ressenties entre A et B ?

---

---

---

Extrait 6

Quelle est votre préférence esthétique ?      A     B

Quelles différences avez-vous principalement ressenties entre A et B ?

---

---

---

Extrait 7

Quelle est votre préférence esthétique ?      A     B

Quelles différences avez-vous principalement ressenties entre A et B ?

---

---

---

Extrait 8

Quelle est votre préférence esthétique ?

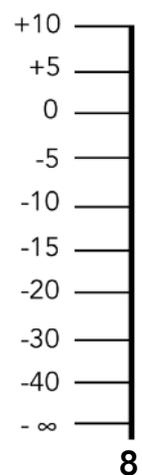
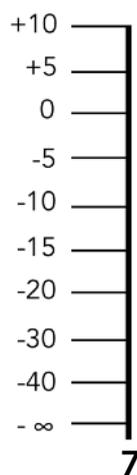
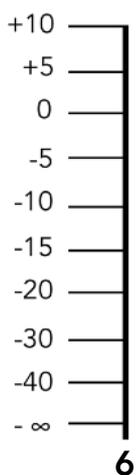
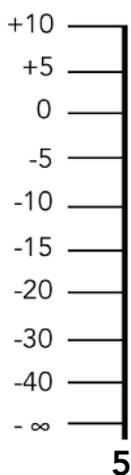
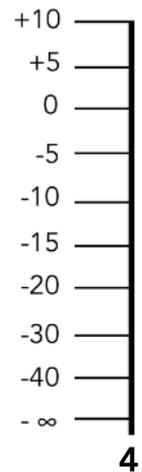
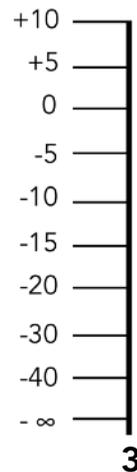
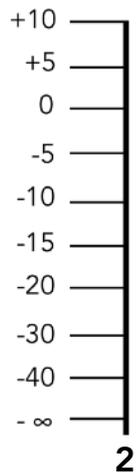
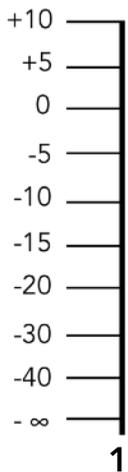
Quelles différences avez-vous ressenti entre A et B ?

---

---

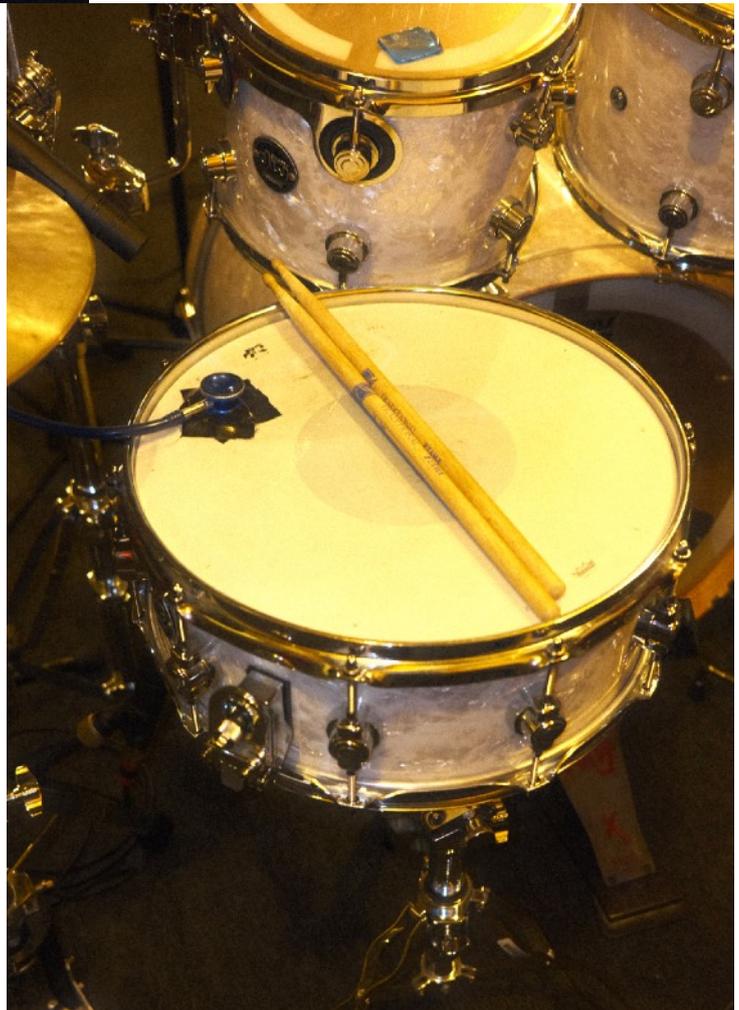
---

**2. Huit extraits vous sont proposés, réglez à votre préférence le fader dans la balance de prise de son, un fader à la fois, indiquez son emplacement pour chaque extrait :**





