

*Projet transpromotion 2016-2017*

# **INTUI'SON - CONCEPTION D'UN INSTRUMENT INTUITIF**

## **ETAT DE L'ART**

*« Nous sommes des créatures musicales de façon innée depuis le plus profond de notre nature »*

*Stefan Koelsch*

**Réalisé par les étudiants de l'ENSC**

**2A**

Rodolphe Rosalie

Solène Catella

Marc Lepagnot

Léo Dauvillaire

**1A**

Metge Adrien

Docteur Nina

Rouch Thierry

John Eric Sanchez Suarez

# Table des matières

Introduction	2
I. La musique et l'homme : un rapport intuitif ?	3
1. Ce qu'est la musique	3
2. Les mécanismes corporels et cognitifs du jeu musical	4
3. L'apprentissage de la musique	5
4. La place de l'intuition dans la musique	6
II. Les instruments intuitifs	11
III. La musique assistée par ordinateur	17
1. Les formats audionumériques	17
2. Les formats MIDI / SoundFont	17
IV. La détection de mouvement	20
1. Revue de l'existant	20
2. Le capteur Kinect	21
Références	24

# Introduction

La musique, combinaison harmonieuse de sons et silences ordonnés au cours du temps, est un art à l'apprentissage pour le moins délicat. De fait, l'expression musicale requiert l'acquisition de techniques et savoirs dont seule la pratique, souvent longue et fastidieuse, livre les secrets. L'apprenti musicien doit d'abord s'initier et s'exercer au solfège, enseignement au caractère formel mais qui semble toutefois indispensable pour déchiffrer une partition, apprendre un morceau comportant accords multiples et rythmes complexes. Pourtant, cet enseignement théorique ne saurait être une condition *sine qua non* à la pratique musicale. Pour preuve, de nombreux virtuoses jouent d'oreille, comprenant la musique sans savoir le solfège. Dès lors, appréhender et pratiquer la musique deviendrait le fait de tous : un tel constat invite à interroger le caractère implicite de la pratique musicale, et, bien plus, à reconsidérer son apprentissage au travers d'un instrument "intuitif".

Penser et élaborer un tel instrument exige en premier lieu de comprendre la musique au travers de l'homme, ou encore l'homme au travers de la musique, c'est-à-dire identifier et caractériser le lien qui s'opère entre l'être humain et l'activité musicale, et ce à tout point de vue (I). La notion d'"intuitivité" fera ici l'objet d'une attention toute particulière. Il s'agira notamment d'identifier les mécanismes rendant possible la pratique -voire la maîtrise- d'un instrument de musique sans formation aucune. Le recensement d'instruments intuitifs déjà existants permettra d'en balayer les caractéristiques principales (II), étape préliminaire à la définition du modèle que nous souhaitons nous-mêmes mettre en œuvre. Des éléments plus techniques, liés à la nature de la solution envisagée, seront précisés en dernier lieu (III et IV).

# I. La musique et l'homme : un rapport intuitif ?

Comprendre le rapport de l'homme à la musique, c'est identifier les processus inhérents à l'audition et à l'exécution musicale, mais aussi les substrats neurobiologiques qui les sous-tendent. Une telle analyse appelle à s'intéresser en premier lieu au concept même de "musique", et plus particulièrement ici, à celui de "musique intuitive". Quels sont les liens qui sous-tendent la relation entre musique et cerveau ? Qu'entend-t-on par "intuitivité" en termes d'expression musicale ?

## 1. Ce qu'est la musique

La musique est une notion complexe à définir tant elle met en jeu des notions et des disciplines multiples. Sa pratique, peu distinctement délimitée, fait de son concept même un objet aux contours indéfinis.

De façon générale, on peut comprendre la musique comme l'art de combiner sons et silences au cours du temps, le rythme étant le support même de cette combinaison. Mais la musique est surtout une expérience émotionnelle : elle est, comme le précise le philosophe français Jean-Jacques Rousseau, une forme d'expression des sentiments, une source de plaisir : « La musique est l'art d'accommoder les sons de manière agréable à l'oreille ». Il n'est pas là anodin que dans l'Égypte antique, les hiéroglyphes qui représentaient le mot « musique » étaient identiques à ceux qui représentaient les états de « joie » et « bien-être ». De l'autre côté du continent, en Chine, l'idée est la même : faire/écouter de la musique, c'est « profiter du son ». La musique serait donc capable d'agir sur le corps, tant physiquement que psychologiquement. Empiriquement, appréhender la musique depuis cette double perspective, c'est s'intéresser au cheminement emprunté par la musique dans le cerveau. En effet, lorsque nous entendons un morceau de musique qui nous plaît, le cerveau sécrète en réaction divers neuromédiateurs, parmi lesquels la sérotonine et la dopamine, aux effets antidépresseurs, les endorphines, aux vertus antalgiques, ou encore l'adrénaline, hormone énergisante.

