

Université de Montréal

**Conception et développement d'une guitare augmentée à des fins
compositionnelles**

par
Guillaume Barrette

Département de musique
Faculté de musique

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de Maître ès musique (M.Mus.)
en composition - option musiques de création

Janvier, 2015

© Guillaume Barrette, 2015.

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé:

**Conception et développement d'une guitare augmentée à des fins
compositionnelles**

présenté par:

Guillaume Barrette

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes:

Robert Normandeau,	président-rapporteur
Jean Piché,	directeur de recherche
Nicolas Bernier,	membre du jury

Mémoire accepté le:

RÉSUMÉ

Ce mémoire présente l'élaboration d'une guitare augmentée et différentes techniques de traitement électroacoustique dans le but d'étendre mon langage compositionnel. Trois œuvres ont été composées et j'ai conçu différents systèmes de traitement et de générations sonores basés sur des dispositifs électroniques et informatiques.

Les systèmes électroniques sont formés de différents capteurs et émetteurs sur l'instrument afin de permettre de nouvelles techniques de jeu. Ces systèmes comportent des capteurs piézoélectriques, de pressions, de mouvements et de capacitance. De plus, un système d'entretien continu sous les cordes a été fabriqué.

Des logiciels ont été spécialement conçus pour l'instrument en plus d'un micrologiciel pour le microcontrôleur intégré à celui-ci. Ce dernier recueille et convertit les données des différents capteurs pour les transmettre à l'ordinateur en plus de contrôler directement le système d'entretien des cordes. Les logiciels sont contrôlés par les données des différents capteurs et sont utilisés pour déclencher des trames fixes et traiter le son de l'instrument par des algorithmes de traitement du son.

Mots clés : hyper-instrument, interactif, capteurs, composition, musique, électroacoustique.

ABSTRACT

This paper presents the development of an augmented guitar combined with different electroacoustic techniques in order to expand my compositional language. Three works were composed in addition to the processes involved in their production like the design of different processing and sound generation systems based on electronic and computer devices.

Electronic systems are built with different sensors and transmitters on the instrument in order to allow new and unconventional playing techniques. These are piezoelectric, pressure, movement and capacitance sensors. A hexaphonic magnetic string sustainer system was implemented below the strings.

The computer systems consists of specially designed softwares for the instrument, as well as firmware for its integrated microcontroller. The firmware collects and converts the data from the various sensors and transmits it to the computer in addition to directly controlling the sustainer system. As for the softwares, it was developed to control the various sensors and to initiate the playback of samples. It also integrates the sound processing algorithms.

Keywords: hyperinstrument, interactive, sensors, composition, music, electroacoustic.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	vii
TABLE DES MATIÈRES	ix
LISTE DES TABLEAUX	xv
LISTE DES FIGURES	xvii
LISTE DES ANNEXES	xix
LISTE DES SIGLES	xxi
NOTATION	xxiii
DÉDICACE	xxv
REMERCIEMENTS	xxvii
INTRODUCTION	1

CHAPITRE 1 : LES INSTRUMENTS AUGMENTÉS	5
1.1 Introduction : Définition et fonctionnement	5
1.2 Quelques exemples d'instruments augmentés	7
1.2.1 Bert Bongers & Gil Wasserman	9
1.2.2 <i>MAD</i> — John Robert Ferguson	9
1.2.3 <i>TaurEX</i> — Kevin Patton	10
1.2.4 Otso Lähdeoja	11
CHAPITRE 2 : ÉLABORATION DE LA GUITARE	13
2.1 Motivation	13
2.2 Approche personnelle de la guitare augmentée	14
2.3 L'aspect sonore	15
2.4 Lutherie	16
2.5 Choix des capteurs	19
CHAPITRE 3 : DÉVELOPPEMENT ÉLECTRONIQUE	25
3.1 Systèmes commerciaux vs système personnel	25
3.2 Le microcontrôleur	26

3.3	Les capteurs	27
3.3.1	Accéléromètre	27
3.3.2	Microphones	29
3.3.3	Capteur de pression à l'arrière du manche (<i>FSR</i>)	35
3.3.4	Capteur capacitif	36
3.4	Système électromagnétique d'entretien des cordes (<i>SEEC</i>)	40
3.5	Conception de la chaîne électronique reliant le tout	43
CHAPITRE 4 : DÉVELOPPEMENT LOGICIEL		45
4.1	Langage et déroulement du micrologiciel	45
4.2	Traitements audionumériques	46
4.3	Stratégie de conception et particularités du logiciel maître	48
CHAPITRE 5 : COMPOSITIONS MUSICALES		49
5.1	Introduction	49
5.2	Sources sonores	49
5.3	Aspect interprétatif	51
5.4	<i>Résurgence</i>	52

5.4.1	Description	52
5.4.2	Matériaux	53
5.4.3	Logiciel	53
5.4.4	Structure compositionnelle de l'œuvre	54
5.5	<i>Synergie</i>	58
5.5.1	Introduction	58
5.5.2	Improvisation	59
5.6	<i>Synergie I</i>	59
5.6.1	Description	59
5.6.2	Matériaux	60
5.6.3	Logiciel	60
5.6.4	Structure compositionnelle de l'œuvre	62
5.7	<i>Synergie II</i>	67
5.7.1	Description	67
5.7.2	Matériaux	67
5.7.3	Logiciel	68
5.7.4	Structure compositionnelle de l'œuvre	69

CONCLUSION	75
BIBLIOGRAPHIE	77
GLOSSAIRE	83

LISTE DES TABLEAUX

2.I	Tableau des capteurs sur la guitare	20
3.I	Caractéristiques du kit de développement	27

LISTE DES FIGURES

1.1	Le mappage	6
1.2	Exemples d'instruments augmentés	8
1.3	Bongers/Wasserman	9
1.4	J. R. Ferguson - <i>MAD</i>	9
1.5	K. Patton - <i>TaurEx</i>	10
1.6	O. Lähdeoja	11
2.1	Construction de la guitare	18
2.2	Position des capteurs sur la guitare	23
3.1	Systèmes commerciaux d'augmentation	25
3.2	STM32F4DISCOVERY	26
3.3	Effet des cordes sur le champ magnétique d'un <i>pickup</i> ¹	30
3.4	<i>Ibanez True-Duo</i> ²	31
3.5	Circuit et graphique exprimant l'action d'un FSR	36
3.6	<i>Thérémine</i>	37
3.7	Système <i>Touché</i>	38

3.8	<i>Touché</i> version avec sortie <i>PWM</i>	39
3.9	Chaîne électronique du fonctionnement du <i>SEEC</i>	42
3.10	Filtre <i>RC</i>	42
3.11	Chaîne électronique	44
5.1	<i>Résurgence</i> : Structure compositionnelle	55
5.2	Motif en ostinato rythmique	57
5.3	<i>Synergie I</i> : Structure compositionnelle	63
5.4	Fichier fabriqué pour l'effet par convolution	68
5.5	<i>Synergie II</i> : Structure compositionnelle	69

LISTE DES ANNEXES

Annexe I :	Contenu du support USB	.xxix
Annexe II :	Partitions	.xxxii
II.1	<i>Résurgence</i>	xxxii
II.2	<i>Synergie I</i>	liii
II.3	<i>Synergie II</i>	lxiii

LISTE DES SIGLES

ADC	Convertisseur analogique-numérique (Analog to digital converter)
DAC	Convertisseur numérique-analogique (Digital to analog converter)
DIN	Deutsches Institut für Normung
DMA	Accès direct à la mémoire (Direct Memory Access)
FFT	Transformation de Fourier rapide (Fast Fourier Transform)
FSR	Résistance sensible à la force (Force Sensitive Resistor)
HPF	Filtre passe-haut (High-Pass Filter)
KD	Kit de Développement
LC	Bobine d'inductance - Condensateur
LPF	Filtre passe-bas (Low-Pass Filter)
MIDI	Musical Instrument Digital Interface
PWM	Modulation de largeur d'impulsion (Pulse Width Modulation)
OSC	Open Sound Control
RC	Résistance - Condensateur
RX	Réception
SEEC	Système électromagnétique d'entretien des cordes
TX	Transmission

NOTATION

°	Degré
F	Farad
H	Henry
Hz	Hertz
g	Gramme ou Accélération relative à la chute libre
Ω	Ohm
V	Volt

À mes grands-parents

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de recherche, Jean Piché, pour la confiance qu'il m'a accordée, en plus de son soutien et ses conseils tout au long de ma démarche. Merci d'avoir su me concéder la liberté nécessaire à l'accomplissement de ce projet de recherche, tout en y gardant un œil critique et avisé.

Je remercie mon père, Claude Barrette, et mon oncle, Luc Béland, pour leurs conseils sur le façonnement du bois lors de la construction de ma guitare en plus de m'avoir permis une grande liberté quant à l'utilisation de l'atelier et de leurs outils.

Merci à Marie-Ève LaBadie et Sylvie Moisan pour leur relecture, leurs commentaires et leurs suggestions afin de clarifier ma pensée. Un second merci à Marie-Ève pour son soutien, son aide et ses photos de concerts et de la guitare.

Mes remerciements vont également à mes confrères et amis du département de musique de l'Université de Montréal, de l'Université McGill et du CIRMMT pour cet environnement agréable, amical, créatif et inspirant. Un merci particulier à mes confrères du secteur électroacoustique pour tous les bons moments partagés, les discussions enrichissantes et l'ambiance chaleureuse.

Enfin, pour leur constant soutien, leurs encouragements et leurs conseils, je tiens à remercier chaleureusement ma famille. Merci Claude, Clara et Jessy.

INTRODUCTION

Au cours de l'évolution des technologies, les instruments de musique se sont perfectionnés afin d'améliorer leur sonorité ou de permettre de nouvelles techniques de jeu. Pendant longtemps, il n'exista que des instruments de type acoustique où le son était généré en transformant l'énergie mécanique produite par l'homme au moyen de procédés de mise en vibrations de corps solides. Ainsi, les recherches et expérimentations furent principalement centrées sur le domaine acoustique et mécanique de l'instrument.

L'avènement de l'électricité à la fin du 19^e siècle a donné un nouvel élan au développement d'instruments de musique en amenant la fabrication d'instruments électromécaniques. Ces derniers se caractérisent notamment par l'ajout d'un haut-parleur afin de remplacer la caisse de résonance. De plus, un capteur électromagnétique a été utilisé afin de transformer l'oscillation d'un système mécanique en courant électrique analogique. Cette avancée, en lien avec la captation d'un corps sonore et de sa diffusion, a conduit à une augmentation considérable de la puissance acoustique. Ainsi, en plus de permettre à de petits ensembles musicaux de jouer dans de plus grandes salles, cette technologie a permis le développement de nouveaux instruments de musique tels le telharmonium (1897), la guitare électrique (années 1930), l'orgue Hammond (1934), le piano électrique (années 1950), etc.

Fonctionnant aussi à l'électricité, les instruments électro-analogiques ont vu le jour au début du 20^e siècle. Ils se différencient du fait que le son est complètement produit par les composantes électroniques formant un circuit générant un signal électrique périodique. Ce circuit, nommé oscillateur, remplace le vibreur physique d'un instrument traditionnel. Le timbre et la hauteur du son se voient modifiés en

changeant la forme et la fréquence des oscillations. Avec cette méthode, les premiers synthétiseurs analogiques, tels que le thérémine (1920), les ondes Martenot (1928), etc., ont vu le jour.

Vers 1950, de nouvelles approches de création musicale utilisant l'électronique ont été initiées et ont donné naissance à la musique électroacoustique. Ce genre musical désigne toute musique dans laquelle l'électricité a été utilisée à l'enregistrement et/ou à la production sans simplement se limiter à l'utilisation du microphone ou de l'amplification (Landy, 1999). Les principales approches de ce courant sont la musique concrète et la musique électronique. La musique concrète a été initiée par le chercheur français Pierre Schaeffer en 1948. Elle se caractérise par le traitement et l'agencement de sons préalablement enregistrés sur support fixe. Quant à la musique électronique, cette dernière a vu le jour en Allemagne vers 1950, grâce au *Studio for Electronic Music* (WDR)³. Cette musique se caractérise par l'utilisation exclusive de moyens électroniques pour générer les sons. Son but était de découvrir de nouvelles sonorités et non d'essayer de reproduire des sons existants.

Avec l'arrivée de l'ère du numérique, des ordinateurs et de la microtechnologie, le développement des instruments utilisant l'électronique a pris de l'expansion. Ces technologies ont permis la conception de modules de traitement de signal très performants et peu onéreux, en plus de permettre une miniaturisation de leurs composantes. De ce fait, une nouvelle catégorie d'instrument a pu naître par l'hybridation de ces technologies avec des instruments acoustiques afin de former l'instrument augmenté.

La recherche dans le cadre de ce mémoire consiste en un approfondissement de ma réflexion compositionnelle alliant la conception d'une guitare augmentée

3. Composé de : Werner Meyer-Eppler, Robert Beyer, Fritz Enkel et Herbert Eimert

aux différentes techniques de composition électroacoustique. Ainsi, ce projet de recherche vise à approfondir les éléments compositionnels et technologiques mentionnés précédemment. Pour y arriver, la recherche a été divisée en deux phases distinctes. Tout d'abord, il y a la conception d'un instrument électromécanique avec ajout de différents systèmes de captation et de traitement du son basés sur des dispositifs électroniques et informatiques. Ensuite, une recherche compositionnelle élaborant de nouvelles techniques de jeu, tout en alliant différents principes de manipulation sonore en temps réel ou fixe empruntés à la musique électroacoustique, principalement en lien avec les méthodes de la musique concrète.

L'idée de créer un instrument hybride est de permettre l'élaboration de pièces musicales non conventionnelles pour cet instrument. Et ce, avec des outils offrant une méthode propice au jeu en temps réel. Ceci permet de garder la gestuelle de l'interprète plutôt qu'utiliser un système complètement automatisé.

Les techniques de composition liées à la musique concrète permettent une palette sonore riche et infinie. Ceci est dû à l'abondance des sons retrouvés dans la nature et à l'ensemble des techniques possibles de traitement audio. Cependant, la fixité des supports utilisés tels la bande magnétique, le CD, le DVD, les fichiers audionumériques, etc. laisse souvent très peu de place à l'interprétation en situation de concert. Bien que j'apprécie ces performances de diffusion sur orchestre de haut-parleurs, je crois qu'un jeu sur scène suscite davantage l'attention de l'auditeur et facilite l'assimilation et la compréhension de l'œuvre. Le fait de disposer d'un aspect visuel sur scène permet une meilleure corrélation entre le geste et l'émotion véhiculée par l'interprète, reflétant ainsi celle de l'œuvre et le son perçu. Conséquemment, avec ce nouvel instrument qu'est la guitare augmentée, j'aspire à fusionner cette richesse sonore, liée aux techniques compositionnelles de la musique

concrète, à un contrôle gestuel favorable à l'interprétation.

La conception de cette guitare augmentée s'est tenue en parallèle à des projets de créations musicales. Les trois œuvres abordées dans ce mémoire, soit *Résurgence*, *Synergie I* et *Synergie II*, résument bien la recherche compositionnelle réalisée.

CHAPITRE 1

LES INSTRUMENTS AUGMENTÉS

1.1 Introduction : Définition et fonctionnement

L'instrument augmenté, aussi nommé instrument étendu ou hybride, constitue un domaine de recherche récent qui a débuté dans les années 1980. Contrairement au synthétiseur où le son est complètement généré et modifié par un circuit électronique, l'instrument augmenté est un instrument acoustique ou électromécanique auquel un ou plusieurs systèmes électroniques ont été ajoutés afin d'étendre ses possibilités mécaniques ou sonores. Ainsi, l'instrument conserve ses caractéristiques principales du fait qu'il peut continuer de générer le son original. Cependant, de nouvelles fonctions ou possibilités d'interaction par l'interprète sont possibles grâce à l'ajout de capteurs ou de divers modules électroniques. Ces derniers peuvent contrôler ou modifier le son de l'instrument ou d'autres sons externes par l'intermédiaire d'un ordinateur. Le choix des capteurs est décidé par le concepteur du nouvel instrument et peut être presque infini grâce à la multitude de combinaisons possibles. Pour n'en nommer que quelques-uns, il est fréquent que des boutons-poussoirs, des potentiomètres, des capteurs de pression, des capteurs de mouvement ou des capteurs photoélectriques soient utilisés. Dû aux caractéristiques et aux fonctions différentes de chaque capteur, une analyse doit être préalablement réalisée afin de déterminer le meilleur dispositif, et ce, d'après la méthode de contrôle désirée avec celui-ci, ainsi que selon la forme et la fabrication de l'instrument et de ses techniques de jeu. Il est important de se baser sur les caractéristiques de l'instru-

ment car, habituellement, l'augmentation n'a pas pour but de le dénaturer et de modifier complètement la façon d'en jouer.

De façon similaire aux contrôleurs gestuels tels le Radio-Baton (M. Mathews, années 1980), le Lady's Glove (L. Sonami, 1991) ou le T-Stick (J. Malloch, 2006), l'instrument augmenté nécessite une série de modules formant un système. Cet ensemble consiste en une combinaison d'un instrument de musique traditionnel, d'un contrôleur gestuel et d'un module assurant la liaison entre ceux-ci. Ainsi, il est nécessaire de déterminer des stratégies de liaison entre les sorties du contrôleur gestuel et les paramètres de contrôles agissant sur le son. Ce principe de liaison est communément appelé le mappage, ou le *mapping* en anglais. Le choix du capteur, son emplacement sur l'instrument et l'action qu'il exercera sur le son devront être en corrélation afin de permettre un jeu naturel pour l'interprète.

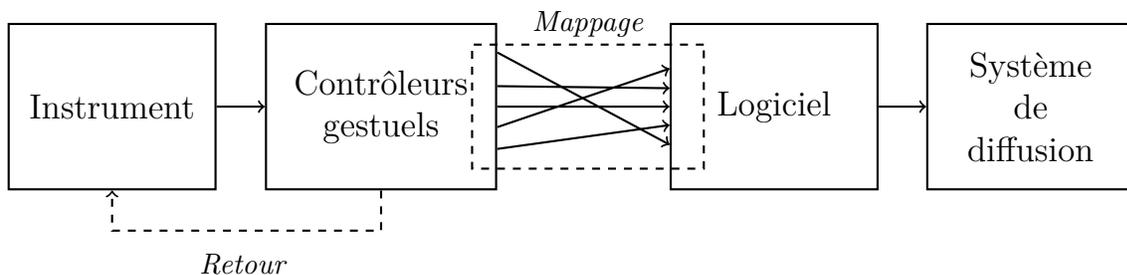


Figure 1.1 – Le mappage

1.2 Quelques exemples d'instruments augmentés

Plusieurs instruments de musique ont reçu diverses augmentations au fil des ans. L'un des premiers instruments hybrides fut le *Disklavier*, développé par la compagnie *Yamaha* en 1987. Il s'agit d'un piano dont les touches peuvent être activées de façon électronique. Par la suite, nous retrouvons d'autres instruments comme :

- *NEXT trumpet* (P. Cook & D. Morrill, 1989) — Figure 1.2c
- *Hypercello / Hyperviola / Hyperviolin* (T. Machover, 1992) — Figure 1.2a
- *Hyper-flûte* (C. Palacio-Quintin, 1999) — Figure 1.2b
- *SBass* (C. Bahn & B. Merchant, 2001) — Figure 1.2d
- *Metasaxophone* (M. Burtner, 2002) — Figure 1.2e

Dans le cadre de ce mémoire, un survol de quelques exemples de guitares augmentées sera fait. Toutefois, une précision sur la définition du terme « guitare augmentée » s'impose. Bien que l'insertion de modules d'effet, telle que des pédales d'effets, peut être vue comme une augmentation de l'instrument, je considère qu'il y a hybridation lorsqu'une nouvelle interaction grâce à l'ajout d'éléments électroniques fixés sur l'instrument est possible, tout en gardant les techniques de jeu traditionnelles.