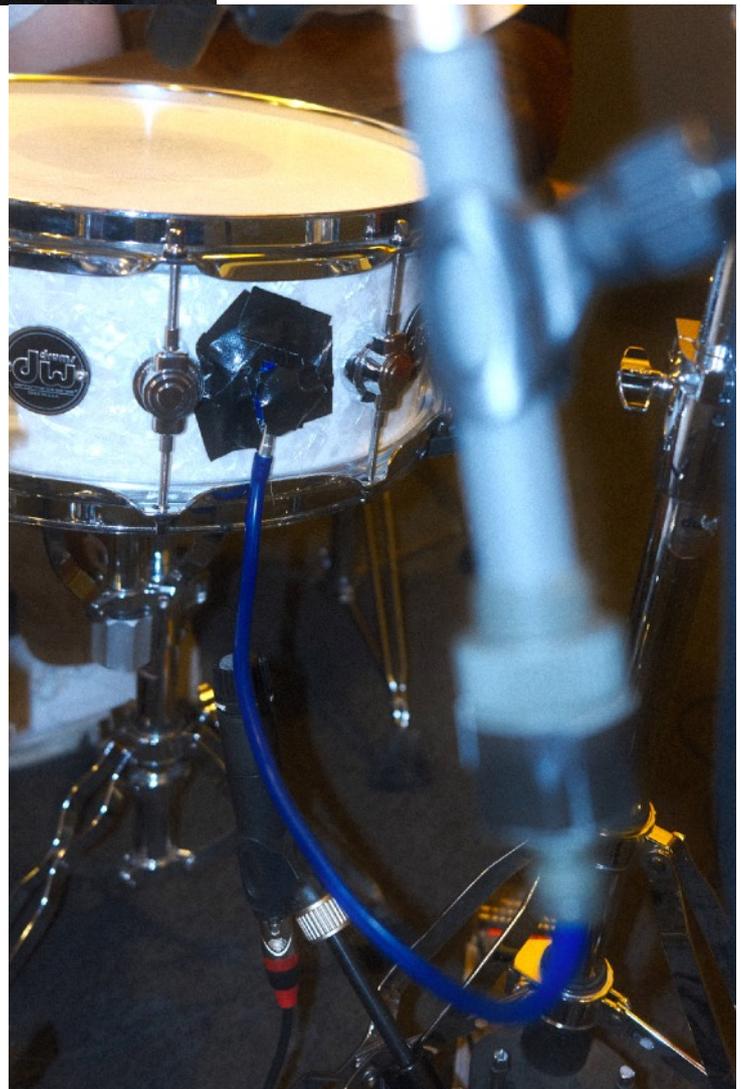
Géophone sur l'accastillage de la grosse caisse, côté peau de frappe



Stéthoscope sur la peau de frappe de la caisse claire



Géophone sur l'accastillage de la grosse caisse, côté peau de résonance.



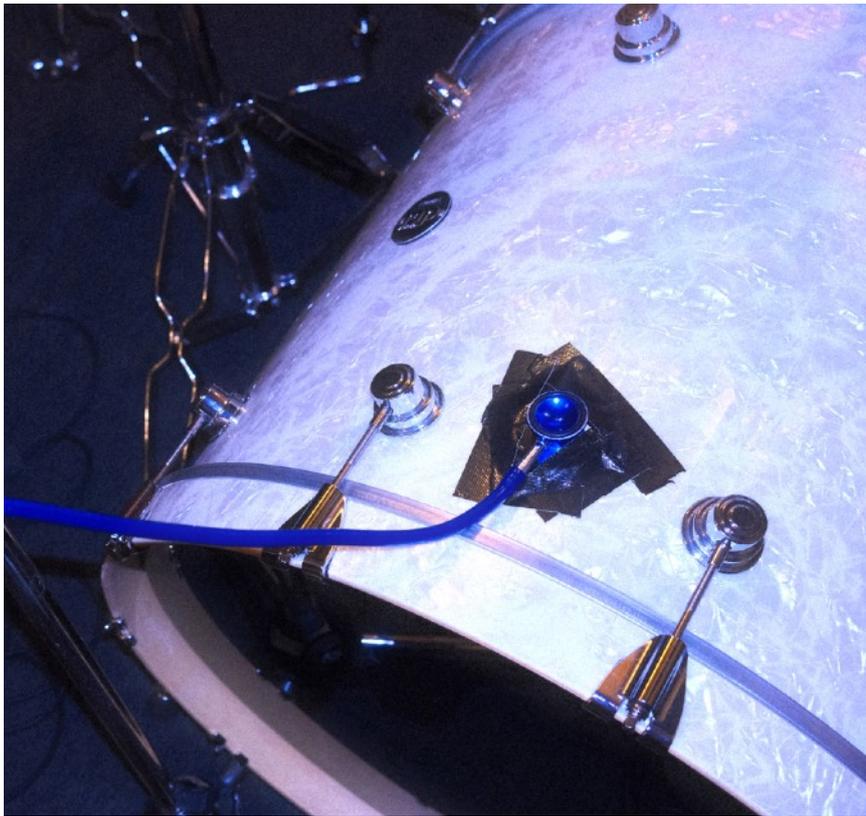
Stéthoscope sur l'accastillage de la caisse claire



Géophone sur la peau de résonance de la caisse claire (timbre)



Stéthoscope sur la peau de résonance de la grosse caisse



Stéthoscope sur l'accastillage de la grosse caisse, côté peau de résonance



Géophone sur la peau de frappe du tom basse



Géophone sur la peau de frappe de la caisse claire



Géophone sur la peau de résonance du tom basse