Si la musique est un phénomène neurobiologique, mobilisant de nombreuses structures à l'intérieur même de notre organisme, elle est aussi un des moyens d'expression du corps. Les origines de la musique sont en effet associées au geste vocal, lui-même geste corporel. Le chanteur travaille sur son corps, s'écoute, développe une conscience corporelle non vocale (la posture), apprenant ainsi à utiliser à bon escient tout son corps. Penser le corps en tant que caisse de résonance de la musique, c'est interroger la relation qu'entretiennent le mouvement

corporel et la production musicale. Ainsi, le corps serait résonateur et transmettrait l'expression musicale, postulat sur lequel nous nous appuyerons dans le cadre de ce projet.

## 2. Les mécanismes corporels et cognitifs du jeu musical

La musique est traditionnellement perçue en Occident comme relevant du domaine de l'esprit, conformément à une approche inspirée par le dualisme cartésien. Le geste musical a en effet été longtemps assimilé à un geste mental, le corps ayant un statut de simple canal de médiation entre la pensée musicale et son actualisation matérielle dans le domaine sonore. On constate cependant depuis la fin des années 1990 un regain d'intérêt pour la corporalité en musique, s'appuyant sur les travaux de chercheurs tels que Francisco Varela, eux-mêmes influencés par la phénoménologie de Maurice Merleau-Ponty. Leur approche fournit une fondation théorique pour l'inscription de la corporalité dans toute action cognitive de l'homme, proposant une vision dynamique où action et perception sont réciproquement influencées.

L'instrument est alors considéré comme un objet prolongeant le corps humain, et dont la manipulation permet à l'homme de s'allier au son par le geste. Le rapport établi entre le musicien et l'instrument de musique de nature acoustique, lorsqu'il existe, est celui d'une continuité énergétique. L'instrument acoustique peut ainsi être considéré comme un transducteur énergétique, faisant de l'énergie cinétique du corps humain une énergie mécanique, puis une énergie acoustique. Le geste se change directement en son, dans une immédiateté temporelle.

Cependant, il demeure que l'introduction des technologies de l'électricité dans l'instrument de musique altère profondément cette relation de continuité énergétique entre l'homme et l'objet sonore: le musicien devient « contrôleur », fournissant des commandes de contrôle à une machine et non pas l'énergie de son fonctionnement. Ainsi se forme une discontinuité entre le geste et le son, la partie électrique ou électronique de l'instrument n'étant pas connectée aux gestes du musicien. Toutefois, cette perte d'information, bien que constituant un des enjeux inhérents au jeu musical numérique, se doit d'être relativisée, comme nous le verrons par la suite (III).

De ce fait, l'instrument se trouve être un nouveau membre du corps qu'il faut apprendre à utiliser. Le jeu d'un instrument de musique est une activité nécessitant une expertise poussée de coordination gestuelle et cognitive. On peut penser l'acquisition de la compétence instrumentale comme un travail long et répétitif d'interaction avec l'instrument, permettant de

constituer un ensemble de trajectoires gestuelles internes qui, une fois suffisamment incorporées, ne nécessitent que très peu d'attention de la part du musicien.

L'instrument de musique est donc graduellement incorporé tout au long d'un processus laborieux et volontaire qui s'étend généralement sur plusieurs années, totalisant des milliers d'heures de travail. Ce travail commence avec l'établissement d'un contact avec l'interface de l'instrument. Au début, ce lien est mécanique, superficiel. En somme, un simple rapport de cause à effet entre un geste corporel et un résultat sonore quelconque, nécessitant une attention dirigée pour être contrôlés. L'éducation d'un instrumentiste vise à parfaire la fluidité de ce lien, jusqu'à ce qu'il en devienne instinctif. Mais cet idéal étant rarement atteint, un long processus d'apprentissage est nécessaire pour que le musicien puisse maîtriser son instrument. C'est là même l'enjeu de ce projet : rendre intuitif le rapport sonorité-gestuelle, et ce afin de faire de la musique l'affaire de tous.

### 3. L'apprentissage de la musique

Si chaque culture a développé sa propre méthode d'apprentissage et d'enseignement musical, il semblerait qu'il faille, pour lire la musique et comprendre cette lecture, connaître les signes au moyen desquels on l'écrit et les lois qui le coordonnent. Ainsi, en Occident, depuis l'époque médiévale, l'apprentissage de la musique passe par celui du solfège, prérequis pour s'exercer au chant ou à la pratique d'un instrument. Bien que le développement musical et éducatif ait connu de nombreux bouleversements tout au long du XXème siècle, l'éducation musicale demeure régie par les normes du traditionalisme imposées à la fin du XIXème siècle.