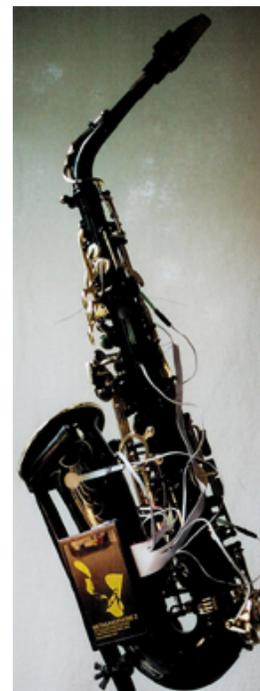
(a) Hypercello¹(b) Hyper-flûte²(c) Cook/Morrill Trumpet³(d) SBass⁴(e) Metasaxophone⁵

Figure 1.2 – Exemples d'instruments augmentés

1. Tod Machover avec l'Hypercello original de 1996
Reproduit avec la permission de Kelly E. Donovan (MIT Media Lab) - Photo : Rebecca Nemser
Source : <http://www.rebeccanemser.com/1996/07/brain-opera/>

2. Reproduit avec la permission de Cléo Palacio-Quintin - Photo : Carl Valiquet
Source : http://levivier.ca/en/select/bio/index.php?id=palacioquintin_cl

3. Reproduit avec la permission de Perry Cook et Dexter Morrill
Source : <http://soundlab.cs.princeton.edu/research/controllers/CMTrumpet/>

4. Reproduit avec la permission de Curtis Bahn
Source : <http://www.arts.rpi.edu/~bahnc2/Activities/sbass-images.htm>

5. Reproduit avec la permission de Matthew Burtner
Source : <https://ccrma.stanford.edu/~mburtner/metasax.html>

1.2.1 Bert Bongers & Gil Wasserman

Bien que très peu documenté, Gil Wasserman a commandé à Bert Bongers en 1995 d'ajouter des augmentations à sa guitare. Parmi les capteurs, ce dernier a construit un second manche où un élément amovible, une rangée de commutateurs et des capteurs de pression ont été installés.



Figure 1.3 – Bongers/Wasserman⁶

1.2.2 MAD — John Robert Ferguson



Figure 1.4 – J. R. Ferguson - *MAD*⁷

MACHINE-ASSEMBLED DISLOCATION (*MAD*) est le projet de guitare électrique hybride de John Robert Ferguson. L'instrument a été développé en novembre 2008 au cours d'une résidence de ce dernier dans le studio STEIM aux Pays-Bas. Les caractéristiques d'augmentation de cette guitare consistent en l'ajout de deux télécommandes *Wii* et d'un contrôleur *SoftStep* de la compagnie *Keith McMillan*.

6. Reproduit avec la permission de Bert Bongers

Source : <http://www.soundartarchive.net/articles/Bongers%20-xxxx-Physical%20Interfaces%20in%20the%20Electronic%20Arts.pdf>

7. Reproduit avec la permission de John Robert Ferguson

Source : <http://www.johnrobertferguson.com/machine-assembled-dislocation-mad/>

Ces trois dispositifs sont associés au logiciel *Live*, incluant *Max4Live*, d'*Ableton*. Le logiciel *JunXion* est utilisé, quant à lui, afin de faire le pont entre les capteurs et *Live*.

Dans le cas présent, les télécommandes *Wii* permettent une détection de vibrations, de chocs, de vitesse et d'orientation sur trois axes par leurs accéléromètres intégrés. Avec ceux-ci et les boutons intégrés, un contrôle du logiciel et de ses effets audionumériques est possible.

1.2.3 *TaurEX* — Kevin Patton

Le *TaurEx*, construit et conçu par Kevin Patton, est une extension par capteurs pour la guitare électrique. Ce système est un dispositif de détection gestuelle permettant un contrôle en temps réel d'effets audionumériques et d'échantillons.

Il est constitué de deux réseaux indépendants de capteurs. Le premier détecte les informations gestuelles et le second fonctionne principalement en tant que contrôleur assignable.

Grâce à ces capteurs, il est possible de détecter la position d'une main sur le manche de l'instrument, en plus du mouvement de ce dernier. Des capteurs de pression sont aussi installés et utilisés, entre autres, pour changer de pré-réglages d'effets ou de modifier le



Figure 1.5 – K. Patton - *TaurEx*⁸

⁸. Reproduit avec la permission de Kevin Patton
Source : http://freemusicarchive.org/music/Kevin_Patton

volume de sortie de différents procédés.

1.2.4 Otso Lähdeoja

La guitare augmentée conçue par Otso Lähdeoja inclut un accéléromètre à deux axes, un potentiomètre souple, des capteurs de pression, un capteur de flexion et un banc de huit commutateurs. Les capteurs sont envoyés à l'ordinateur par une interface de conversion de signaux analogiques vers *MIDI* commercialisée par *Interface-Z*. Ces augmentations sont utilisées pour contrôler des modules d'effets logiciels tels que des modules d'altération du timbre, de bouclage, d'entretien du son, de wah-wah, etc. Des capteurs piézoélectriques sont également installés à différents endroits sur l'instrument. Ces derniers permettent de récupérer des percussions sur le corps de celui-ci en plus de détecter leur position par analyse temporelle et spectrale.



Figure 1.6 – O. Lähdeoja⁹

9. Source : http://1.static.e-corp.us.org/download/notice_file/1563238/LAHDEOJA.pdf

CHAPITRE 2

ÉLABORATION DE LA GUITARE

2.1 Motivation

Bien que la guitare électrique soit un instrument populaire et que de nombreux accessoires servant à modifier le son existent, il y a peu d'options de captations gestuelles ou sonores appliquées autres qu'aux cordes. La plupart des modules d'effets pour le jeu en temps réel se contrôlent à l'aide de boutons-poussoirs actionnés par les pieds. Cela est pratique dans plusieurs situations, mais peut limiter l'expression de l'interprète ou empêcher certains aspects compositionnels, puisque le traitement est soit présent, soit absent. Bien qu'il existe des pédales d'expression, notre physiologie fait qu'il est possible de contrôler un seul paramètre à la fois, à moins de jouer en position assise. Dans ce cas, deux paramètres pourront être modifiés. Le fait d'ajouter des modules de contrôle sur le corps de l'instrument permet la manipulation d'un plus grand nombre d'éléments, tout en facilitant le contrôle selon une articulation en corrélation avec le jeu traditionnel sur l'instrument. Par exemple, le mouvement du corps, la position des mains et la pression exercée sur une partie de l'instrument pourront être analysés et configurés pour modifier différents aspects du son produit.

Ma motivation pour ce projet est de permettre une plus grande expressivité avec l'ajout de contrôleurs et de réunir mes grandes passions, soit la composition, l'interprétation, la programmation informatique et l'électronique. Mes études en interprétation guitare classique, jazz et populaire, de même qu'en composition

électroacoustique ont fait qu'il est naturel de joindre mes acquis, les uns étant parfaitement complémentaires aux autres. Le développement des technologies et l'accessibilité à l'information font qu'il est plus facile que jamais de développer ses propres outils. La puissance des ordinateurs combinée à une programmation informatique permettent maintenant des possibilités de traitement presque infinies. Le fait de développer l'ensemble de façon personnelle laisse libre cours aux idées.

Construire et développer soi-même la guitare, l'électronique et la programmation permet d'adapter l'ensemble à un style personnel de jeu et de composition. Le développement de l'instrument fait donc partie du processus compositionnel par le désir d'explorer de nouvelles possibilités et d'acquérir de nouvelles palettes sonores. De même, le développement de cet outil est généralement guidé par une idée de jeu, de geste ou de couleur vouée à être introduits dans une œuvre. La composition musicale et la construction de l'instrument ont donc été étroitement reliées et dirigées vers un même but.

2.2 Approche personnelle de la guitare augmentée

Mon désir de construire une guitare est né il y a plusieurs années. Néanmoins, la mise en marche de ce projet a été réalisée avec l'idée de développer une guitare augmentée. L'option d'utiliser une guitare déjà construite et d'y ajouter des capteurs et circuits électroniques en les fixant directement sur le corps ou en ajoutant des cavités me déplaisait. Je souhaitais que le tout soit complètement intégré à l'instrument afin que l'interprète ne soit pas encombré, minimisant ainsi les risques de bris lors du jeu. Dans la même optique, je désirais une guitare électrique à l'allure standard où l'utilisation des capteurs se fait de façon naturelle et discrète, évitant

que les fils et les composantes électroniques soient en suspension et dénaturent l'instrument.

La conception de ma guitare a évolué au cours des phases de développement. Tout d'abord, il y a eu la volonté de poser de nombreux capteurs tactiles sur l'ensemble de sa surface. Puis, une approche avec des capteurs discrets en moindre quantité a été adoptée mettant l'accent sur l'aspect gestuel et les stratégies de mappage avec des capteurs diversifiés. L'idée était d'empêcher une duplication de contrôles et d'utiliser, lorsque possible, l'ordinateur ou d'autres contrôleurs ayant plus de fonctions. J'approfondirai davantage ce sujet au chapitre 3 avec le développement des différents capteurs.

2.3 L'aspect sonore

Quelle est la sonorité d'une guitare augmentée ? Bien que cette question puisse sembler simple, il y a tant de possibilités d'agencement que l'aspect sonore de l'instrument peut prendre une infinité de directions selon les goûts du concepteur. Ainsi, l'un pourra se diriger davantage vers des sons de synthèse, tandis que l'autre se dirigera vers l'élaboration de systèmes de traitement sur le son de l'instrument.

De mon côté, l'ajout d'augmentations ne signifie pas de dénaturer le son de la guitare, mais plutôt de permettre un élargissement de celui-ci. Le but a été de préserver les qualités de l'instrument initial et permettre un élargissement du timbre et des techniques de jeu. Afin d'y parvenir, des systèmes de traitement et de captation agissant dans le domaine numérique et d'autres dans le domaine physique de l'instrument ont été conçus. Plus précisément, un logiciel de traitement audio a été élaboré afin de modifier le son de l'instrument à partir de l'ordinateur.

Également, des modules électroniques ont été réalisés afin de modifier ou recueillir des informations physiques de la guitare. De plus, des capteurs peuvent servir de déclencheur ou de contrôleur agissant sur des éléments préfabriqués pour une œuvre.

2.4 Lutherie

L'élaboration de la guitare a débuté à l'été 2011. Tout d'abord, l'accent a été mis sur la conception des plans de construction détaillant la forme de chaque partie de la guitare, ainsi que les différents emplacements des cavités et des chemins internes. L'étude de la conception de différentes guitares électriques a permis de déterminer les dimensions du bois utilisé pour chaque élément de l'instrument. Ensuite, ce fut l'élaboration des plans à l'aide d'un logiciel de dessin assisté par ordinateur. Dans le but de faire un dessin adéquat à des fins d'augmentation, une première analyse de différents capteurs a été réalisée afin de bien planifier la disposition de ceux-ci sur l'instrument. D'ailleurs, en prévision d'ajouter éventuellement de nouveaux capteurs, quelques cavités ont été légèrement surdimensionnées en fonction des dimensions des éléments à introduire dans la guitare. Ces agrandissements de cavités se sont finalement avérés nécessaires à l'introduction de tous les éléments désirés.

Le bois utilisé pour la construction de la guitare est traditionnel : l'acajou pour le dos et le manche, l'érable ondulé pour le dessus du corps et le bois de rose pour la touche.

Afin d'alléger l'instrument, d'offrir une meilleure résonance et de permettre une plus grande facilité en cas d'ajout de capteurs internes, des chambres ont été perforées à l'intérieur du corps. En plus des chemins pour le passage des fils de

connexion entre les micros, les contrôles et la sortie de la guitare, des passages entre certaines chambres ont été faits afin de faciliter la pose de capteurs et de limiter les ouvertures au dos de l'instrument. Par conséquent, un espace interne plus grand devient disponible sans que cela soit visible de l'extérieur.

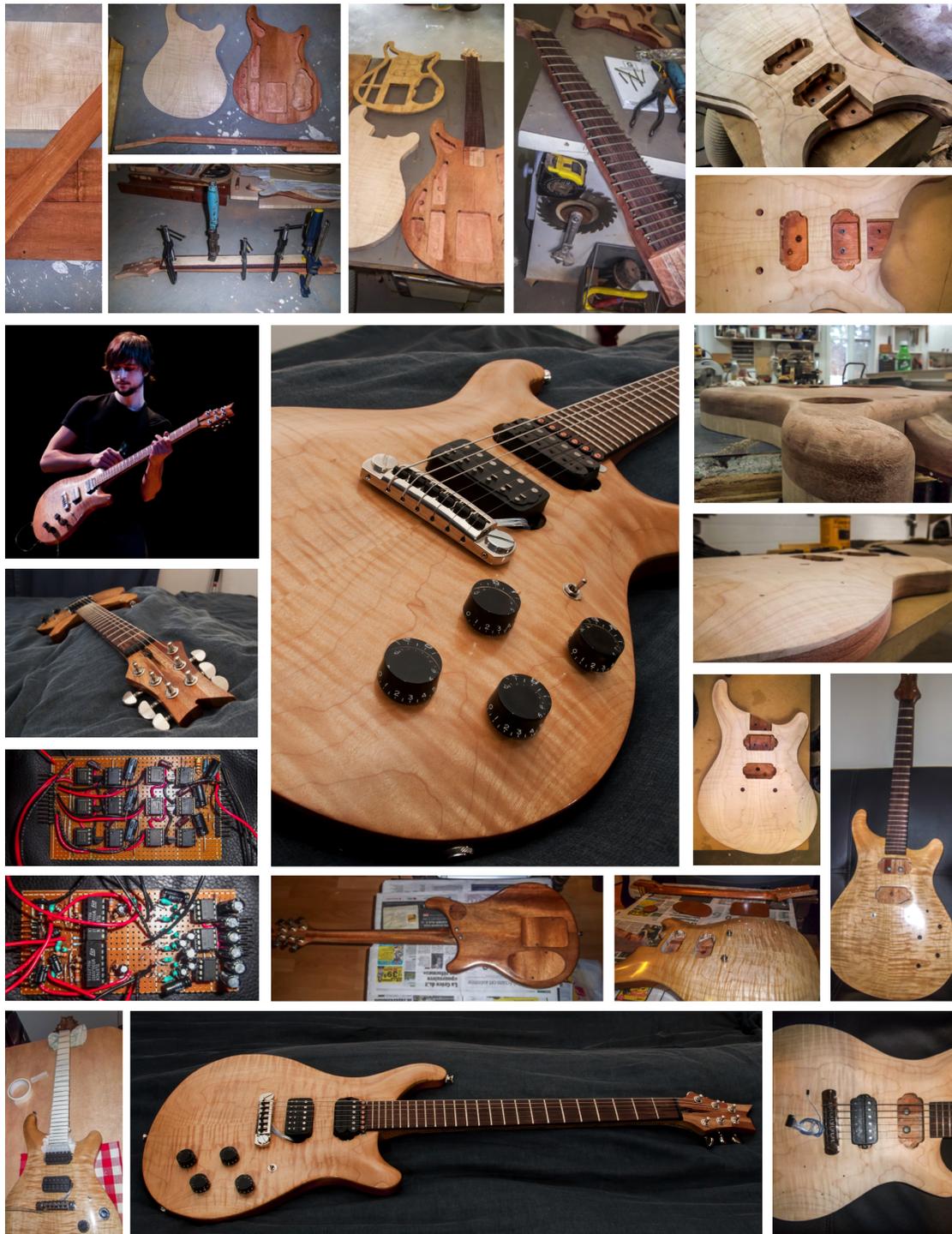


Figure 2.1 – Construction de la guitare

2.5 Choix des capteurs

Le choix des capteurs a évolué lors de la phase de conception de l'instrument. Initialement, l'idée était d'installer une multitude de capteurs sur le corps de celui-ci afin de permettre un choix diversifié sur le contrôle des procédés de traitement. Cependant, bien que le microcontrôleur choisi comporte beaucoup d'entrées analogiques, cela n'était pas suffisant pour le branchement de tous ces capteurs, en plus des 6 cordes de la guitare. Sur les 21 ports convertisseurs analogiques-numériques (*ADC*) du microcontrôleur, seulement 8 pouvaient être exploités afin d'ajouter de nouveaux capteurs, puisque les modules intégrés au kit de développement¹ en plus de la captation des 6 cordes en utilisaient déjà 13.

À la première colonne du tableau 2.I, une majorité de ces dispositifs de contrôles doivent être manipulés par les mains rendant ainsi la manipulation simultanée difficile. De plus, ils peuvent opérer selon une interaction similaire ou être remplacés par un contrôle logiciel. Par exemple, un capteur de pression peut agir dans le même domaine qu'un potentiomètre ou un capteur de distance. L'idée des 6 potentiomètres à glissière était de contrôler un paramètre sur chaque corde de façon individuelle. Cependant, l'encombrement sur l'instrument ne justifiait pas leur installation et un système utilisant l'ordinateur était plus efficace et adéquat. Par souci d'avoir une guitare d'aspect standard avec des contrôles naturels et discrets, le nombre de contrôleurs a été restreint. Ceux qui étaient les plus versatiles ou efficaces ont été conservés. Le choix des dispositifs de contrôle directement fixés à la guitare après ce cheminement est représenté à la colonne 2 du tableau 2.I.

1. L'abréviation *KD* sera employée lors des mentions futures afin de simplifier la lecture

Idée initiale	Idée finale
- Accéléromètre	
- Pad XY	→ - Accéléromètre
- Potentiomètres à glissière (6)	- Capteur de pression sur le manche
- Capteur de pression sur le manche	- Commutateur (1)
- Commutateurs (6)	→ - Potentiomètres avec commutateur (4)
- Potentiomètres (4)	- Microphone de contact
- Microphone de contact	- Système d'entretien des cordes
- Système d'entretien des cordes	→ - Système de détection capacitive
- Capteur de distance	- Microphones
- Microphones	

Tableau 2.I – Tableau des capteurs sur la guitare

Accéléromètre

Le but de l'utilisation de ce capteur est de détecter des mouvements de la guitare. Ainsi, je voulais déterminer des mouvements d'accélération, mais aussi de positions ou d'angles, afin de pouvoir déclencher des événements dans l'œuvre ou de contrôler des paramètres d'effets. De plus, le fait d'avoir un capteur permettant le contrôle sur différents procédés tout en laissant les deux mains libres de jouer normalement ou d'interagir avec d'autres dispositifs est appréciable.

Capteur de pression sur le manche

L'attrait compositionnel de ce capteur consiste principalement en l'ajout d'un contrôle sur des paramètres d'effets en temps réel. Contrairement à un potentiomètre, l'action d'un capteur de la sorte apporte un côté gestuel plus vivant et mieux adapté à l'expressivité désirée.

Microphone de contact

Pour mes compositions, je voulais utiliser des capteurs piézoélectriques pour recueillir des sons sur le corps de la guitare afin de permettre des passages percussifs et générer de nouveaux types de sons. De plus, je désirais utiliser ce capteur comme déclencheur d'événements par détection d'attaques. Par exemple, permettre le lancement d'une lecture de fichier audio à l'aide d'une frappe sur le corps de l'instrument.

Système d'entretien des cordes

L'attrait considérable de ce module d'effet physique, en ce qui concerne l'aspect compositionnel, est qu'il permet de nouvelles techniques de jeu sur l'instrument. Le simple fait de permettre un entretien constant sur une note apporte une nouveauté au timbre de la guitare. Le dispositif permet aussi un jeu avec une meilleure indépendance entre les deux mains. C'est-à-dire que, puisque la corde peut maintenant s'activer par un champ magnétique et non à l'aide d'une attaque, chaque main peut être libre de jeu sur l'ensemble de l'instrument permettant l'accumulation de polyphonies, de polyrythmies et d'un jeu mixte avec les autres capteurs.

Système de détection capacitive

Le choix de ce capteur est de permettre une détection de jeu sur l'ensemble des parties métalliques de l'instrument, plus particulièrement les cordes et le pont. Il est ainsi possible de détecter l'interaction des mains et des bras sur ces éléments dans le but de modifier des paramètres d'effets ou de déclencher des échantillons.

Commutateur et potentiomètres avec commutateur intégré

Le commutateur et les potentiomètres avec commutateur intégré sont destinés principalement au contrôle des éléments internes de la guitare. Avec ce premier, il y a détermination du microphone monophonique de sortie en effectuant la sélection entre le *pickup*² situé près du manche, celui près du pont ou un mix des deux. Quant aux potentiomètres avec commutateur intégré, ceux-ci font les sélections suivantes : le mode du *pickup* près du manche, le volume de sortie et le timbre des micros, le mode standard ou harmonique du système d'entretien ainsi que son volume de sortie et son activation.

Microphones

Plusieurs types de micros ont été installés à divers endroits sur la guitare. La majorité de ces micros sont non standard afin d'étendre les possibilités de captation du son et d'y retrouver différentes caractéristiques. En plus des *pickups* monophoniques, des systèmes de captation hexaphoniques ont été insérés pour permettre des procédés audionumériques spécifiques selon la corde choisie.

2. J'utiliserai le terme « pickup » afin de désigner les microphones traditionnels de guitare lors de futures références

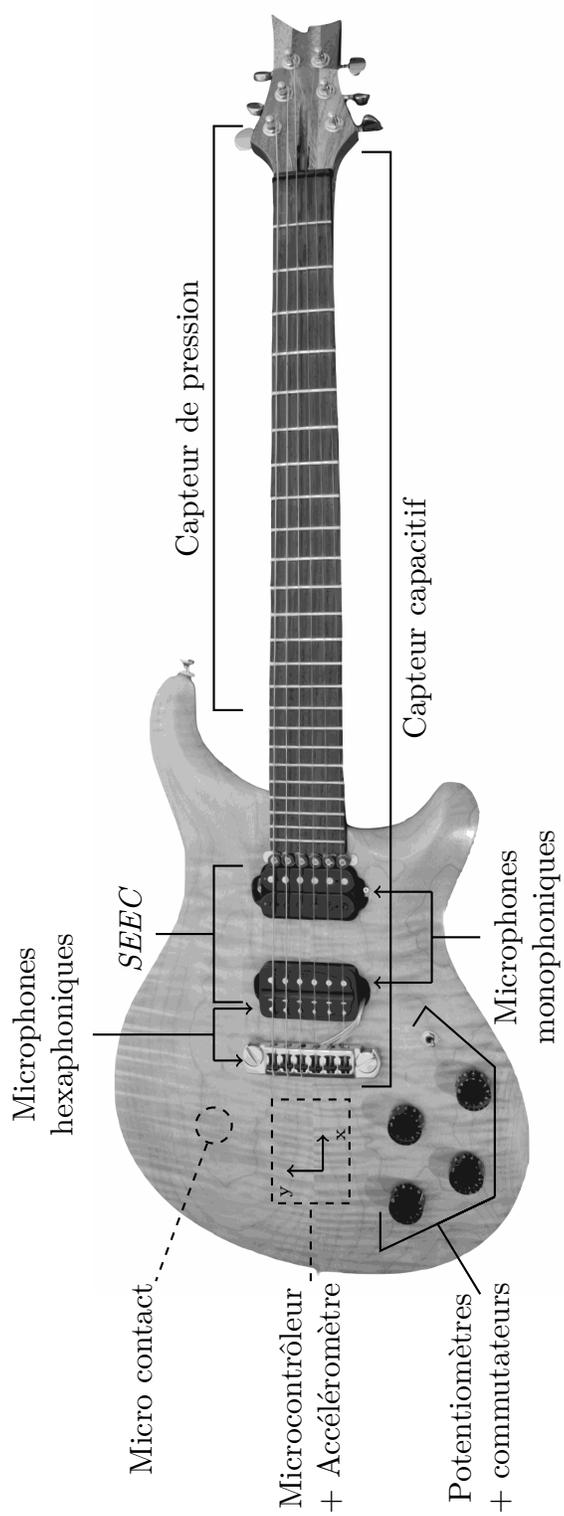


Figure 2.2 – Position des capteurs sur la guitare

CHAPITRE 3

DÉVELOPPEMENT ÉLECTRONIQUE

3.1 Systèmes commerciaux vs système personnel

Bien que quelques systèmes commerciaux sur le marché simplifient la pose de capteurs et la réception de leurs données, j'ai préféré construire mon propre système. Le but était d'obtenir davantage de souplesse quant au choix des composantes et à la manière de les connecter ensemble. Construire son propre système en utilisant un microcontrôleur, au lieu d'un système préfabriqué tels le *I-CubeX* ou le *Eobody*, permet une plus grande flexibilité sur le choix des capteurs puisque nous ne sommes pas restreints à ceux offerts par la compagnie.



(a) I-CubeX¹

(b) Eobody²

Figure 3.1 – Systèmes commerciaux d'augmentation

1. Reproduit avec la permission d'Axel Mulder (Infusion Systems)
Source : http://infusionsystems.com/catalog/product_info.php/products_id/28

2. Reproduit avec la permission de Marc Sirguy (Eowave)
Source : <http://www.eowave.com/products.php?prod=72>

3.2 Le microcontrôleur

Le microcontrôleur à l'intérieur de la guitare est la pièce maîtresse pour l'augmentation de l'instrument. Il est l'unité assurant la réception des valeurs physiques des capteurs, la conversion de celles-ci en valeurs numériques et la communication de ces données à l'ordinateur. S'il est assez puissant, il peut également être utilisé au prétraitement des données par des filtres ou autres conversions (ex. : recueillir la hauteur fréquentielle et la convertir en hauteur MIDI) avant l'envoi de celles-ci vers l'ordinateur, diminuant ainsi le temps de calcul du processeur.

Le choix du microcontrôleur a changé à plusieurs reprises au cours de la conception de l'instrument. Il est passé d'un *KD* de modèle *Arduino* à un *Launchpad MSP430* de Texas Instrument, au *STM32VLDISCOVERY* de STMicroelectronics, pour finalement s'arrêter sur le *STM32F4DISCOVERY*.

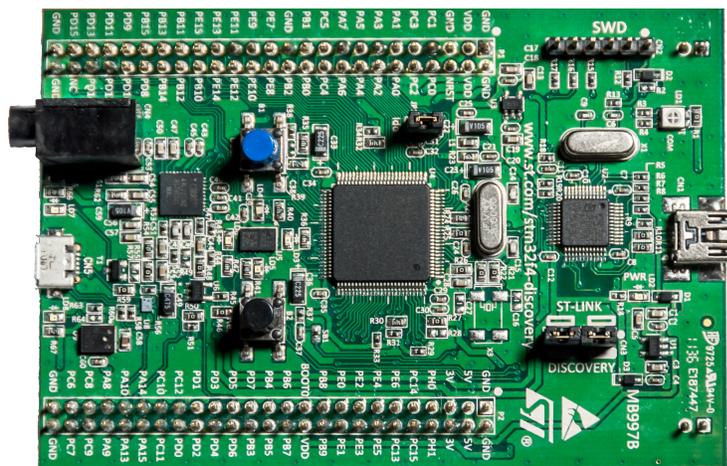


Figure 3.2 – STM32F4DISCOVERY

De nombreuses raisons justifient le choix de ce *KD* pour le projet. D'abord, le *Arduino* et le *Launchpad* ont comme seuls avantages de permettre une programmation simplifiée (dû au développement de bibliothèques accessibles) et de posséder

une communauté constituée d'un grand nombre d'utilisateurs, ce qui facilite la recherche d'aide et d'exemples. Pour le reste, le *KD* choisi est plus performant puisqu'il est basé sur un meilleur microcontrôleur avec une architecture plus récente de type *ARM* (ARM Ltd).

Caractéristiques	STM32F4DISCOVERY
Microcontrôleur	STM32F407VGT6
Horloge	168 MHz
Mémoire Flash	1 MB
Mémoire RAM	192 KB
Type d'architecture	32 bits ARM Cortex-M4F
Résolution <i>ADC</i>	12 bits
Ports <i>ADC</i>	16 libres / 21 totaux
Ports <i>GPIO</i>	80
Accéléromètre	LIS302DL (3-axes)
Microphone	MP45DT02 (Omnidirectionnel)
Audio <i>DAC</i>	CS43L22 (Stéréo)
Ports <i>USB</i>	Mini <i>USB</i> (Programmation) / Micro <i>USB OTG</i> (Données)

Tableau 3.I – Caractéristiques du kit de développement

3.3 Les capteurs

3.3.1 Accéléromètre

Tel qu'énoncé précédemment au chapitre 3.2 sur le choix du microcontrôleur, le *KD* choisi intègre préalablement un accéléromètre. Celui-ci est linéaire à trois axes, ultra-compact et nécessite peu de puissance. Il peut être configuré pour une étendue dynamique de $\pm 2g^3$ ou $\pm 8g$ et peut transférer les données de mesures d'accélération à une vitesse de 100 Hz ou 400 Hz.

3. Où « g » correspond à l'accélération relative à la chute libre

Un accéléromètre est un dispositif électromécanique qui mesure les forces d'accélération. Ces forces peuvent être dynamiques lorsque causées par un objet en mouvement ou en vibration. De même, dû à la force gravitationnelle constante, ces forces peuvent être statiques, c'est-à-dire qu'un accéléromètre au repos aura une accélération de 1 g dans le sens opposé à la force gravitationnelle afin de l'annuler. De ce fait, nous pouvons déterminer l'inclinaison autour du centre de gravité. Cependant, l'accéléromètre est très sensible aux petites variations d'inclinaison lorsqu'il est perpendiculaire à la gravité et perd de la sensibilité lorsque l'inclinaison dépasse environ 45°. Afin de déterminer l'angle d'inclinaison avec une bonne précision, il est préférable d'utiliser la valeur de plusieurs axes. Un axe est un accéléromètre agissant sur un plan. Ainsi, un accéléromètre à plusieurs axes est un dispositif regroupant de multiples accéléromètres à l'interne, alignés selon différents plans orthogonaux.

Nous pouvons retrouver l'accélération selon un axe avec la formule :

$$Accel = DonnéeBrute \cdot \frac{ÉtenduDynamique}{2^{Résolution-1}} \quad (3.1)$$

Avec l'accélération calculée sur chaque axe, nous pouvons retrouver l'angle de tangage (*pitch*) et celui de roulis (*roll*) par les formules suivantes :

$$Tangage = \arctan\left(\frac{-Accel_x}{Accel_z}\right) \quad (3.2)$$

$$Roulis = \arctan\left(\frac{Accel_y}{\sqrt{Accel_x^2 - Accel_z^2}}\right) \quad (3.3)$$

Où x y z sont les différents axes de l'accéléromètre.

Puisque ce capteur est intégré au *KD* et par le fait même lié au microcontrôleur, son inclusion a simplement consisté en l'ajout de lignes de code au micrologiciel. Ceci afin de bien le configurer pour la réception, la conversion et l'envoi de ses données. Le *KD* a été installé au centre du corps de la guitare près du chevalet. À cause de l'aspect solide du corps de la guitare, l'endroit de montage de ce capteur importe peu puisque les valeurs sont sensiblement les mêmes, une fois celui-ci installé.

3.3.2 Microphones

Les microphones ou micros sont des transducteurs acoustique à électrique servant de systèmes de captation de l'instrument. Diverses méthodes de transformation de phénomène acoustique en signal électrique existent. Parmi elles, deux seront présentées dans le cadre de cette recherche : les microphones de type magnétique et piézoélectrique.

3.3.2.1 Microphones magnétiques

Les microphones magnétiques, communément appelés *pickup*, sont les micros les plus souvent utilisés sur les guitares électriques. Ils sont formés d'une ou de plusieurs bobines magnétiques placées en dessous des cordes et construites à partir de différentes quantités d'aimants entourés de milliers de tours d'un fil de cuivre. Ces bobines créent un champ magnétique qui se voit modulé par l'action des cordes à cause de leur composante métallique (Figure 3.3). Cette modulation se traduit en un courant analogique à la sortie de ce dispositif.

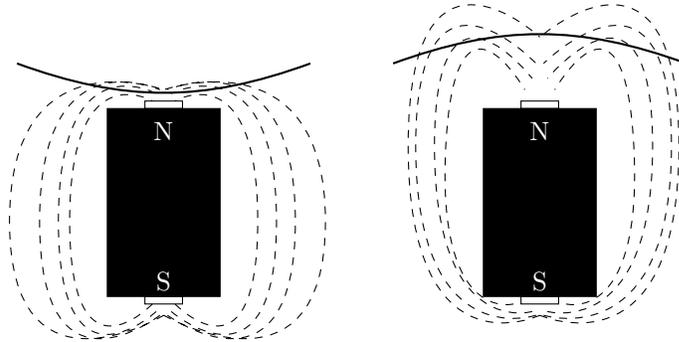


Figure 3.3 – Effet des cordes sur le champ magnétique d'un *pickup*⁴

Microphone près du manche

Le microphone utilisé près du manche est un *pickup* de guitare électrique développé par la compagnie *Ibanez*. Bien qu'il ait l'allure d'un *pickup* à double bobines (*humbucker*), la conception interne emploie trois bobines. Ces dernières servent à intervertir entre un micro à bobine unique (*singlecoil*) et à bobine double. Pour y arriver, deux bobines sont superposées et connectées en série afin de retrouver la forme et l'impédance d'un *pickup singlecoil* traditionnel. La troisième bobine se situe à côté de celle positionnée au-dessus dans le but de retrouver les caractéristiques d'un *humbucker* (Figure 3.4).

La connexion de ce *pickup* emploie un circuit standard, c'est-à-dire que les sorties de celui-ci sont raccordées à un commutateur intégré à un des potentiomètres, permettant le choix entre le mode à bobine unique ou double. Par la suite, le signal est rattaché au commutateur de sélection déterminant le microphone à utiliser pour

4. Basé sur l'illustration expliquant ce procédé dans le livre « *Guitar Electronics for Musicians* » (Brosnac, 2011), p. 14

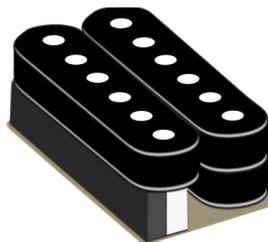


Figure 3.4 – *Ibanez True-Duo*⁵

la sortie de l'instrument.

Microphone près du chevalet

Bien que similaire à un *pickup* traditionnel de guitare électrique à double bobines, le microphone utilisé près du chevalet est différent. Malgré qu'un côté utilise une bobine unique standard, l'autre est formé de 6 bobines indépendantes afin de recueillir le son des cordes individuellement. De ce fait, il est la combinaison d'un *pickup singlecoil* et hexaphonique.

Il existe très peu de microphones magnétiques hexaphoniques pour guitare. La plupart sont dédiés à des systèmes de détection de hauteur fréquentielle vers hauteur MIDI tels les systèmes *GK* de *Roland*. Cependant, le but n'était pas de convertir les informations des cordes en données MIDI, mais bien de recueillir leur son individuellement. Au cours de mes recherches, j'ai découvert que la guitare conçue pour le jeu *Power Gig* développé par *Seven45 Studios* utilisait un microphone hexaphonique. Je l'ai donc testé et ajouté à la guitare.

5. Basé sur l'illustration expliquant les caractéristiques de ce pickup - http://www.ibanez.co.jp/products/eg_page15.php?year=2015&area_id=3&cat_id=1&series_id=5&data_id=172&color=CL01

3.3.2.2 Microphones piézoélectriques

L'effet piézoélectrique a été découvert par les frères Pierre et Jacques Curie dans les années 1880. Le terme « piezo » vient du grec et signifie « pression ». En fait, la piézoélectricité est l'apparition d'une polarisation électrique sur certains cristaux soumis à une contrainte mécanique. Lorsqu'une pression est appliquée à un cristal polarisé, la déformation mécanique qui en résulte entraîne une charge électrique (Putnam & R. Benjamin Knapp, 1996). Réciproquement, les matériaux piézoélectriques peuvent se déformer sous l'action d'un champ électrique et cette déformation peut engendrer une pression acoustique.

Dans le cas de ma guitare, c'est un signal électrique résultant de contraintes mécaniques qui est produit. Le capteur piézoélectrique agit comme microphone en transformant les vibrations du corps de l'instrument en signal électrique analogique.

Chevalet avec microphones piézoélectriques

Le chevalet comprend 6 capteurs piézoélectriques placés à l'intérieur de chaque pontet formant un second microphone hexaphonique. Ce type de système est utilisé fréquemment dans les systèmes de guitare MIDI. Néanmoins, comme avec le micro hexaphonique magnétique, le but était de recueillir le son de chaque corde individuellement et non de retrouver l'information MIDI. Ainsi, j'ai développé mon propre circuit électronique constituant de 6 préamplificateurs en parallèle, avec possibilité de sortie en signal hexaphonique ou monophonique. De même, l'amplificateur opérationnel (*op-amp*) agit en tant qu'amplificateur tampon (*buffer*). La capacité du capteur piézoélectrique agencée à une haute résistance, tel qu'on le trouve dans le circuit d'une entrée ligne, forme un circuit résistance-condensateur

(circuit RC) ou filtre passe-haut. Par conséquent, le capteur piézoélectrique est souvent associé à une sonorité fine et sans fréquences graves. Cependant, le circuit d'amplificateur tampon offre une meilleure correspondance avec l'impédance en éliminant cette dégradation du signal et permet de garder la richesse du son de la guitare.

À la différence d'un système à transduction électromagnétique, le micro piézoélectrique produit un son d'une couleur différente. Un *pickup* magnétique de guitare filtre davantage les aigus, tandis qu'un microphone piézoélectrique a un son plus cristallin. De plus, l'étendue de la dynamique de ce dernier est plus grande que celle du micro magnétique. Pour une attaque deux fois plus forte, le micro magnétique générera deux fois plus de voltage, tandis que le micro piézoélectrique en générera quatre fois plus. Dans le cas où l'attaque sur la corde est deux fois moins forte, l'inverse se produira, avec deux fois moins de voltage dans le premier cas contre quatre fois moins dans le second. Nous pouvons conclure que la dynamique de ces micros est dans un cas linéaire et dans l'autre exponentielle.

Microphone de contact

Un aspect intéressant de la guitare acoustique est celui de la possibilité d'un jeu percussif sur le corps. Dans cette optique, un système d'amplification du corps de l'instrument a été conçu afin de permettre cette technique de jeu à la guitare électrique. Un premier essai a été réalisé avec l'emploi d'un micro à électret. Néanmoins, dû à son principe de fonctionnement, ce micro est sujet aux effets Larsens⁶ et n'est pas idéal pour un jeu sur scène. Le système choisi emploie donc

6. Oscillation parasite qui se manifeste par un sifflement lorsque la sortie d'une chaîne électroacoustique réagit sur son entrée.

un microphone de type piézoélectrique donnant une bonne amplification sans Larsens. Celui-ci utilise un film piézoélectrique basé sur le polymère polyfluorure de vinylidène (*PVDF*). Son fonctionnement est similaire à celui des capteurs piézoélectriques situés sur les pontets du chevalet puisqu'il est lui aussi basé sur l'effet piézoélectrique. Cependant, sa construction est différente, du fait qu'il est composé d'un polymère piézoélectrique entouré de deux minces pellicules de plastique. Cette caractéristique fait qu'il est très léger et souple. Ainsi, il peut être fixé facilement sur la plupart des surfaces de la guitare avec un simple adhésif. Tel qu'énoncé au chapitre 2 sur l'élaboration de la guitare, une cavité a été conçue vers le haut du corps de l'instrument en vue d'y insérer des capteurs. Cet endroit a été utilisé pour y glisser ce micro.

Un film piézoélectrique est bien adapté pour servir de microphone de contact puisqu'il s'agit d'un capteur de vibration qui transforme les oscillations mécaniques en signal électrique analogique. De plus, ses propriétés en tant que transducteur sont favorables par son étendue fréquentielle très large de 0.001 Hz à 10^9 Hz, sa vaste étendue dynamique et sa faible impédance acoustique empêchant des fréquences de résonance.

Comme pour le microphone du chevalet, un préamplificateur a été construit afin d'obtenir un signal adapté pour l'envoi vers une entrée audio. Une attention particulière a été apportée pour réduire le bruit d'interférence par l'utilisation de blindage électromagnétique et par un branchement au circuit d'amplification près du capteur.