C'est dans ce sens que la dénomination "formation musicale" va à la fin des années 1970 supplanter celle de solfège, en allant dans le sens d'une modernisation de cette pratique, mais tout en veillant à en scrupuleusement conserver le fond. Si dans les faits l'interprétation d'une partition passe par la lecture à vue, l'écoute intérieure et la reproduction de hauteurs, rythmes et nuances, la théorie musicale en précise les dimensions *rythmique*, *mélodique* et *harmonique*:

- Le rythme est l'ordre plus ou moins symétrique et caractéristique dans lequel se présentent les différentes durées de notes.
- La mélodie, composée de plusieurs phrases ou motifs, est la partie instrumentale ou vocale de premier plan dans un morceau de musique.
- L'harmonie est la technique qui commande la succession des accords (sons consonants, superposés, synchrones).

Dimensionner l'apprentissage de la musique à la théorie musicale, c'est s'interroger sur le bien-fondé des méthodologies se faisant garantes de la bonne pratique d'un instrument de musique. Les progrès menés dans le domaine des nouvelles technologies s'en font tout justement le porte-parole, encourageant l'apprentissage au moyen d'approches motivantes et novatrices, davantage pensées comme « implicites », point sur lequel nous allons ici nous arrêter.

## 4. La place de l'intuition dans la musique

### *a. Définition*

L'intuition est définie comme « l'action de deviner, pressentir, sentir, comprendre, connaître quelqu'un ou quelque chose d'emblée, sans parcourir les étapes de l'analyse, du raisonnement ou de la réflexion ».

Cette définition englobe tout à la fois connaissances générales, expériences émotionnelles et savoir-faire. L'intuition permet d'évaluer et réagir à une situation sans entrer dans une réflexion consciente. L'absence de raisonnement conscient ne veut pas dire qu'il n'y a pas de processus mentaux impliqués, cependant l'individu ne les perçoit pas, ils se font d'eux-mêmes, naturellement. Seul le résultat final est perçu : c'est pour lui une évidence, d'où la sensation d'intuition. Cette sensation d'intuition, elle est en partie expliquée par l'expérience et le vécu propre à chaque individu. Face à une situation, celui-ci va chercher dans sa mémoire un cas de figure analogue, lui permettant alors de fournir une réponse adaptée, et ce sans en avoir conscience.

Psychologiquement parlant, cette sensation d'intuition est considérée comme étant un dérivé d'une connaissance profondément ancrée, connaissance tirée d'expériences ou savoirs acquis auparavant, faisant alors appel à notre mémoire procédurale. Mais avant d'être procédurale, cette mémoire a d'abord été explicite. La mémoire explicite est une composante de la mémoire à long terme où les connaissances, une fois apprises, sont stockées et mobilisables à tout moment par celui qui en a fait l'acquisition. Lorsqu'un individu apprend à jouer de la musique, celui-ci doit par exemple intégrer une certaine gestuelle ou encore travailler sa rythmique, autant d'exercices de mémorisation qui mobilisent de nombreuses ressources cognitives. Pour que cet exercice soit moins exigeant, il faut attendre que les savoirs acquis se fassent « automatismes » : c'est, pour garder notre exemple, le moment où le musicien n'a plus besoin de se concentrer sur sa posture, sur la bonne tenue de son instrument lorsqu'il joue. Le

passage entre ces deux types de mémoire, plus ou moins rapide selon la complexité de l'action à effectuer et les capacités du sujet apprenant, est justement ce qui fait de la connaissance une simple intuition.

L'expérience intuitive est très largement intégrée au processus de conception d'un système. Dans les domaines informatiques et ergonomiques, un système « intuitif » est un système dont la prise en main est facile et l'appropriation rapide, sans formation préalable, proche d'un usage quotidien. Ainsi, dans le domaine des interfaces, Sébastien Billard parle d'intuitivité lorsque « l'utilisateur est capable d'utiliser l'interface dès la première fois, sans aucune introduction ». Facilité d'apprentissage, facilité d'utilisation et facilité d'appropriation, fiabilité ou encore satisfaction sont autant de points qui caractérisent un logiciel intuitif.

Cependant, si l'intuition relativement à l'utilisation d'un logiciel est un gage de qualité, il demeure que cette connaissance est avant tout subjective, pouvant fortement varier d'un individu à l'autre de par ses capacités -cognitives et physiques- et son vécu personnel. Ainsi, si un individu est amené à utiliser un nouveau dispositif relativement proche d'un système dont il avait auparavant l'habitude, il lui sera bien plus aisé de le prendre en main car son fonctionnement lui semblera davantage "intuitif". C'est une des raisons pour lesquelles il est important, pour mettre au point un dispositif intuitif, de se renseigner sur les attentes et *a priori* des usagers potentiels.