3.3.3 Capteur de pression à l'arrière du manche (*FSR*)

Un capteur de pression ou *FSR* est un capteur résistif qui réagit en fonction de pressions physiques. Il agit comme résistance variable dans un circuit où la résistance dépend de la pression exercée sur sa surface. Ainsi, agencé à une seconde résistance, il est facile de former un circuit diviseur de tension afin de varier un voltage d'entrée selon la force appliquée.

Ce type de capteur peut être proposé sous différentes formes. Dans le cas de mon instrument, un capteur de pression d'une dimension de 10 mm par 622 mm a été fixé à l'arrière du manche. De cette façon, il est facile d'y appliquer une force avec la paume de la main, peu importe la hauteur du jeu sur ce dernier. Compte tenu de sa fabrication, le capteur a été raccourci à une dimension suffisante pour être actionné sur toute la longueur du manche. De plus, en gardant une extension sur la tête de la guitare, on facilite la préhension sur le capteur dans le cas d'un jeu à cordes ouvertes.

Pour ce qui est de la résistance agencée au capteur, une valeur de 10 k a été choisie afin de permettre une bonne étendue et linéarité du voltage de sortie. Cette décision a été guidée par les données incluses dans la fiche technique fournie par le concepteur (Interlink Electronics, 2010) et la formule mathématique 3.4. Cette dernière exprime l'interaction entre la résistance du *FSR* et celle ajoutée afin de déterminer le voltage de sortie du système.

$$V_{sortie} = \frac{R_M \cdot V_{entrée}}{(R_M + R_{FSR})} \quad (3.4)$$

Un capteur de pression peut avoir différentes fonctions selon la force utilisée.

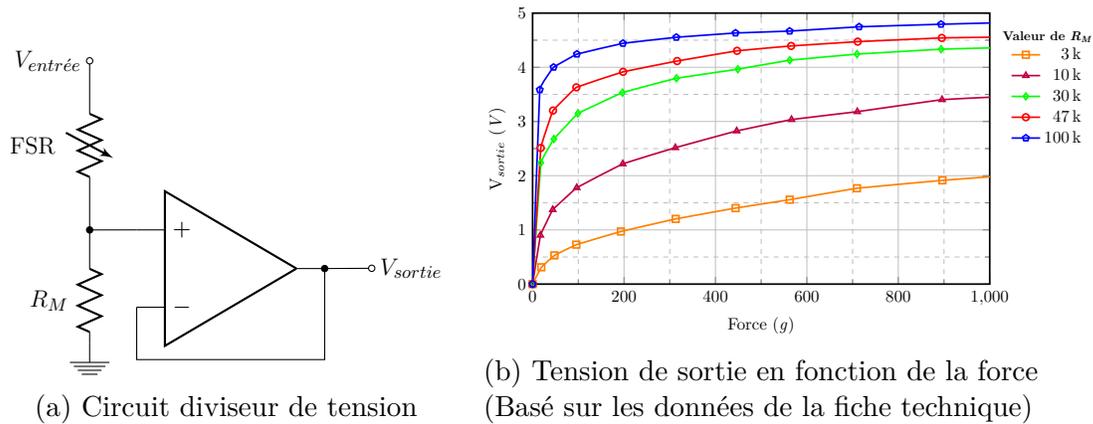


Figure 3.5 – Circuit et graphique exprimant l’action d’un FSR

Jusqu’à une force appliquée de 10 g, le *FSR* a un changement très abrupt dans sa réponse résistive et il peut ainsi être utilisé en tant que commutateur. Au-delà de cette zone, la résistivité agit de façon inversement proportionnelle à la force appliquée, jusqu’à un maximum de 10 kg où un écrêtage est observé. De plus, en inversant la position du capteur de pression avec la résistance dans le circuit diviseur de tension, la réponse en tension de sortie peut être inversée (voir figure 3.5a). Une pression entraînera donc une diminution de tension au lieu d’une augmentation.

3.3.4 Capteur capacitif

La capacité électrique est la quantité d’électricité rendue par un accumulateur lors de sa décharge complète. Ainsi, un capteur de capacitance détecte un changement de capacité lorsque quelque chose ou quelqu’un approche ou touche le capteur (Pratt, 2006). Ceci s’exprime en tant que ratio de la charge électrique (Q) sur le potentiel électrique (V) (formule 3.5). Nous retrouvons fréquemment ce type de capteur comme système de détection tactile sur les écrans de téléphone cellulaire ou les pavés tactiles d’ordinateur. En ce qui concerne les instruments de musique,

le plus connu utilisant ce phénomène électrique est sans doute le *thérémine* (Figure 3.6).

$$C = \frac{Q}{V} \quad (3.5)$$

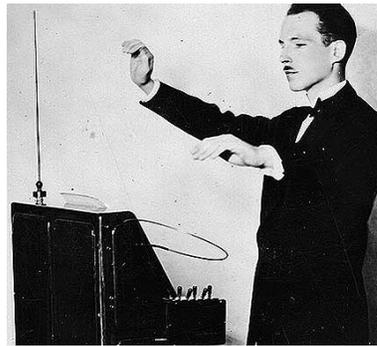


Figure 3.6 – *Thérémine*⁷

Deux étapes sont nécessaires pour le fonctionnement d'un capteur capacitif. D'abord, il y a transduction d'une grandeur physique en une variation de capacité électrique. Ensuite, le signal capacitif est mesuré et converti en signal électrique (Meijer, 2008). Une méthode de détection consiste à exciter un objet conducteur par un signal électrique à fréquence fixe. Par la suite, le circuit d'analyse du signal de retour détermine si un événement a perturbé la capacitance de l'objet en identifiant un changement dans les propriétés du signal.

En 2012, un nouveau système de détection tactile par capacité électrique a été mis au point dans les laboratoires de recherche de la compagnie *Disney*. À l'instar du système expliqué précédemment, ce capteur tactile baptisé « *Touché* » (Sato, Poupyrev, and Harrison, 2012) utilise les deux mêmes étapes : l'excitation d'un

7. Source : <http://www.theremin.info/-/viewpub/tid/30/pid/9>

objet conducteur, puis l'analyse du signal de retour. Cependant, l'originalité de ce dispositif consiste en l'envoi d'un signal électrique à fréquence balayée au lieu d'une fréquence fixe ; d'où l'appellation par l'équipe de *Disney* de « capteur capacitif par fréquence balayée » (*SFCS — Swept Frequency Capacitive Sensing*). Bien que les deux systèmes soient sensiblement similaires, l'ajout d'un balayage fréquentiel apporte un avantage considérable. Cette technique permet une analyse du signal de retour selon différentes fréquences et l'ensemble des échantillons recueillis en balayage permet de former un profil déterminant le type de toucher effectué. Par conséquent, grâce à une analyse préalable, il est maintenant possible de déterminer si une personne interagit avec le capteur en touchant avec un doigt, une main, deux bras, etc.

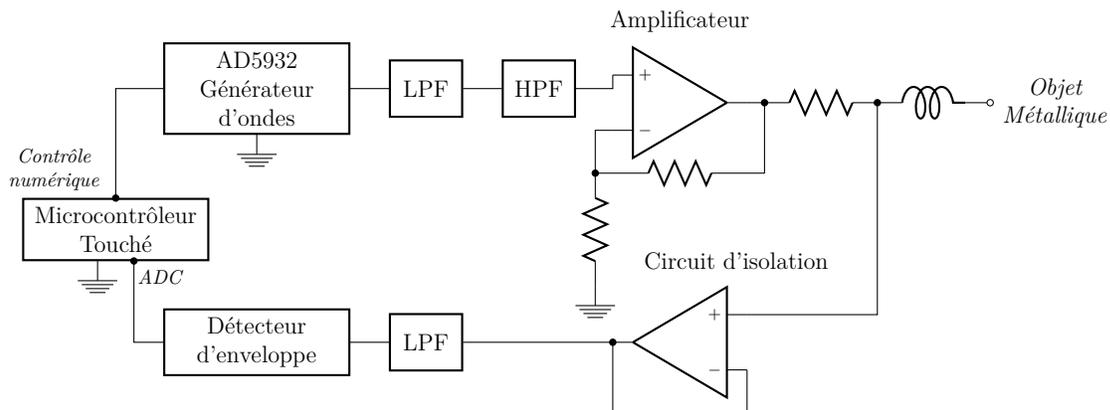


Figure 3.7 – Système *Touché* (Basé sur le schéma de *Disney*)

J'ai entrepris l'élaboration d'un dispositif similaire pour mon instrument puisque la conception d'un système de captation qui est complètement invisible, nouveau et propice aux déclenchements d'événements compositionnels par détection de position pouvait enrichir considérablement mon travail. Invisible car l'objet conducteur utilisé dans mon système est constitué de l'ensemble des parties métalliques de la guitare : le chevalet, les cordes, les clefs, etc. Bien que la construction d'un système

Touché tel que décrit demanderait un ajout de plusieurs composants électroniques à l'intérieur de la guitare, j'ai découvert qu'un système basé sur un *Arduino* avait déjà été élaboré⁸. Au lieu d'avoir recours à un générateur d'onde sinusoïdale très performant, ce système utilise une onde carrée générée directement par le micro-contrôleur à l'aide d'une sortie *PWM*. Par la suite, la mesure de tension est prise après l'inducteur, au lieu d'avant, afin de profiter des propriétés de filtration du circuit *LC*, réduisant ainsi les harmoniques indésirables. Bien que cela diminue la précision du capteur, il est tout de même possible de détecter plusieurs types de touches sur la guitare : la pose d'une main sur le chevalet, la pose des deux mains sur les cordes, une prise avec les bras sur l'ensemble des cordes, etc.

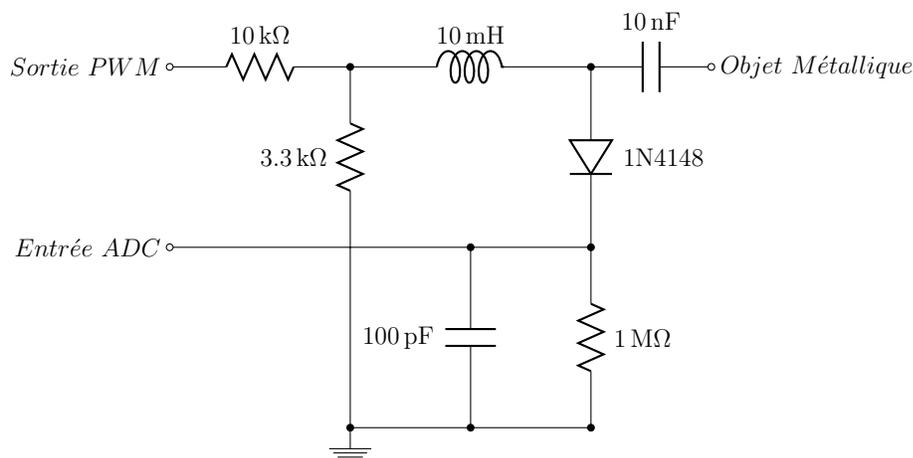


Figure 3.8 – *Touché* version avec sortie *PWM* (Basé sur le schéma de *GeekPhysical*)

La partie logicielle du système consiste à activer une sortie *PWM* avec une certaine fréquence et, après un délai rapide, à analyser le signal de retour par une entrée *ADC*. Cette chaîne d'événements est répétée plusieurs fois avec une augmentation de la fréquence *PWM* à chaque boucle. Une fois le balayage fréquentiel selon l'étendue souhaitée est achevé, la liste des valeurs capturées est retournée à l'ordinateur afin d'analyser le profil obtenu. Bien que la méthode *Touché* mentionne

8. Voir : *GeekPhysical* (2012)

une saisie de 200 analyses sur un balayage de 1 kHz à 3,5 MHz, mon système utilise plutôt 100 analyses sur un balayage de 500 Hz à 280 kHz. Ceci afin de laisser une puissance de calcul au microcontrôleur pour les autres systèmes. De même, le choix de l'étendue du balayage fréquentiel est de concentrer les points d'analyse sur la plage fréquentielle où les modulations entre différents profils sont constatées. Cela permet une meilleure précision sur les profils tout en utilisant moins de points.

3.4 Système électromagnétique d'entretien des cordes (*SEEC*)

L'idée du *sustainer*⁹ est de mettre en vibration une corde et de l'entretenir de façon infinie au moyen d'un système de réinjection par magnétisme. Similaire aux *pickups* traditionnels de guitare électrique, le dispositif utilise des bobines magnétiques qui convertissent l'oscillation de la corde en signal électrique analogique. Tel qu'expliqué précédemment, la corde, étant constituée de métal, interagit avec le champ magnétique de la bobine lorsqu'elle est en vibration. Le *SEEC* utilise la même technique, mais au lieu de simplement capter le champ magnétique, il le retourne à la corde permettant ainsi d'entretenir son mouvement. Cette approche est apparentée à celle du *Ebow*, du *Sustainer* de la compagnie *Fernandes* ou des produits *Sustainiac*. Le système utilise deux bobines magnétiques, une première qui capte le signal de la corde pour l'envoyer dans un amplificateur, et une seconde (le « driver ») qui retourne le signal amplifié vers la corde. Cette deuxième bobine est donc utilisée en tant qu'électroaimant.

Contrairement aux systèmes précédemment énoncés, celui que j'ai développé consiste en un dispositif hexaphonique dans lequel chaque corde possède son cir-

9. Terme couramment utilisé pour nommer un tel dispositif.

cuit électronique dédié. L'avantage d'un tel circuit est que chacune des cordes est alimentée par un signal en phase au lieu d'un mélange regroupant l'ensemble des cordes. De cette façon, chaque note peut être tenue en vibration continue lorsqu'un accord est joué, plutôt que de privilégier principalement la note fondamentale.

Au cours de mes recherches, je me suis inspiré de travaux réalisés par certains bricoleurs. Afin d'empêcher une pose excessive de micros sur le dessus de l'instrument, le micro magnétique hexaphonique près du chevalet a été utilisé en tant que capteur. Même si son impédance est supérieure à celle considérée appropriée, cela n'a provoqué aucun problème puisqu'il génère un signal plus fort. Quant au *driver*, celui-ci a été monté de toutes pièces et a découlé de plusieurs essais sur des bobines à différentes dimensions et impédances. Puisqu'il m'a été impossible de trouver des bobines magnétiques de 8 ohms, tel que mentionné par ces bricoleurs, j'ai conclu mon choix sur des bobines de 16 ohms.

Un deuxième mode d'entretien, harmonique, a été ajouté au système. Ce mode possède le même principe de fonctionnement que le mode normal, excepté qu'une inversion de phase est appliquée au signal redirigé vers les cordes.

Bien que les systèmes complètement analogiques fonctionnaient bien, un dernier prototype a été entrepris en dirigeant les signaux vers le microcontrôleur de la guitare, le but étant de permettre une maîtrise complète sans y ajouter une multitude de contrôleurs. Il est donc possible de manipuler les données de chaque corde selon l'intention désirée une fois que celles-ci se voient converties en données numériques. Par exemple, il est concevable d'activer le système de vibration continue sur seulement certaines cordes, d'inverser la phase d'un signal ou d'ajouter tout autre algorithme de traitement audionumérique.

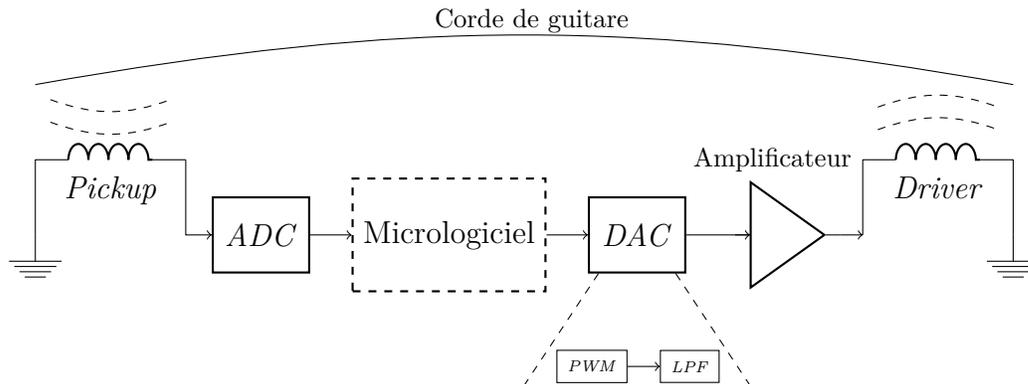


Figure 3.9 – Chaîne électronique du fonctionnement du *SEEC*

La méthode utilisée pour concevoir les convertisseurs numériques-analogiques est simple et emploie très peu de composants additionnelles. Plusieurs micro-contrôleurs permettent une sortie par modulation de largeur d'impulsions. Cette approche consiste en la génération d'une série de pulsations utilisant un signal binaire¹⁰ à fréquence et période fixe. Le rapport cyclique entre l'état haut et bas dans une période détermine la largeur de chaque pulsation. Une fois agencé à un circuit électronique de filtrage passe-bas qui permet de retrouver une moyenne entre les états, tel un simple filtre RC (Figure 3.10), des niveaux de tension intermédiaire peuvent être détectés. Ainsi, nous pouvons reproduire un signal analogique qui varie selon la modulation du rapport cyclique.

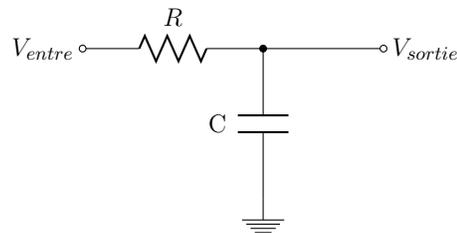


Figure 3.10 – Filtre RC

10. Niveau de tension bas ou haut ; c'est-à-dire, équivalent à 0 V ou V_{dd}

3.5 Conception de la chaîne électronique reliant le tout

Pour fabriquer un instrument propice à la composition et l'interprétation, une unification de l'ensemble de ces dispositifs de contrôles a dû être réalisée. C'est-à-dire que la ramification de ces systèmes électroniques doit converger vers une unité contrôlable, soit l'ordinateur, afin de permettre une interaction appropriée pour une œuvre donnée.

Méthode d'envoi des données vers l'ordinateur

Dès l'initiation de ce projet, la captation individuelle des cordes de la guitare dans l'ordinateur a été un point central. Conséquemment, il a été nécessaire d'acheminer les signaux électriques vers une carte de son. Pour y arriver, un câble *DIN* à 13 broches tel qu'utilisé par les systèmes de guitare MIDI a été employé. Une boîte de dérivation (*breakout box*) a été construite afin de transformer le câble *DIN* en plusieurs câbles *jack* facilitant ainsi le branchement à la majorité des cartes de son.

Pour les données des capteurs, plusieurs configurations ont été étudiées. Une première approche a été celle par protocole *USB OTG* via le câble *DIN*. Cependant, un problème d'interférence entre les signaux numérique et analogique était présent. Une seconde approche par protocole WiFi a été envisagée, mais ce problème était toujours présent. Finalement, une dernière tentative par communication série passant dans le câble *DIN* a été entreprise. Bien qu'une interférence était toujours constatée, celle-ci était plus légère. Il a alors été plus facile de dissimuler ce défaut par la programmation d'un algorithme de réduction de bruit par bandes fréquentielles.

Alimentation

Même si une alimentation par piles a été envisagée, un branchement au secteur est plus adéquat puisqu'il permet un circuit stable, tout en diminuant le risque d'insuffisance électrique. Le circuit d'alimentation consiste en un régulateur de tension externe dont le courant est acheminé par le câble *DIN*. Ce dernier alimente les amplificateurs internes de la guitare et est dirigé vers un second régulateur de tension permettant d'adapter le voltage en un niveau adéquat pour le microcontrôleur.

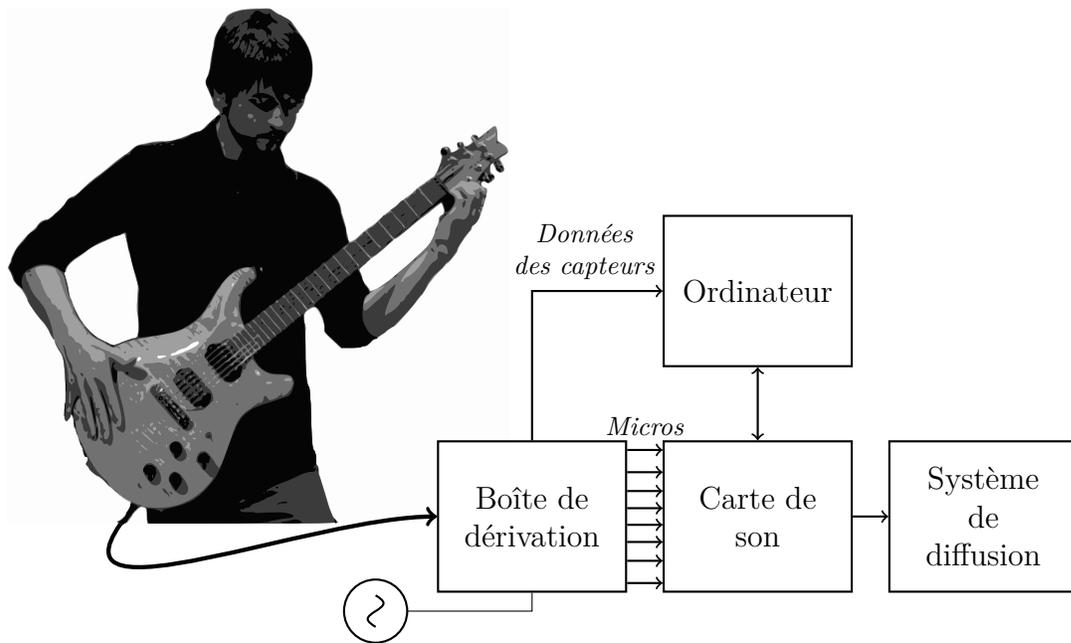


Figure 3.11 – Chaîne électronique

CHAPITRE 4

DÉVELOPPEMENT LOGICIEL

4.1 Langage et déroulement du micrologiciel

L'élaboration de l'instrument a nécessité plusieurs expérimentations avec divers langages de programmation. Pour le microcontrôleur, le choix s'est porté sur le langage *C* en utilisant la librairie standard développée par *STMicroelectronics*. Malgré le fait qu'il soit plus difficile de programmer à partir de cette librairie plutôt qu'une autre de type *Wiring* telle que celle d'*Arduino*, celle-ci permet un plus grand contrôle sur le micrologiciel.

Le fonctionnement du micrologiciel se divise en deux phases bien distinctes. La première consiste en une phase d'initialisation de chaque composante et de chaque périphérique. Pendant cette étape, il y a configuration :

- de l'horloge principale et des coroutines ;
- du *DMA* pour l'acquisition des données en plus des entrées analogiques et numériques ;
- des sorties *PWM* ;
- des entrées et sorties sérielles (*RX/TX*) ;
- du système de captation capacitif ;
- de l'accéléromètre et de sa calibration ;

La deuxième phase concerne le jeu en temps réel avec l'ordinateur. Elle consiste en une boucle infinie avec :

- collection, conversion et manipulation des données de chaque capteur et des composantes de contrôles ;
- envoi aux sorties PWM d'après les valeurs désirées ;
- transmission des données par le port série ;

Les données envoyées par le port série sont formatées d'après le protocole *OSC*. Chaque valeur des capteurs est envoyée de façon unique, à l'exception des données du système capacitif.

4.2 Traitements audionumériques

Plusieurs modules de traitements audionumériques ont été programmés afin de bien servir les compositions ou réduire certains bruits de l'instrument. Bien que des effets traditionnels tels des filtres, des compresseurs, des délais, des modules de réverbération ou de distorsion soient utilisés, l'expérimentation a davantage porté sur la granulation, la convolution et les effets utilisant la transformée de *Fourier*.

La chaîne de traitement utilisée est divisée en trois sections. La première et la troisième sont principalement utilitaires puisqu'elles servent à assurer une certaine qualité sonore. La première section est formée de modules de réduction de bruit, de filtres d'égalisation et de compresseurs. Bien que la majorité de ces modules soient basés sur des algorithmes standards, des recherches plus poussées sur le développement d'algorithmes de réduction de bruit ont été entreprises afin de réduire certains problèmes d'interférence du circuit électronique. Afin de remédier à ces problèmes, deux algorithmes basés sur une analyse fréquentielle par *FFT* ont été envisagés. Cette technique a eu pour but de garder une constance dans le niveau de coupure

du bruit tout au long du jeu, en plus d'essayer de conserver au mieux l'ensemble du son de la guitare. Une porte de bruit par bandes fréquentielles a d'abord été construite. Ensuite, un réducteur de bruit a été élaboré, basé sur la diminution de l'amplitude des bandes fréquentielles parasites selon une analyse préalable de leur empreinte spectrale.

La deuxième section consiste en un ensemble de modules d'effets. Ceux-ci sculptent le son de l'instrument afin d'adapter ce dernier à l'intention des œuvres. C'est à ce stade que des modules de granulation, d'effets spectraux et toute autre manipulation majeure sont enclenchés. Un module d'effets spectraux permettant des modulations d'amplitude, des délais et de la réinjection par tranche fréquentielle a été conçu. Celui-ci est utilisé à l'occasion afin d'étendre ou d'améliorer le son des percussions sur le corps de la guitare par des étirements de certaines fréquences ajoutant ou amplifiant des résonances. Notamment, des modules d'effets par convolution sont souvent employés pour simuler le son d'amplificateurs de guitare par leur réponse impulsionnelle ou en vue d'obtenir des effets non conventionnels tels que des gels à temporalité définie avec modulation d'amplitude.

Les modules de sortie formant la troisième section sont principalement des compresseurs, limiteurs et modules de réverbération permettant une meilleure fusion entre les trames fixes¹ déclenchées et la guitare, tout en empêchant un écrêtage à la sortie audio.

1. Terme que j'utiliserai fréquemment pour exprimer un montage préconçu d'enregistrements de sons

4.3 Stratégie de conception et particularités du logiciel maître

Bien que, dans les oeuvres proposées, les trames fixes aient été composées préalablement à l'aide d'un séquenceur audio traditionnel, l'environnement de jeu *live* a été conçu à l'aide du langage de programmation *Max*. Chaque événement de la pièce peut être établi selon des règles en lien avec la position de lecture dans la trame, le type de jeu sur l'instrument ou, dans le cas de *Synergie I* et *II*, d'après l'interaction avec les capteurs. Conséquemment, une conception logicielle a été réalisée pour chaque oeuvre selon leurs particularités.

Pour les trois oeuvres, le langage *Max* a été choisi pour la conception de l'interface à cause de la facilité et la rapidité de la programmation. Il offre aussi une facilité d'intégration avec d'autres langages informatiques, dont la majorité des langages de programmation audionumériques : CSound, SuperCollider, Chuck, Faust, etc. Les particularités spécifiques aux logiciels des oeuvres seront abordées au chapitre 5.

CHAPITRE 5

COMPOSITIONS MUSICALES

5.1 Introduction

Tout en illustrant la synthèse de ma recherche, les œuvres *Résurgence*, *Synergie I* et *Synergie II* démontrent bien mon évolution de compositeur-interprète en combinant plusieurs influences et connaissances assimilées au fil des ans. L'attrait pour la musique *rock* est fortement ressenti par les motifs rythmiques percussifs, les effets de distorsion, les confrontations entre différents sons ou l'utilisation de textures harmoniques « planantes ». Ma formation classique et jazz a contribué à forger mon style par l'utilisation des multiples techniques de jeu que l'on peut y retrouver et par l'emploi de passages improvisés. Finalement, l'organisation des sons provient de méthodes compositionnelles retrouvées dans la musique électroacoustique et les sons de la guitare sont souvent employés comme *objets sonores*¹. Plus précisément, il y a une recherche de timbres et de nouvelles techniques de jeu en valorisant une écoute réduite afin de sortir des techniques guitaristiques traditionnelles.

5.2 Sources sonores

Les sources sonores utilisées pour les trames fixes dans ces projets de création ont été enregistrées ou créées de toute pièce. Ce principe d'enregistrement et de

1. Tel que défini par *Schaeffer* dans le livre : *Traité des objets musicaux* (Schaeffer, 1977)

traitements des sons constitue une importante technique compositionnelle en musique acousmatique. Au cours de mes études de baccalauréat, l'expérimentation et la modification d'enregistrements de sons d'instruments acoustiques a été une méthode que j'ai souvent utilisée.

Au cours de ma session d'échange à l'Université De Montfort en Angleterre à l'automne 2010, mon goût pour les sonorités bruitées s'est élargi. Lors d'un cours en électronique appliqué au domaine de l'audio supervisé par John Richards, j'ai construit un petit synthétiseur analogique à génération d'ondes carrées et de bruits. Ce dernier m'a servi à enregistrer des sons à morphologie non traditionnelle en utilisant la capacitance du corps humain. Ainsi, les possibilités de jeu sont aléatoires tout en gardant une certaine maîtrise par le côté gestuel.

Avec ces œuvres, j'ai tenté de développer mon style personnel en tant que compositeur et en tant qu'interprète. Par conséquent, ces pièces sont formées principalement d'un amalgame de ces sources sonores avec traitement dans le but de permettre un ensemble sonore qui fusionne aisément. La guitare est utilisée afin de générer du matériel sonore en temps réel. Elle est aussi mise à contribution pour la création de trames fixes afin d'élargir le spectre sonore tout en conservant les sonorités apparentées.

La guitare est souvent pensée en tant qu'objet sonore avec une recherche sur des sonorités non traditionnelles générées par l'utilisation de certaines techniques de jeu ou des traitements audionumériques. Conséquemment, il peut être difficile par moments de bien distinguer la trame fixe de la guitare. Cette particularité est d'autant plus intéressante qu'elle peut démontrer une bonne fusion entre ces dernières ainsi qu'une interaction efficace avec les capteurs.

La conception des trames fixes permet un montage et un micro-montage très structuré. L'utilisation d'un amalgame de sons aide à diversifier les ambiances et textures sonores. Finalement, dû aux limites en calcul des processeurs, la conception sonore en différé offre des possibilités d'agencement et de juxtaposition de sons ou de modules de traitements impossible pour un traitement en temps réel. Ainsi, l'alliage de ces trames avec le jeu de la guitare augmentée souligne les avantages de ces deux méthodes.

5.3 Aspect interprétatif

Contrairement au jeu avec accompagnement par d'autres musiciens où une interaction peut avoir lieu sans préavis, le jeu impliquant l'ordinateur est complètement soumis à des règles préétablies. Certains musiciens pourraient se sentir limités dans leur interprétation, étant obligés de suivre un accompagnateur faisant « la sourde oreille ».

Le fait d'être le compositeur et l'interprète m'a grandement avantage, puisque mon interprétation à la guitare a été prise en considération lors de la conception de chaque événement dans les œuvres au lieu d'appuyer chacun d'eux sur un temps métronomique précis, j'ai plutôt composé en basant les éléments des trames sur le « ressenti » lors du jeu guitaristique. Bien que cela puisse rendre l'interprétation plus difficile pour d'autres musiciens, cette méthode permet d'apporter un côté plus humain à la pièce. L'accent est mis sur une symbiose entre le jeu guitaristique et la trame fixe grâce à une bonne connaissance de celle-ci par l'interprète. Des indices d'événements sont insérés dans la trame afin de faciliter la synchronisation précise de la guitare. Par exemple, dans la pièce *Résurgence*, des sons de déclics peuvent

être entendus avant certains sons percussifs.

Dans le but d'ajouter un profil plus vivant aux pièces, l'utilisation de traitements sur la guitare, ainsi que de nouvelles techniques de jeu, sont employées au lieu d'éléments préenregistrés. Ces traitements sur l'instrument sont fréquemment activés automatiquement selon la position temporelle dans l'œuvre ou d'après certains événements gestuels. Ceci facilite le contrôle des effets sans avoir recours à des danses complexes sur un pédalier.

Finalement, certains gestes sur les capteurs servent de déclencheurs d'événements préenregistrés. Conséquemment, il est plus facile de permettre des points d'orgue ou des respirations.

5.4 *Résurgence*

5.4.1 Description

La pièce *Résurgence* a été composée principalement à l'automne 2011, pendant la construction de ma guitare augmentée, afin d'expérimenter sur différents problèmes compositionnels. Il s'agit d'une pièce combinant guitare, traitements en temps réel et trames fixes. J'ai décidé d'utiliser une guitare électro-acoustique, car cela me permettait d'expérimenter facilement avec différentes méthodes de jeu sur le corps de l'instrument par l'amplification naturelle de celui-ci. Je voulais combiner des techniques d'écriture acousmatique à mon jeu de guitare, en plus d'expérimenter avec différentes approches de génération sonore afin de mieux prévoir la façon d'interagir avec les capteurs.

Le terme « résurgence » signifie la réapparition à l'air libre d'une rivière qui était devenue souterraine ou dont l'eau était absorbée par des cavités souterraines. La pièce est construite à l'image de ce phénomène naturel, par l'utilisation de grandes variations de textures et de dynamiques et l'emploi de différentes intensités mélodiques pouvant illustrer le passage entre diverses cavités et fissures souterraines. L'utilisation d'une progression de l'intensité suivant l'accumulation et l'évolution des sonorités exprime bien cette sortie graduelle à l'air libre, pour finalement prendre toute cette liberté grâce à une synthèse des éléments musicaux de la pièce.

5.4.2 Matériaux

J'ai cherché à étendre la palette sonore de l'instrument par de nouvelles méthodes de jeu. L'amplification naturelle de la guitare acoustique par la caisse de résonance donne à cet instrument un avantage considérable en facilitant un jeu de percussion. Aidés par le microphone intégré et le logiciel informatique, les micros de l'instrument peuvent être amplifiés afin de faire ressortir de nouvelles sonorités. Ainsi, en plus d'un jeu guitaristique traditionnel, ces caractéristiques sont étudiées afin de créer des objets sonores dont le profil suit davantage l'idée compositionnelle permettant une meilleure fusion avec la trame fixe.

5.4.3 Logiciel

L'intention concernant la partie logicielle était de créer un environnement modulaire facilitant l'élaboration de la chaîne d'effets numériques avec des envois directs ou en parallèle. Initialement, une interface utilisateur dotée de plusieurs pan-

neaux illustrant les modules d'effets a été envisagée ; ceux-ci devaient être disposés selon un plan horizontal ou vertical dans le but de préciser s'il y avait un traitement en série ou en parallèle. Néanmoins, bien que le logiciel de cette œuvre s'inspire de cette idée, l'aspect graphique par l'ajout et la suppression de panneaux était en quelque sorte impraticable pour des changements en temps réel. L'ensemble des modules désirés pour la pièce devait être préalablement inséré dans la mémoire vive afin de permettre un accès rapide. La gestion des éléments graphiques apportait de plus une lourdeur au système et à sa conception. Par conséquent, une suite d'effets disposés selon l'ordre désiré pour l'œuvre, avec une activation et une désactivation d'après le choix d'effets désirés, a été préétablie.

Même si plusieurs modules de traitement audionumérique ont été construits pour ce logiciel, seulement une partie de ceux-ci ont été intégrés dans la pièce. Principalement, les modules de filtration, de compression, de délai et de granulation ont été utilisés. Ce dernier type d'effet est le plus utilisé et aide à faire ressortir les micros, particulièrement dans la deuxième partie de la pièce. Enfin, pour cette pièce, l'ensemble du logiciel a été construit à l'aide du langage *Max*.

5.4.4 Structure compositionnelle de l'œuvre

Résurgence est divisée en trois parties, créant une forme en arche (*ABA'*), dont la première et la dernière partie sont rattachées respectivement à une courte introduction et conclusion.

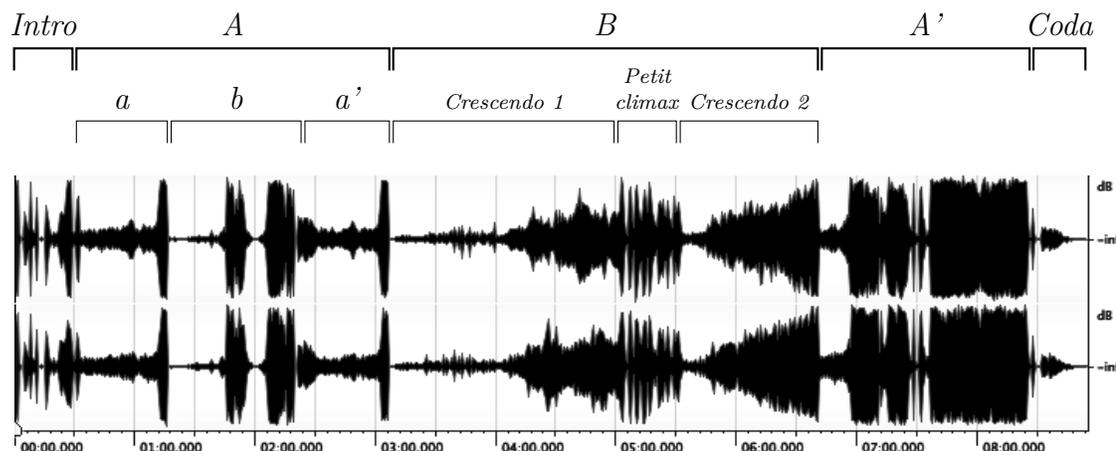


Figure 5.1 – *Résurgence* : Structure compositionnelle

Introduction et première partie

L'introduction débute avec un motif qui reviendra en rappel à plusieurs endroits. Bien que légèrement modifiée, l'intention reste toujours la même et consiste à marquer une transition soudaine vers une nouvelle section. Afin de parfaitement synchroniser le jeu à la guitare et le départ de la trame fixe, le déclenchement de cette dernière est déterminé par le logiciel à l'aide d'une analyse par détection d'attaque sur l'instrument. Le processus d'activation et de désactivation des modules d'effet est mis en marche dès ce départ. Celui-ci consiste en un suivi temporel pour contrôler ces effets selon une séquence prédéterminée dans le temps. L'ensemble des changements se fait automatiquement à l'encontre d'une section. Autour de 2 min 34s, l'effet de granulation est gelé afin de se joindre en arrière-plan avec la trame. L'interprète doit attendre que la résonance de l'accord se soit suffisamment estompée avant d'activer le gel.

Bien que plusieurs repères soient placés dans l'œuvre afin que l'interprète se synchronise avec la trame, l'introduction est l'endroit le plus vide à ce propos.

L'interprète doit donc s'assurer de compter le bon nombre de temps de silence entre les fragments mélodiques. Dans le but d'assurer le jeu à un tempo de 176 bpm à la noire, un effet de délai cadencé à cette valeur métronomique et avec réinjection est inséré sur le son de la guitare. De cette façon, le guitariste obtient la pulsation métronomique dès la première note jouée.

La première partie de l'œuvre (*A*) peut être analysée comme une sous-forme en arche (*aba'*). Elle regroupe différentes subdivisions qui présentent des thèmes et motifs qui reviendront avec variations à différentes reprises au cours de la pièce. La section « *a* » est caractérisée par un jeu d'harmoniques naturelles à la croche qui se termine par un motif d'accord percussif rappelant l'accord initial de l'introduction. Cet accord marque la transition vers la section suivante. La section « *b* », qui est le développement de cette sous-forme, est conçue selon un jeu de dynamiques entre des fragments plus doux, souvent mélodiques, et d'autres avec des percussions intensives. C'est ce jeu qui sera mis de l'avant afin de former l'assise du climax principal de l'œuvre. Finalement, il y a retour de la section « *a* » avec une légère variation de sa durée.

Deuxième partie

Même si la section du développement (*B*) constitue la partie centrale de l'œuvre, celle-ci n'en est pas le point culminant. Composé d'une trame fixe presque absente et, lorsque présente, jouant un rôle d'accompagnement en trame de fond, ce segment est le plus épuré de la pièce. L'emphase est mise sur une recherche de nouveaux timbres et sonorités à la guitare par des techniques de jeu non traditionnelles et mettant en valeur les microsous.

Le passage qui constitue le développement est formé de deux longs crescendos. Le premier se conclut sur un petit climax de jeu en harmoniques naturelles par accords et légèrement percussif et le second sert de tremplin vers la partie A' et prépare le point culminant principal de l'œuvre. Les deux crescendos entourant le petit climax sont formés par le même ostinato rythmique de triolets (Figure 5.2) et sont nuancés par des jeux de variations en intensité. La technique employée au début du premier crescendo consiste en de petits coups avec le bout des doigts sur les cordes. Après quelques mesures, la technique est changée pour un frottement avec les ongles à l'allure d'un trémolo de violon. Des effets de granulation et compression sont appliqués au son de l'instrument afin de bien faire ressortir chaque microson. Pour le deuxième crescendo, la technique est la même que la seconde ici mentionnée, mais en amplifiant davantage le mouvement et en ajoutant des ornements dans le but d'augmenter l'intensité graduellement.

Puisque cette section comporte de longs passages solistes, il est facile de diverger légèrement du tempo. Pour coordonner les passages importants avec la trame fixe, deux techniques ont été utilisées. Premièrement, des indices inscrits sur la trame déterminent des transitions de fragments ou signifient l'arrivée d'un événement. Par exemple, le moment où la trame sort du silence indique qu'il est maintenant temps de passer au fragment utilisant la technique par frottement d'ongles. De même, des sons en crescendo émergent pour signaler l'arrivée des accords en harmonique. La seconde méthode de synchronisation consiste à improviser sur des motifs similaires aux précédents afin d'étirer le jeu en cas d'avance sur la trame ou de couper un



Figure 5.2 – Motif en ostinato rythmique

passage dans le cas contraire.

Point culminant et coda

La troisième partie (*A'*) constitue le point culminant et synthétise l'ensemble de l'œuvre. Une réappropriation des matériaux est effectuée en développant davantage les éléments par de nouveaux agencements harmoniques et rythmiques basés particulièrement sur les passages percussifs précédents. Bien que la majorité des éléments proviennent de la première section de la pièce, des fragments du développement (*B*) sont également perçus permettant de conclure l'œuvre avec cohérence.

Enfin, une mélodie très similaire à la fin du premier mouvement percussif de l'œuvre est entendue afin de former une coda. Ainsi, elle rappelle ce passage, mais de façon plus calme par une longue tenue finale en *decrescendo* naturel à la guitare comme une source d'eau s'en allant au loin.

5.5 *Synergie*

5.5.1 Introduction

« *Synergie* » est une suite de deux œuvres formant une synthèse du travail de recherche, de développement et des connaissances acquises tout au long de la création de cet instrument.

Le terme « synergie » signifie une coordination de plusieurs choses, actions ou ressources qui concourent à un effet unique et précis. Selon cette image, les pièces

ont été composées dans l'optique de créer une symbiose entre l'aspect mécanique de la guitare (les capteurs et les techniques de jeu), l'aspect informatique rattaché à celle-ci et le jeu en temps réel. Ces éléments sont unis dans le but de créer un ensemble à caractère unique et cohérent où le jeu interprétatif est associé étroitement aux composantes électroacoustiques.

Contrairement à *Résurgence* où une approche mixte conventionnelle est clairement perçue, *Synergie I* et *II* se rapprochent davantage des pièces acousmatiques, puisqu'une recherche de nouvelles textures sonores est mise de l'avant à l'aide des nouvelles possibilités offertes par l'instrument. Celui-ci est davantage utilisé pour ses nouveaux effets et couleurs que pour ses sonorités traditionnelles.

5.5.2 Improvisation

Dans les deux pièces de la suite, il y a une utilisation notable de fragments improvisés. Concrètement, plusieurs notes sont improvisées ou une idée mélodique est préétablie et récupérée dans le but de développer un jeu s'en inspirant.

5.6 *Synergie I*

5.6.1 Description

Synergie I est la première œuvre composée avec l'ensemble des capteurs sur la guitare. Tout au long de son déroulement, elle expose chaque capteur de façon individuelle selon un emploi spécifique au premier plan.

5.6.2 Matériaux

La guitare et ses nouvelles sonorités rendues possibles par les capteurs constituent le noyau sonore de cette pièce. Ainsi, des longues tenues avec le *SEEC*, une harmonisation par des transpositions utilisant le capteur de pression et des jeux de percussions sur le corps de l'instrument sont mis à l'avant-plan. La trame fixe a été créée à partir d'enregistrement de la guitare, de percussions, d'un synthétiseur analogique et d'autres éléments échantillonnés tels : porte de fours, grille-pain, chaise, etc.

Le long crescendo de la deuxième partie de l'œuvre est principalement formé de l'enregistrement d'un accord sur l'ensemble des cordes ouvertes de la guitare. Celui-ci est récupéré, étiré, dupliqué et transposé afin de permettre une apparition suivant l'intensité du mouvement par des jeux d'entrées-sorties des différentes couches harmoniques.

5.6.3 Logiciel

Une nouvelle approche a été initiée avec l'intention de faciliter le changement d'effets en temps réel en limitant la lourdeur des composantes graphiques. Pour y arriver, un langage de programmation interprété a été allié au langage *Max*. J'estime que ce type de langage textuel est souvent plus rapide et simple à programmer dans de telles situations. En fait, la stratégie a été d'utiliser les avantages de plusieurs langages de programmation musicale afin de concevoir un logiciel performant et facilitant l'adaptation d'après les particularités de chaque pièce.

La sélection du langage de programmation textuel a été difficile à statuer

puisque chaque langage détient des avantages, mais aussi des inconvénients. Par exemple, le langage *Faust* est très performant, mais ne permet aucun traitement par *FFT* ni l'arrêt de processus afin de libérer le processeur. De même, les langages *Chuck* et *Pyo* offrent une meilleure modularité avec contrôle sur la gestion du processeur, mais leur utilisation en puissance de calcul est plus importante. J'avais une préférence pour le langage *Pyo* par sa clarté et sa facilité à programmer. Conséquemment, j'ai entrepris le développement de l'intégration de ce langage dans divers logiciels, dont *Max*.

5.6.3.1 Intégration de *Pyo*

Le fait d'insérer *Pyo* en tant que plug-in ouvre de nouvelles possibilités sur la façon d'interagir avec celui-ci et facilite la création d'outils de traitements des sons. En utilisant *Pyo*, nous devons créer l'entièreté du logiciel ou presque et cela peut être long et fastidieux. Si nous voulons que le logiciel soit complet, il nous faut développer toute la gestion de logique au bon déroulement de celui-ci, ainsi que de créer une interface graphique afin d'interagir avec le code de façon intuitive. Le fait de l'employer comme logiciel permet d'utiliser toutes les ressources déjà incluses au logiciel hôte. Par exemple, si nous utilisons un séquenceur audio, tout l'envoi de séquences et d'automatisation de paramètres du script *Pyo* pourra être réalisé par celui-ci. Par conséquent, l'aspect temporel des déclenchements événementiels n'a pas à être spécifié dans le script *Pyo* puisque cette gestion sera faite par le séquenceur. Ces déclenchements pourront également être faits au moment voulu et en lien avec un agencement de sons inclus dans la ligne temporelle du séquenceur. Parallèlement, des logiciels modulaires tels que *Max* ou *PureData* peuvent offrir des possibilités d'interaction infinies selon les idées du concepteur.

Pyo, étant un module Python, est utilisé principalement par des personnes expérimentées en programmation puisqu'il doit être écrit et lancé par lignes de code. Cela empêche quelques utilisateurs de domaines externes d'utiliser ce langage tels des interprètes, des compositeurs et autres. Ces plug-ins permettent d'utiliser le langage facilement car toute la structure du logiciel n'est pas à écrire, mais seulement les quelques lignes de code sur le traitement voulu et ceux spécifiant les paramètres de contrôle au logiciel hôte.

De multiples obstacles ont été rencontrés lors du développement de ces plugiciels. Les principales difficultés ont été causées par le fait qu'on ne peut retrouver plus d'un interpréteur *Python* dans un même logiciel et qu'on ne peut y faire d'appels en parallèle. Cela cause des problèmes lorsque la coexistence de plusieurs plug-ins *Pyo* est souhaitable. Néanmoins, afin de contourner ces restrictions, la création d'un sous-interpréteur par plug-in en plus d'une communication directe avec les données de *Pyo* par adresse mémoire, limitant l'interaction avec le langage *Python*, a été utilisée. Bien que je n'entrai pas dans les détails sur l'élaboration de ces plugiciels, baptisé « PyoPlug », le code source de ceux-ci peut être retrouvé en annexe à ce mémoire et sur internet².

5.6.4 Structure compositionnelle de l'œuvre

La structure de l'œuvre est constituée de deux longs mouvements. Le premier est formé d'un long crescendo et le second d'un autre crescendo suivi d'un decrescendo. Nous pouvons percevoir cette pièce comme deux longs souffles dont le premier est coupé soudainement et le second est livré dans son intégralité.

2. Voir lien en référence : Barrette (2012)

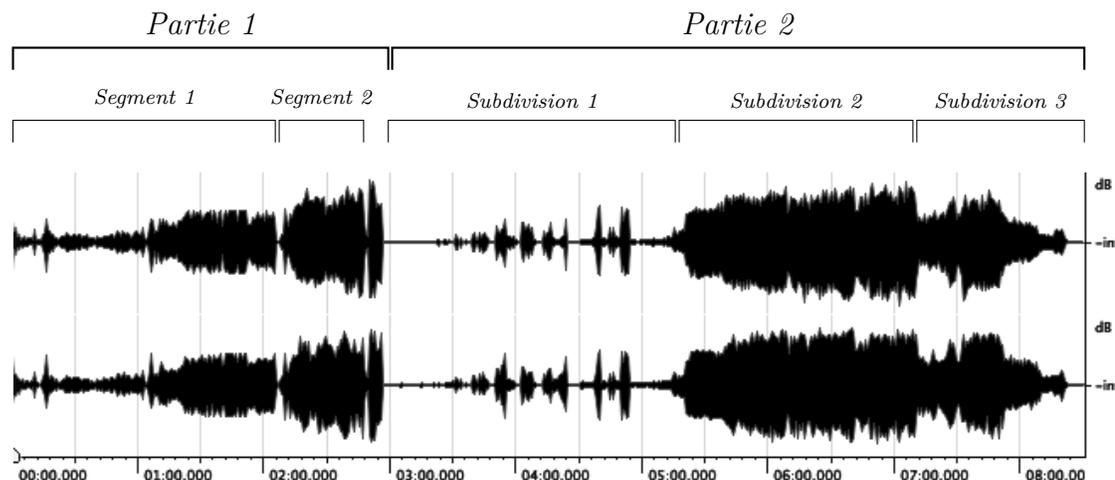


Figure 5.3 – *Synergie I* : Structure compositionnelle

Premier mouvement

Bien que cette pièce utilise le système d’augmentation complet, le premier mouvement constitue une transition avec mes pièces précédentes qui utilisaient principalement le *SEEC* ainsi que le microphone de contact. Cette première partie se subdivise en deux segments dont le premier est uniquement composé du son direct de la guitare aidé du *SEEC*.

Les différentes fonctions du *SEEC* sont utilisées pour marquer une élévation en intensité portant la première phase du crescendo. Celle-ci consiste en trois attaques sur un accord semi-étouffé aidées d’un effet de granulation et divisées par des vagues créées par le frottement des mains sur les cordes. Le système d’entretien n’est pas employé lors de la première attaque (vidéo à 00 : 00 : 04), afin d’exposer la morphologie d’attaque-résonance typique de la guitare électrique. La seconde attaque présente, quant à elle, le *SEEC* en mode harmonique (vidéo à 00 : 00 : 25). Ce mode apporte un côté mystérieux et rêveur tout en restant plus délicat que le mode naturel tout en assistant l’élan du crescendo. De subtiles variations sonores

sont amenées au moyen d'un jeu de rotation du corps de l'instrument selon différents plans. En variant l'angle de la guitare, des forces d'inertie sont appliquées en plus de changer la direction de la force gravitationnelle. Ces simples changements de force sont suffisants pour modifier l'interaction du système avec les cordes et permettre des variations d'amplitude. La troisième attaque utilise le mode normal du *SEEC* pour retrouver un son plus riche contribuant à la montée du crescendo (vidéo à 00 : 01 : 12). Dans la même optique, une progression de notes et d'accords s'ajoute pour dramatiser le jeu.

Au terme de ces variations formant cette première subdivision, l'accéléromètre est mis en jeu afin de déclencher une trame fixe (vidéo à 00 : 02 : 08). Dans le but de simplifier le contrôle pour l'interprète, les données de l'accéléromètre sont activées par le pédalier. Une analyse sur les données de l'accéléromètre est effectuée pour déclencher l'événement seulement au moment prévu. Ce déclenchement est provoqué par la détection d'un mouvement brusque avec la guitare et selon un angle d'inclinaison dépassant 60° par rapport au plan standard de jeu.

La trame fixe débute par un décliquetage métallique qui se découpe sur l'ambiance méditative de la guitare. À la suite d'un bref silence, une ouverture granuleuse accompagnée d'un souffle aide à fusionner les nouveaux sons fixés à cette ambiance. Cette deuxième subdivision de ce premier mouvement expose le côté d'écriture sur support fixe et introduit de nombreux éléments et motifs qui seront repris à différents moments dans l'œuvre. Une accumulation de ces fragments contribue à l'amplification du long crescendo d'ouverture jusqu'à un point culminant agressif formant une transition brève vers le second mouvement. Comme la subdivision précédente, cette section continue avec le *SEEC* à la guitare, mais introduit de légères percussions sur le corps de l'instrument tout en ajoutant quelques

variations harmoniques à l'aide du capteur de pression à l'arrière du manche.

Deuxième mouvement

Ce mouvement est délimité par trois subdivisions formant un mouvement de vague. La première est une accalmie marquée par des ponctuations de plus en plus agitées telles de petites vagues qui se brisent au loin tout en s'approchant. Celle-ci est de forme contrastante aux deux crescendos principaux ; néanmoins, elle établit un lien clair avec les motifs bruités que l'on retrouve tout au long de l'œuvre. Cette section utilise deux interactions entre l'interprète et les sons fixés. Il y a d'abord le jeu d'opposition où la guitare se voit coupée par les passages de trames fixes. Il y a ensuite l'alliage entre l'interprète et un second ensemble de sons fixés déclenché par le capteur capacitif. Dès que le guitariste entre en contact avec un élément métallique sur l'instrument, la trame est activée (ex. vidéo à 00 : 03 : 08), puis elle est arrêtée à la rupture du contact (ex. vidéo à 00 : 03 : 13). Des sons bruités avec modulation constituent principalement cette trame. Celle-ci est employée comme élément soliste, puis comme élément d'harmonisation aux fragments de guitare.

Peu avant la fin de la première subdivision, un bourdon³ est introduit en arrière-plan et forme la pédale soutenant le crescendo principal du mouvement. Dans la même optique que *Résurgence*, cette deuxième subdivision est marquée par un ostinato rythmique. Celui-ci est basé sur un motif rythmique de croches obtenu en tapant sur le dessus des cordes. Un effet de granulation est utilisé, avec des grains à motifs rythmés et dispersés de chaque côté du champ stéréophonique.

Le jeu d'ostinato suit le crescendo en passant de tapes étouffées à faible ampli-

3. Communément appelé : drone

tude sonore vers un jeu de plus en plus ouvert et intense. La trame fixe propose un crescendo par accumulation d'éléments et de motifs. La guitare, en utilisant un mode de jeu non-traditionnel, se fusionne facilement à la trame fixe et forme une masse sonore de plus en plus riche. Les motifs de la trame et les fragments mélodiques et harmoniques à la guitare permettent tout de même de garder une certaine indépendance de voix. Cependant, l'accent est mis sur l'alliage entre l'ensemble des sons afin d'amener l'apogée du crescendo vers un état riche, dense et agité comme au moment où une vague se brise. Le climax de l'évolution du crescendo, qui est en même temps le point le plus fort de l'œuvre, inclut la majorité des éléments précédemment exposés permettant ainsi de créer une unité.

Le rythme entretenu au long de cette montée est lui aussi brisé comme la vague et forme cette troisième et dernière subdivision de la pièce. Cette partie contraste avec l'agitation précédente comme un retour au calme après la tempête. L'étalage harmonique de la partie précédente est fusionné au jeu méditatif du début. De cette façon, une ambiance éthérée est créée et crée un sentiment de paix intérieure.

Dans cette dernière partie, le capteur de pression à l'arrière du manche est utilisé pour contrôler un morpage⁴ du son original de la guitare à une transposition d'une octave au-dessus. Cet effet est facilement entendu à la toute fin de l'œuvre sur le dernier accord entretenu lors d'une transition passant de la transposition vers le son normal de la guitare (vidéo : transition de 00 : 08 : 16 à 00 : 08 : 20).

4. Transformation d'un son en un autre de façon continue. Communément appelé « morphing »

5.7 *Synergie II*

5.7.1 Description

Synergie II s'inscrit en continuité avec *Synergie I*. Elle explore davantage l'interaction avec les capteurs en tentant de contrôler plus de paramètres simultanément. L'ensemble des capteurs est utilisé plusieurs fois au cours de l'œuvre au lieu de les exposer un par un.

5.7.2 Matériaux

Au fil de la pièce, il y a une utilisation fréquente d'un effet qui dirige le son de la guitare vers un module de traitement par convolution⁵. Le niveau de gain d'envoi du son de la guitare est proportionnel à son degré d'inclinaison vers le haut : plus l'inclinaison est élevée, plus le volume vers l'entrée de l'effet est augmenté. Une convolution est effectuée entre le son de l'instrument et un fichier audio (Figure 5.4), composé d'un bruit blanc de dix secondes auquel une enveloppe est appliquée. Cette enveloppe comporte une légère attaque suivie d'un déclin sur approximativement deux secondes, un léger déclin pendant six secondes et un crescendo exponentiel d'environ une seconde et demie à la fin. L'effet résultant de la convolution entre ces deux sons est un gel de dix secondes appliqué au son de la guitare avec une variation d'amplitude suivant cette enveloppe.

5. Transformation par laquelle deux fonctions sont mises dans un rapport évoquant un enroulement de l'une autour de l'autre. Dans le domaine de l'audio, une convolution entre deux sons dans le domaine temporel signifie une multiplication de leur spectre dans le domaine fréquentiel (Barry Truax, 2003)

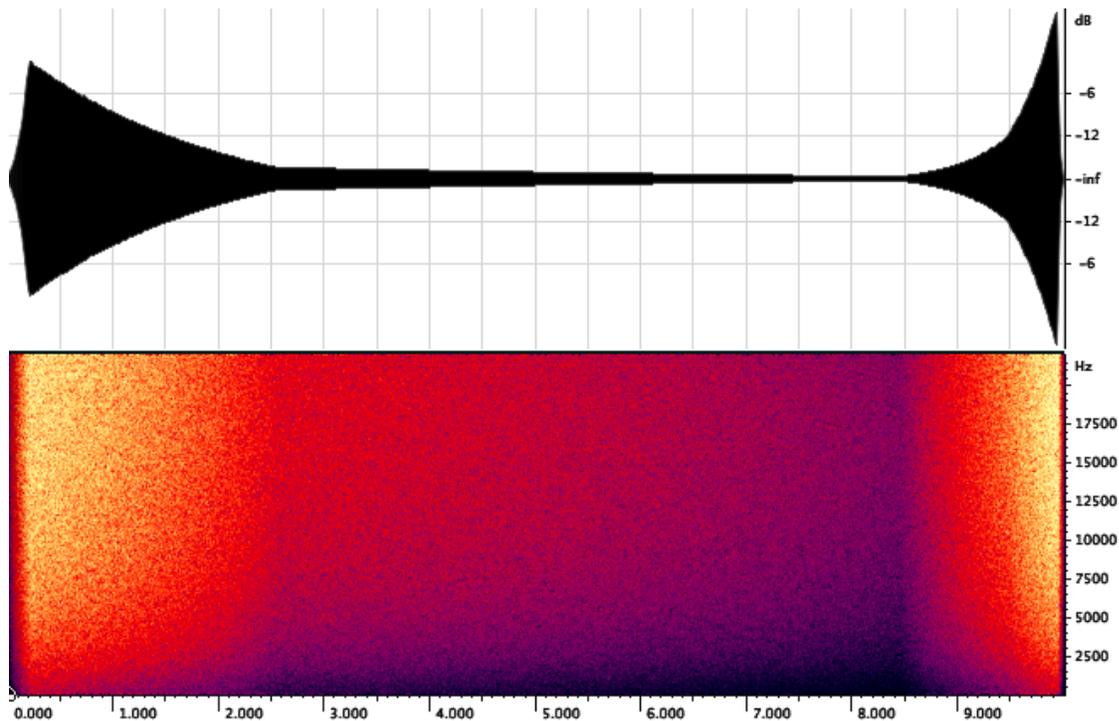


Figure 5.4 – Fichier fabriqué pour l’effet par convolution

5.7.3 Logiciel

Bien que j’apprécie le langage *Pyo*, quelques inconvénients ont été relevés lors du développement. En fait, une certaine lourdeur dans le calcul par *FFT* a empêché de passer l’ensemble des traitements numériques, d’autant plus que le langage *Max* était plus performant à ce sujet. Parallèlement, une légère instabilité dans l’envoi des données de paramètres au logiciel par l’objet « VST » de *Max* m’a contraint de prendre davantage de précautions. Conséquemment, la stratégie de conception du logiciel a été modifiée. Le langage *Max* a plutôt été employé pour la création de l’interface et les effets par *FFT* avec l’utilisation de *Gen* pour accélérer certains calculs, ainsi que du langage *Faust* pour quelques modules de traitement.

5.7.4 Structure compositionnelle de l'œuvre

La structure de l'œuvre présente certaines similarités avec celle de *Résurgence*. Bien que leurs divisions internes soient différentes, la structure globale des deux œuvres comporte une introduction suivie de trois sections puis d'une coda.

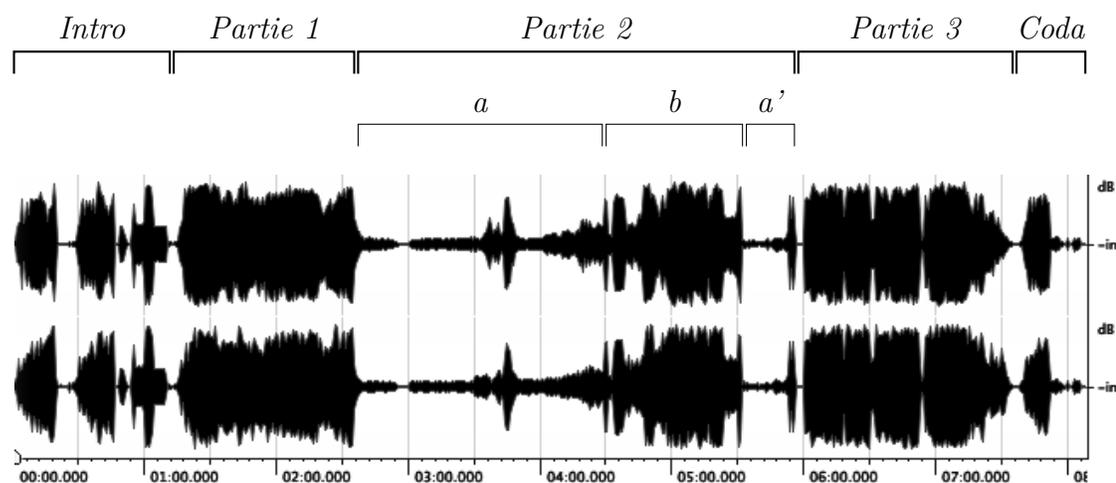


Figure 5.5 – *Synergie II* : Structure compositionnelle

Introduction

L'ouverture de la pièce fusionne le son de la guitare, l'interaction liée au contrôle par capteurs gestuels et les éléments électroacoustiques (sons fixés et traitements audionumériques). Contrairement à *Synergie I* où le capteur capacitif déclenche une trame fixe lorsque l'interprète touche un élément actif sur la guitare, cette fois-ci la trame est activée lorsqu'il n'y a plus de contact avec l'instrument et s'arrête lorsque le contact est rétabli. Grâce aux particularités du *SEEC*, les cordes de l'instrument se mettent en vibration lorsque les mains se retirent des cordes et se font bloquer lors d'un nouveau contact. La trame de sons fixés suit le profil habituel du *SEEC* par un lent crescendo, accentuant la fusion avec la guitare. Cette technique est

utilisée pour les deux premières entrées de la guitare (vidéo : entrée 1 de 00 : 00 : 16 à 00 : 00 : 37 — entrée 2 de 00 : 00 : 43 à 00 : 01 : 05).

Après ces deux montées utilisant le *SEEC* et le capteur capacitif, une série de deux notes en harmoniques est jouée. Puis, la guitare est levée vers le haut, parallèle au sol. Cette action, captée par l'accéléromètre, cause le déclenchement d'une trame fixe, en plus d'activer l'effet par convolution mentionné au chapitre 5.7.2 (vidéo à 00 : 01 : 10). À la suite de ce déclenchement accompagné d'un effet par convolution, le logiciel se prépare à activer une nouvelle trame, formant la seconde section de l'œuvre.

Première partie

La première partie débute en utilisant la même technique que l'introduction, soit l'usage du capteur capacitif afin de déclencher une trame qui suit l'enveloppe du *SEEC*.

Après une certaine période d'action du *SEEC* sur les cordes ouvertes, le guitariste développe son jeu en suivant le développement en intensité de la trame en utilisant des changements d'accords et des séries de jeux percussifs en simultané sur le corps de l'instrument. Le capteur de pression à l'arrière du manche est employé pour augmenter le niveau d'intensité avec des ajouts d'harmonisation sur le son de la guitare.

Cette partie est aussi une anticipation du développement de l'ensemble de l'œuvre par l'exposition de plusieurs éléments qui seront réutilisés et remodelés maintes fois. Une masse sonore à plusieurs plans est ainsi créée et prépare la dua-

lité et l'unité entre la trame et la guitare.

Enfin, un épaississement de la masse sonore est effectué à la fin par une accumulation d'éléments sonores et de mouvements. Cette progression aide à créer un tremplin vers la deuxième section, tel un saut vers le domaine du rêve.

Deuxième partie — le rêve

La deuxième partie, comme énoncé précédemment, est une réflexion sur le rêve. Elle nous transporte dans un monde nouveau, avec de nouvelles couleurs et des jeux de textures. Cette partie forme une masse texturale vivante grâce à des jeux de reliefs sur plusieurs plans où les sonorités aériennes sont prédominantes. Elle comporte trois subdivisions structurées selon une forme *aba'*. Nous y retrouvons une confrontation entre le rêve et le réel au cours des passages où les fragments sonores apparaissent à l'avant-plan. Ils proposent ainsi une sortie du rêve vers le réel. Cette idée est développée tout au long des sous-sections par des matières sonores lointaines et éthérées caractérisant le rêve et d'autres matières sonores plus énergiques à l'avant-plan définissant le réel.

La première subdivision (*a*) se distingue en étant le segment le plus calme de l'œuvre et représentant dans son ensemble l'état de rêve. Par l'utilisation du SEEC, le rêve est défini par un jeu défiant les lois habituelles de la physique associée à la guitare. Le choix de ce mode de jeu vise la création d'une ambiance envoûtante par des notes légères et des polyphonies à étendue large. De même, il y a une utilisation fréquente de notes aiguës, en plus de passages en harmoniques supérieures, au moyen du mode harmonique ou à l'aide du capteur de pression à l'arrière du manche. Un léger trémolo sur le son est perçu lorsque l'effet est réalisé à partir

de ce capteur (ex. vidéo à 00 : 03 : 28). Finalement, un effet par convolution sur une réponse impulsionnelle de 10 secondes est employé pour créer des strates sonores (ex. vidéo à 00 : 03 : 40). Ceci permet un meilleur lissage entre les sons, ce qui favorise l'ambiance éthérée. La convolution est constamment en action, mais le niveau d'entrée du son de la guitare vers celle-ci est déterminé par l'ampleur d'un mouvement de rotation vers le haut ; plus la guitare est levée vers le haut, plus le niveau d'entrée est élevé.

La deuxième sous-section est caractérisée par un regain d'énergie avec des mouvements et des perturbations dans la trame fixe et le jeu de l'interprète. La trame est plus présente que dans la sous-section précédente. Cette subdivision « *b* » explore un déséquilibre entre le rêve et l'état normal, à l'image d'une tentative de sortie, mais sans y arriver. Un jeu plus énergique et mélodique à la guitare est combiné aux effets. La trame fixe tente, quant à elle, de retrouver l'énergie de la première partie de la pièce, mais éprouve des difficultés, d'où les perturbations et les confrontations avec la guitare. Juste avant la fin de cette deuxième subdivision, il y a un relâchement de la trame laissant seulement ressortir la guitare. Ce dernier passage est créé par l'envoi d'un accord entretenu par le *SEEC* à l'effet de convolution.

Enfin, la sous-division « *a'* » marque la fin de cette deuxième partie et dénote la transition complète du rêve à la réalité. La dernière transition marque ce retour au rêve, mais ce recul est utilisé pour préparer le retour à la réalité de manière plus dramatique. Il y a un mouvement de dégradation sonore perçu lors de l'accumulation finale de cette subdivision. Cette détérioration jusqu'au silence suggère le déchirement complet ou la sortie intégrale du rêve. Un point d'orgue est inséré afin de tenir l'auditeur en haleine pendant quelques secondes et marquer cette sortie

vers le réel.

Troisième partie et coda

La troisième partie est l'apogée de l'œuvre par son degré d'intensité et de mouvement. Elle combine l'ensemble des matériaux sonores de toute la pièce. Elle est en quelque sorte une fusion de la masse sonore de la première partie avec l'énergie et le déséquilibre de la subdivision « *b* » de la deuxième partie. La dualité entre la trame et la guitare est accrue afin de créer une certaine impression de chaos. Un côté symbiotique est maintenu par un jeu de textures formant une masse sonore.

Dans cette partie, la trame fixe est déclenchée par un coup percussif sur le corps de la guitare à l'aide du microphone de contact (vidéo à 00 : 06 : 19). La guitare poursuit ensuite avec un jeu mélodique, agressif et rapide. L'interprète est libre ici d'utiliser l'ensemble des capteurs. Cette section est marquée par des arrêts brusques de la trame. Ces interruptions ajoutent des points de suspension dramatiques permettant un dialogue. De même, ces discontinuités amènent des passages marqués à la guitare et offrent la possibilité de silences expressifs lors d'un arrêt complet. En guise de finale à cette partie, une dernière transition brusque vers un passage percussif sur le corps de l'instrument apporte la coda de l'œuvre.

La coda est un rappel du jeu en crescendo entendu à l'introduction. Bien que l'idée initiale soit la même, l'ajout d'autres capteurs apporte une nouvelle direction au profil final. L'accéléromètre est utilisé afin d'envoyer le son de l'instrument à l'effet par convolution et le capteur de pression ajoute de légères variations à la hauteur du son. La finale est plus éthérée et suit le mouvement de vague de l'effet de convolution.

CONCLUSION

La recherche dans le cadre de ce mémoire m'a permis de développer mes aptitudes compositionnelles, en plus d'acquérir de nouvelles connaissances sur la conception de circuits électroniques et de programmes informatiques. Ces points sont des atouts importants pour le bon cheminement de mes projets futurs.

Tout comme une œuvre musicale dont, à mon sens, on ne peut réellement achever la création, ce projet de guitare augmentée sera en continuel développement. Je vise d'abord à résoudre certains problèmes comme les bruits d'interférence. Par la suite, plusieurs expérimentations électroniques et logicielles pourront être entreprises. J'envisage par exemple un contrôle direct sur le microcontrôleur par le logiciel principal. De nouveaux capteurs pourraient aussi être ajoutés afin d'amener de nouvelles possibilités à l'instrument. Puisque la spatialisation est un aspect important et appréciable de la musique électroacoustique, j'aimerais étudier la conception d'un système en temps réel contrôlé par les capteurs permettant le déplacement d'objets sonores dans l'espace.

À l'été 2013, j'ai collaboré avec un collègue de l'Université de Mons, Loïc Reboursière, sur l'exploration d'effets hexaphoniques à la guitare. Lors de ces recherches, nous avons constaté qu'un effet audionumérique standard pouvait générer de nouvelles subtilités intéressantes de timbre simplement par l'insertion d'un module de cet effet par corde et en modifiant légèrement leurs paramètres respectifs. À la suite de ces observations, je projette de pousser les recherches sur ces traitements hexaphoniques dans le but de découvrir de nouvelles palettes sonores.

BIBLIOGRAPHIE

- David M. Alter. *Using PWM Output as a Digital-to-Analog Converter on a TMS320F280x Digital Signal Controller*. Texas Instruments, 2008. URL <http://www.ti.com/lit/an/spraa88a/spraa88a.pdf>. Application Report.
- ARM Ltd. Arm processor architecture. URL <http://www.arm.com/products/processors/instruction-set-architectures/index.php>.
- G. Barrette. PyoPlug — Framework to embed the python module for digital signal processing “Pyo” into different types of audio plugins, October 2012. URL <https://github.com/guibarrette/PyoPlug>.
- Barry Truax. Convolution, 2003. URL <http://www.sfu.ca/~truax/conv.html>.
- Bert Bongers. Physical Interfaces in the Electronic Arts. Interaction Theory and Interfacing Techniques for Real-time Performance. In *Trends in Gestural Control of*, pages 41–70, 2000. URL <http://www.soundartarchive.net/articles/Bongers%20-xxxx-Physical%20Interfaces%20in%20the%20Electronic%20Arts.pdf>.
- R.C. Boulanger and V. Lazzarini. *The Audio Programming Book*. MIT Press, 2011. ISBN 9780262014465.
- D. Brosnac. *Guitar Electronics for Musicians*. Omnibus Press, 2011. ISBN 9780857126740. URL <https://books.google.ca/books?id=hfc-qUNTU-kC>.
- Jean-François Charles. A Tutorial on Spectral Sound Processing Using Max/MSP and Jitter. *Computer Music Journal*, 32(3) :87–102, 2008. URL <http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/comj.2008.32.3.87#.VHAEDcYf1Rk>.

Cléo Palacio Quintin. Eight Years of Practice on the Hyper-Flute : Technological and Musical Perspectives. In *NIME 2008 : New Interfaces for Musical Expression*, pages 293–298, 2008. URL http://www.nime.org/proceedings/2008/nime2008_293.pdf.

Curtis Bahn. SBASS – sensor bass. URL <http://www.arts.rpi.edu/~bahnc2/activities/sbass.htm>.

elkevo. TaurEx, October 2012. URL <http://lajunkielovegun.com/WP/?p=205>.

Eowave. Eobody3 Sensorbox. URL <http://www.eowave.com/products.php?prod=72>.

Adrian Freed and Andy Schmeder. Features and Future of Open Sound Control version 1.1 for NIME. In *NIME*, 04/06/2009 2009. URL <http://cnmat.berkeley.edu/node/7002>.

Christian Frisson, Loïc Reboursière, Wen-Yang Chu, Otso Lähdeoja, John Anderson Mills III, Cécile Picard, Ao Shen, and Todor Todoroff. Multimodal Guitar : Performance Toolbox and Study Workbench. In Thierry Dutoit and Benoît Macq, editors, *QPSR of the numediart research program*, volume 2, pages 67–84. numediart Research Program on Digital Art Technologies, 9 2009. URL http://www.numediart.org/docs/numediart_2009_s07_p1_report.pdf.

GeekPhysical. Arduino do the touché dance, May 2012. URL <http://dztlsevilgeniuslair.blogspot.it/2012/05/arduino-do-touche-dance.html>.

M. Hiscock and B. May. *Make Your Own Electric Guitar*. NBS Publications, 1999. ISBN 9780953104901.

- Infusion Systems. I-CubeX. URL http://infusionsystems.com/catalog/product_info.php/products_id/28.
- Interlink Electronics. *FSR 408 Data Sheet*. Interlink Electronics, 2010. URL <http://www.interlinkelectronics.com/FSR408.php>. 1–4.
- John Robert Ferguson. Machine-assembled dislocation (mad), 2014. URL <http://www.johnrobertferguson.com/machine-assembled-dislocation-mad/>.
- Otso Lähdeoja. Une Approche De L’Instrument Augmenté : Le Cas De La Guitare Électrique. In *Proceedings of the 19th International Conference of the Association Francophone D’Interaction Homme-Machine*, IHM ’07, pages 241–244, New York, NY, USA, 2007. ACM. ISBN 978-1-59593-791-9. doi : 10.1145/1541436.1541483. URL http://jim.afim-asso.org/jim08/upload/14_otsolahdeoja_JIM2.pdf.
- Otso Lähdeoja. *Une approche de l’instrument augmenté : la guitare électrique*. PhD thesis, Paris 8, Septembre 2010. URL http://1.static.e-corpus.org/download/notice_file/1563238/LAHDEOJA.pdf.
- L. Landy. Reviewing the Musicology of Electroacoustic Music. *Organised Sound*, 4(1) :61–70, 1999.
- Joseph W. Malloch. *A Consort of Gestural Musical Controllers : Design, Construction, and Performance*. PhD thesis, McGill University, February 2008. URL http://www.idmil.org/_media/publications/2007/malloch_ma_thesis.pdf?id=projects%3Athe_t-stick&cache=cache.
- Matthew Burtner. Metasaxophone systems : Evolving new music and technologies for the saxophone, 2004. URL <https://ccrma.stanford.edu/~mburtner/metasax.html>.

- Measurement Specialties. *Piezo Film Sensors - Technical Manual*. Measurement Specialties, 2008. URL http://www.meas-spec.com/downloads/Piezo_Technical_Manual.pdf. Manuel.
- G. Meijer. *Smart Sensor Systems*. Wiley, 2008. ISBN 9780470866924. URL <http://books.google.ca/books?id=Y1ZdqQc4UiUC>.
- Eduardo Reck Miranda and Marcelo Wanderley. *New Digital Musical Instruments : Control And Interaction Beyond the Keyboard (Computer Music and Digital Audio Series)*. A-R Editions, Inc., Madison, WI, USA, 2006. ISBN 089579585X.
- Y. Orlarey. *Faust 0.9.40 Quick Reference*, 2011. URL <http://faust.grame.fr/images/faust-doc/Faust-quick-reference.pdf>.
- Perry Cook and Dexter Morrill. The Cook/Morrill Trumpet — Augmenting the Expert Musical Performer. URL <http://soundlab.cs.princeton.edu/research/controllers/CMTrumpet/>.
- S. Pratt. Capacitance Sensors for Human Interfaces to Electronic Equipment. *Analog Dialogue*, 40(10) :1–4, 2006.
- W. Putnam & R. Benjamin Knapp. *Input/Data Acquisition System Design for Human Computer Interfacing*. Stanford, 1996. URL <http://www.cs.princeton.edu/~prc/MUS539/Sensors.pdf>. 1–29.
- Curtis Roads. *The Computer Music Tutorial*. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1996. ISBN 0262680823.
- Munehiko Sato, Ivan Poupyrev, and Chris Harrison. Touché : Enhancing Touch Interaction on Humans, Screens, Liquids, and Everyday Objects. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '12, pages

- 483–492, New York, NY, USA, 2012. ACM. ISBN 978-1-4503-1015-4. doi : 10.1145/2207676.2207743. URL <http://www.disneyresearch.com/wp-content/uploads/touchechi2012.pdf>.
- P. Schaeffer. *Traité des objets musicaux : essai interdisciplines*. Collection Pierres vives. Éditions du Seuil, 1977. ISBN 9782020026086.
- ST. *LIS302DL*. STMicroelectronics, 2008. URL <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/CD00135460.pdf>. Manuel.
- ST. *STM32F4DISCOVERY*. STMicroelectronics, 2011. URL http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/data_brief/DM00037955.pdf. Manuel.
- STMicroelectronics. *RM0090 Reference manual — STM32F405xx, STM32F407xx, STM32F415xx and STM32F417xx advanced ARM-based 32-bit MCUs*. STMicroelectronics, 2011. URL http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/reference_manual/DM00031020.pdf.
- TI. *LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier*. Texas Instruments, 2000. URL <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm386.pdf>. Manuel.
- Udo Zolzer. *DAFX : Digital Audio Effects*. Wiley Publishing, 2nd edition, 2011. ISBN 0470665998, 9780470665992.

GLOSSAIRE

bourdon

(musique) Ton qui sert de basse continue. 65, 83

coroutine

(informatique) Routine qui commence son exécution à l'endroit où le programme a été interrompu pour la dernière fois. 45

drone

(musique) Usage de bourdons, utilisant des sons, notes et clusters maintenus ou répétés. 65

électroacoustique

(musique) Technique qui assure, par des moyens électriques, la production, l'enregistrement, la manipulation, la reproduction, la transmission, la restitution des signaux acoustiques. v, xxvii, 2, 3, 14, 33, 49, 59, 69

horloge

(informatique) Circuit électronique qui génère des impulsions électriques à une fréquence fixe. Permet de synchroniser divers éléments comme un processeur ou des nœuds de communication dans un réseau. 27, 45

interpréteur

(informatique) Logiciel d'interprétation. 62

mappage

(musique/informatique) Opération qui associe chaque élément d'un ensemble donné à un ou plusieurs éléments d'un second ensemble. Autre appellation : *mapping*. xvii, 6, 15

microcontrôleur

(électronique) Circuit intégré programmable qui regroupe : microprocesseur, mémoire morte, mémoire vive, unités périphériques et interfaces d'entrées-sorties. v, x, 19, 25–27, 29, 39–42, 44, 45, 75

micrologiciel

(informatique) Logiciel intégré dans un composant matériel. Autres appellations : *firmware*, logiciel embarqué. v, xi, 29, 45

pickup

(électronique) Microphone magnétique captant les vibrations mécaniques des instruments à corde métallique comme la guitare électrique, guitare basse électrique et les convertit en un signal électrique analogue. 22, 30, 31, 33, 40

piézoélectricité

(électronique) Apparition d'une polarisation électrique sur certains cristaux soumis à une contrainte mécanique. 32, 84

piézoélectrique

(électronique) Qui se rapporte à piézoélectricité. v, 11, 21, 29, 32–34

plugiciel

(informatique) Logiciel d'application complémentaire. Autres appellation : plug-in, plugin. 61, 62, 68

processeur

(informatique) Organe d'un ordinateur qui permet le traitement et l'exécution des instructions. 26, 51, 61, 83

transducteur

(électronique) Dispositif qui permet la transformation d'une forme d'énergie en une autre, d'une grandeur physique en une autre. 29, 34

Annexe I

Contenu du support USB

Compositions (Musique, Vidéo, Logiciel, Partition)

- Resurgence
- Synergie I
- Synergie II

Code

- PyoPlug

Annexe II

Partitions

Guillaume Barrette

Résurgence

Informations techniques

La pièce *Résurgence* utilise un programme conçu avec le langage de programmation Max. Celui-ci permet le jeu en temps réel par la détection de jeu du guitariste et le changement d'effets audio appliqués sur le son de l'instrument d'après la position temporelle dans la pièce.

Afin de débiter la bande audio en synchronisation avec la guitare, une détection d'attaque est utilisée. De cette manière, le guitariste n'a qu'à faire le premier coup et ensuite continuer à jouer la pièce avec la bande. De même, en plus de servir à la musicalité de l'œuvre, un effet de délai est employé au début afin d'indiquer la pulsation métronomique à l'interprète (Noir à 176 BPM).

Des effets de délais, filtres, compressions, distorsions et granulations sont utilisés tout au long de la pièce et sont automatiquement changés par le logiciel. La granulation et la compression sont souvent utilisées afin de faire ressortir des microsonorités.

Notations spéciales

Indications supplémentaires à la partition

x Taper sur les cordes avec la main au-dessus de la rosace; cordes à vide.



Glisser les mains en mouvement de va-et-vient sur les cordes sur le long de l'instrument.

▼ Coup de percussion en attaquant sur le devant du corps de l'instrument.

▲ Coup de percussion en attaquant sur le côté du corps de l'instrument.

▴ Petites attaques percussives (tapping) avec le bout des doigts sur les cordes au niveau de la rosace.

- ▲ Frotter les cordes au niveau de la rosace avec le dessus des ongles afin de simuler un trémolo de violon.

Résurgence

Guillaume Barrette

$\text{♩} = 176$

f *mf* *mf*

Harm. Harm.

1/2 ton 1/2 ton

TAB

D	x	x							
A	x	x							
F	x	x							
D	x	x							
A	x	x							
D	x	x							

8

TAB

18

TAB

25

Harmoniques plus étouffées en déplaçant légèrement le doigt de la 12e frette vers la 13e

f *p*

Harm.

TAB

55

Harm.-----

TAB
12 19 12 19 | 12 12 12 12 | x x x x | x x x x

f

59

Commencer les glisses en suivant la bande audio

12 s ----- 15 s -----

glisses avec les mains sur les cordes

p

TAB
x x x x | x x x x

p

69

f

Harm.

mp

TAB
x x x x | x x x x | 12 12 12 12 | 12 11 0 7/9

f

mp

78

8va-----

p

H.H.

3(15) 3(15) 3(15) 3(15) 3(15) 3(15)

TAB
7 7 | 7 7 | 7 7 | 7 7 | 7 7 | 7 7

p

86 (8)

(similaire)

T
A
B

91 ♩ = 88

ff *f* *ff* *f*

T
A
B

96 ♩ = 176 ♩ = 88

ff *ff*

T
A
B

101 ♩ = 176 ♩ = 88 ♩ = 176

f *ff* *f* *mf*

T
A
B

141

T
A
B

146

T
A
B

151

T
A
B

157

T
A
B

209

T
A
B

220

ff *mf*
Harm.

T
A
B

230

Harm. Harm.

T
A
B

239

Harm. *f* *mf*
Harm.

T
A
B

250 Harm.-----

T
A
B

12 7 7 7 7 7 7 7 7 7 5

259

Tapping sur les cordes au dessus de la rosace (notes indéfinies)

Répéter jusqu'à temps d'entendre la bande audio faire une montée

T
A
B

3 3 3 0 3 5 0 5 5 0 7 5 0 5 7 0 7 7 0

268

Continuer le trémolo et faire des accents « aléatoire » avec la paume de la main sur les cordes au-dessus de la rosace pour créer de petites percussions et arrêts. De plus, ajouter aléatoirement des attaques brèves sur le sol afin d'intensifier l'action

Répéter pendant environ 25 secondes

T
A
B

15 17 0 15 17 0

Harm.-----

12 19 19 19

12 12 12

274

Harm.-----

TAB

19 19 19 12 | 12 19 19 19 19 | 12 19 19 | 19 19 12

12 12 12 12 | 12 12 12 12 12 | 12 12 12 | 12 12 12 12

278

Harm.-----

TAB

12 19 19 19 19 | 12 19 19 19 | 12 19 19 | 12 19 19

12 12 12 12 12 | 12 12 12 12 | 12 12 12 | 12 12 12 12

281

$\text{♩} = 88$

Harm.-----

TAB

12 19 12 19 | 12 12 12 12 | 12 12 12 12 | x x x x

12 19 12 19 | 12 12 12 12 | 12 12 12 12 | x x x x

12 12 12 12 | 12 12 12 12 | 12 12 12 12 | x x x x

ff

ff

284

$\text{♩} = 176$

Harm.-----

TAB

x x x x | x x x x | x x x x | 10 0 10 0 10 0

x x x x | x x x x | x x x x | 0 0 0 0

x x x x | x x x x | x x x x | 7 7 7 7

f *ff* *f*

f *ff* *f*

289

$\text{♩} = 88$ $\text{♩} = 176$

ff *f*

ff *f*

294

$\text{♩} = 88$ $\text{♩} = 176$

ff *f* *mf*

ff *f* *mf*

299

ff *f* *mf*

Harm.

306

$\text{♩} = 88$ $\text{♩} = 176$

1/2 ton

ff *f*

Harm.

315 $\text{♩} = 88$

Harm. Harm. *ff*

TAB

ff

324 $\text{♩} = 176$

TAB

ff

329

TAB

334

TAB

full

359 $\text{♩} = 176$

T
A
B

365

harm.
12

T
A
B

Attaquer la note en tappant directement sur la frette afin de produire un son similaire à une cloche

370

mp

T
A
B

mp

Guillaume Barrette

Synergie I

Informations techniques

La pièce *Synergie I* utilise un programme conçu avec les langages de programmation *Max* et *Pyo*. Celui-ci permet le jeu en temps réel par la détection de jeux du guitariste et le changement d'effets audio appliqués sur le son de l'instrument d'après la position temporelle dans la pièce et le contrôle avec les capteurs.

Des effets de délais, filtres, compressions, transpositions et granulations sont utilisés tout au long de la pièce et sont automatiquement changés par le logiciel ou manipulés grâce aux capteurs.

Le capteur de pression est constamment activé du début à la fin de l'œuvre. Bien que les parties d'interaction importantes soient mentionnées sur la partition, de légères pressions peuvent être faites par l'interprète afin de créer des modulations sur le son de la guitare lorsque désiré.

Notations selon le capteur

Capteur capacitif

-  Une valeur de note signifie de remettre ses mains sur les parties métalliques de l'instrument.
-  Une valeur de silence signifie de retirer ses mains des parties métalliques de l'instrument.

Capteur de pression

-  Une valeur de note signifie de faire une pression. L'intensité de la pression est déterminée par la nuance indiquée.
-  Une valeur de silence signifie de ne pas mettre de pression.

Percussion sur le corps



Une valeur de note signifie de faire un coup percussif sur le corps de l'instrument. L'intensité du coup est déterminée par la nuance indiquée.

Notations spéciales

Indications supplémentaires à la partition



Glisser les mains en mouvement de va-et-vient sur les cordes sur le long de l'instrument.

()

Une note ou accord entre parenthèses signifie qu'il n'y a pas d'attaque. Ainsi, utilisé avec le *SEEC*, cela signifie de laisser aller les cordes afin d'être activé automatiquement.

[]

Les parenthèse carrées (ou crochets) sont employées afin de signifier le capteur à utiliser.

Synergie I

Guillaume Barrette

A

♩ = 80

Accords à vide semi-étouffés à la main gauche afin de laisser une légère résonance

...
Laisser vibrer les cordes en même temps de faire un mouvement de rotation vers le haut avec la guitare en dépassant un angle de 45° afin de déclencher une bande électroacoustique avec l'accéléromètre, puis couper
...

B

Laisser vibrer l'ensemble des cordes sur la guitare grâce au SEEC

14

Ajout de variations harmoniques ad lib. grâce au capteur de pression

TAB

(5) (10)
(7)
(9)

[Percussions sur le corps de la guitare]

16

ff harm. [Fermer SEEC]

TAB

(8) 7 7 5 7 5 4 7 4 X 5 7 5 4 7 4 X 5 7 5 4 7 4 X

C Jeu avec le capteur capacitif afin de déclencher la lecture d'un son au contact des cordes ou du pont

TAB

[Capteur capacitif]

4
25

mp

8^{va}-----

let ring-----

H.H.

let ring-----

T
A
B

14 12 15 0 12 (19) 13 12 0 5 7 7 5 7 5

mp

30

Harm.

Harm.-----

T
A
B

5 7 12 5 0 5 7 7 7

37

3 3

Harm.

T
A
B

5 0 5 7 5 7 10 9 9 10 9 5 5

40

Cette section se termine lorsque la bande fait une montée et coupe rapidement vers une tenu plus calme

Harm.-----

T
A
B

5 0 5 7 7 7 7 5

D

Attendre la deuxième montée de la bande ; environ 12 sec

Frotter les cordes avec les mains en suivant les variations de la bande

Enlever les mains des cordes à la fin de la montée de la bande lors du déclic afin de couper les sons déclenché par le capteur capacitif

20 s -----

T
A
B

Cette section consiste en un long crescendo avec un changement de techniques de jeu graduel passant de légères tapes du bout des doigts sur les cordes avec ajout graduel d'un peu d'ongles et finalement transférer tranquillement vers des tapes vigoureuses à l'aide de la paume de la main.

L'idée principale est de créer une accumulation constante de sons et d'intensité. Ainsi, les accords ici présents sont en fait un guide et une improvisation autour de ceux-ci est souhaitée avec des variations mélodiques principalement par des ajouts de notes dans le registre supérieur. De même, de légères variations de dynamiques dans les attaques sont de même souhaitées afin d'intensifier davantage le jeu. Finalement, il y a aussi un ajout progressiste sur le nombre de cordes joué : Début seulement sur quelques notes d'un accord, puis ajout de d'autres cordes avec note de l'accord ou des cordes à vide initialement étouffé et finalement complètement ouvert.

E

T
A
B

5 7 5 7 7 5 7 7 5 7 5 8 5 5 7 5 8 5 7 7 7 9 5 5 7 5 7

6

Laisser la bande faire son entrée tranquillement par crescendo tout en continuant à improviser sur les accords précédents, puis changer vers des accords dans le registre aigu une fois que les deux vagues dans la bande arrivent. Faire quelques accords dans le registre aigu, puis varier entre les deux registre en insérant par moment des mélodies style soliste.

[SEEC mode normal]

Continuer à faire des variations dynamiques en suivant la bande.

Après un certain temps, il y a une réduction d'intensité dans la bande dans le but de signifier que le motif suivant approche et de se tenir prêt

Des percussions sur le corps de l'instrument et des jeux avec le capteur de pression peuvent être faits afin de continuer l'idée d'accumulation

Couper avec la bande et arrêter de jouer quelques secondes (environ 10 sec)

ff

harm.

harm.

ff

Retourner avec le jeu de tapes percussives sur les cordes en variant pour des attaques traditionnelles de temps en temps et un jeu mélodique

Faire un dernier crescendo par des tapes sur les cordes comme à la section précédente avec de légères notes lentes improvisées dans le registre aigu, puis finir sur cet accord afin de conclure la pièce par le SEEC et le capteur de pression. Finir sur cet accord en pesant sur le capteur de pression afin de laisser seulement ressortir la transposition, puis, une fois que la bande a fini de disparaître, tenir encore quelques instants et relâcher doucement la pression afin de faire un morphage graduel vers le son normal de la guitare.

Finalement, tenir quelques instants l'entretien des cordes, puis couper le gain du SEEC afin de laisser les cordes s'estomper naturellement

64

T (14), A (15), B (12)

Guillaume Barrette

Synergie II

Informations techniques

La pièce *Synergie II* utilise un programme conçu avec les langages de programmation *Max* et *Faust*. Celui-ci permet le jeu en temps réel par la détection de jeux du guitariste et le changement d'effets audio appliqués sur le son de l'instrument d'après la position temporelle dans la pièce et le contrôle avec les capteurs.

Des effets de délais, filtres, compressions, transpositions, convolutions et granulations sont utilisés tout au long de la pièce et sont automatiquement changés par le logiciel ou manipulés grâce aux capteurs.

Le capteur de pression est constamment activé du début à la fin de l'œuvre. Bien que les parties d'interaction importantes soient mentionnées sur la partition, de légères pressions peuvent être faites par l'interprète afin de créer des modulations sur le son de la guitare lorsque désiré.

Notations selon le capteur

Capteur capacitif



Une valeur de note signifie de retirer ses mains des parties métalliques de l'instrument.



Une valeur de silence signifie de remettre ses mains sur les parties métalliques de l'instrument.

Capteur de pression



Une valeur de note signifie de faire une pression. L'intensité de la pression est déterminée par la nuance indiquée.



Une valeur de silence signifie de ne pas mettre de pression.

Percussion sur le corps



Une valeur de note signifie de faire un coup percussif sur le corps de l'instrument. L'intensité du coup est déterminée par la nuance indiquée.

Accéléromètre



Une mesure sans silence indique qu'il y a mouvement avec l'accéléromètre.



Mouvement de rotation sur l'axe de tangage (vers le haut).



Mouvement de rotation sur l'axe de tangage (vers le bas).



Petit mouvement de rotation sur l'axe de roulis.

Notations spéciales

Indications supplémentaires à la partition



Glisser les mains en mouvement de va-et-vient sur les cordes sur le long de l'instrument.

()

Une note ou accord entre parenthèses signifie qu'il n'y a pas d'attaque. Ainsi, utilisé avec le *SEEC*, cela signifie de laisser aller les cordes afin d'être activé automatiquement.

[]

Les parenthèse carrées (ou crochets) sont employées afin de signifier le capteur à utiliser.

Synergie II

Guillaume Barrette

A

♩ = 80

Retirer complètement les mains des parties métalliques de la guitare afin de laisser entrer les cordes graduellement par le SEEC en même temps que la bande activé par le capteur capacitif

[SEEC mode normal] [Fermer SEEC]

[Capteur capacitif]

5

mf

Harm.-----

mf

[Accéléromètre]

Pendant ces 4 mesures, le capteur capacitif est désactivé afin de permettre un jeu libre

B

10

12 s 14 s 6 s 6 s

[SEEC mode normal]

TAB

[Capteur capacitif]

[Capteur de pression]

mf

[Percussion sur le corps]

Une fois cette bande enclanché, le capteur capacitif n'agira plus sur celle-ci

p *mf*

14

6 s 6 s 4 s 6 s

TAB

pp *mf - pp*

18

6 s 8 s 8 s

TAB

pp *mf* *pp*

Couper en glissant les mains sur les cordes

mp *f*

C

21 |----- 18 s -----|----- 5 s -----|----- 5 s -----|----- 3 s -----|----- 6 s -----|

ppp \rightarrow *mp*

[SEEC mode harmonique] Continuer en laissant les 6 cordes vibrer pour l'ensemble de cette section

T
A
B

ppp \rightarrow *mp*

pp \leftarrow *mf* \rightarrow *pp* *pp* \leftarrow *f* \rightarrow *pp*

26 |----- 4 s -----|----- 4 s -----|----- 4 s -----|----- 4 s -----|----- 4 s -----|

(*ppp*) (*ppp*)

[SEEC mode normal]

T
A
B

(7) (7) (5/7) (5/7)

[Accéléromètre] 80° 80°

[Capteur de pression]

pp \leftarrow *f* \rightarrow *pp*

31 4 s 2 s 4 s 6 s 3 s 4 s

mp
Harm.
mp
50° 80°
[Percussion sur le corps]
pp < *mf* > *pp*

37 4 s 2 s 4 s 6 s

41 4 s 4 s 2 s 2 s 4 s

60° 90° 80°
pp *f* *pp*

46

2 s | 4 s | 2 s | 1 s

Attendez le crescendo à la bande pour passer à la mesure suivante

p mp mf pp f mf

TAB

p mp mf pp f mf

51

2 s | 4 s | 3 s

ff mp mf ff

TAB

ff mp mf ff

90°

57

4 s | 2 s | 2 s

p

TAB

p

61

4 s 4 s

T
A
B

90°

3/4

D

64

10 s 4 s 1 s 3 s 5 s

p

[SEEC mode harmonique]

Harm.

T
A
B

p

E

70

----- 3 s ----- | ----- 3 s ----- | ----- 3 s ----- |

[SEEC mode normal]

Harm.

ff

Improvisation principalement mélodique avec passages d'accords avec tremolo ; Soutenir une bonne intensité (environ 8 secondes)

Assurer une bonne attaque pour la percussion d'entrée afin de s'assurer un bon déclenchement de la bande

[Percussion sur le corps]

ff

90°

74

----- 3 s ----- | ----- 3 s ----- | ----- 3 s ----- |

Improvisation principalement mélodique avec passages d'accords avec tremolo ; Soutenir une bonne intensité (environ 8 secondes)

ff

77

3 s 3 s

Improvisation principalement mélodique avec passages d'accords avec tremolo ; Soutenir une bonne intensité (environ 20 secondes)

8 s

Improvisation principalement mélodique avec passages d'accords avec tremolo ; Soutenir une bonne intensité (environ 17 secondes)

[Percussion]

f

F

80

Laissez le temps que les résonances s'atténuent

12 s 4 s 1 s

[SEEC mode harmonique]

[Accéléromètre]

[Capteur de pression]

[Capteur capacitif]

40° 60° 40°

pp *mf* *pp*

84

4 s 4 s

8^{va}

p

H.H.

9

p

45°

Attendre que les "résidus" de l'effet par convolution disparaissent