Notons que l'intuition est une notion qui reste abstraite, sur laquelle peu d'études scientifiques ont été réalisées. Même si des théories psychologiques et/ou cognitives sont proposées, c'est un phénomène qu'on ne peut que très difficilement mesurer ou chiffrer. Au contraire, le caractère ergonomique est bien moins abstrait, et de nombreuses méthodes et techniques permettent de quantifier cette notion.

#### *b. Intuition et jeu musical*

##### □ Représentation musicale

Il existe des systèmes de représentation musicale plus intuitifs que la notation solfégique habituellement adoptée.

A titre d'exemple, une bonne partie de la musique instrumentale pour guitare -musique classique exceptée- est notée en utilisant le système de tablature plutôt que la représentation classique solfégique. Ainsi, sont représentés de façon schématique sur une « tab » les parties d'un instrument, les doigtés et le rythme : « *la tablature indique en effet sur quelles cordes doit*



*agir la main gauche, dans quelles cases il faut placer les doigts dont le numéro est indiqué, enfin avec quels doigts de la main droite il faut lever ou rabattre la corde ou les cordes à faire sonner ».* En s'affranchissant du formalisme mis en oeuvre par le solfège, ce système visuel se fait par là beaucoup plus immédiat. Pour des apprentis musiciens, la tablature se présente comme un système relativement efficace et intuitif, permettant d'obtenir un résultat rapidement sans difficulté majeure. Dans ce système de tablatures, les notes et le rythme sont représentés d'une façon visuelle et schématique, facilement compréhensible, donnant ainsi une sensation d'intuitivité. Cette notation aide et oriente le musicien tant dans son interprétation (jeu à partir d'une partition) que dans sa production musicale.

D'autres systèmes de notation permettent de représenter certaines propriétés musicales, telle le rythme, de façon plus intuitive. Ainsi, dans l'instrument "BeatBearing" présenté plus bas, un axe des temps permet de choisir l'instant où chaque son sera produit.

#### □ Production musicale

Lorsqu'il joue, un musicien manipule son instrument : il le touche, en ressent les vibrations, les mécaniques utilisées, etc. En plus du son qu'il produit, ces informations sont cruciales pour que l'utilisateur puisse ajuster son jeu par rapport à sa production : ces retours - ou feedback- sensoriels donnent une part d'intuitivité à l'interprétation musicale. L'utilisateur a ainsi des informations redondantes sur son jeu, issues de diverses modalités, qui lui permettent de ressentir et d'adapter son jeu musical. La perception de toutes ces informations n'est pas traitée de façon consciente : c'est l'ensemble qui apporte un ressenti général et guide le musicien.

Il existe plusieurs sortes de retours sensoriels :

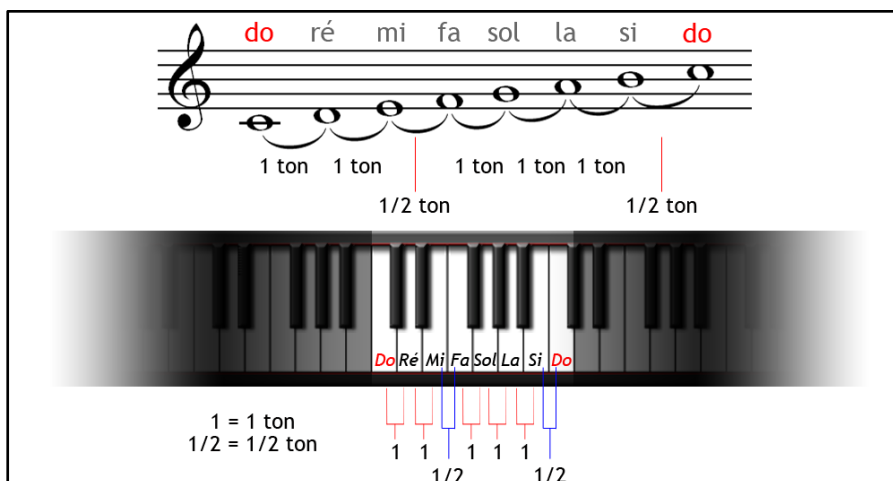
- un retour auditif est évidemment primordial : le musicien doit pouvoir entendre sa production musicale en temps réel, pour savoir quelles notes il joue, de quelle façon, et ainsi pouvoir adapter son jeu musical.
- un retour haptique (mêlant à la fois les sensations du toucher et kinesthésiques) permet au musicien de connaître sa position physique (mains, doigts, mais aussi tout le corps qui participe au jeu musical) par rapport à l'instrument, et de savoir quelles actions il effectue, et de quelle manière (appuie fort/léger, vitesse...). C'est aussi par ce retour que le musicien ressent son instrument vibrer, une autre façon d'évaluer sa production sonore.

- un feedback visuel est éventuellement possible : il peut être utile au musicien de voir les actions qu'il effectue, le placement de ses mains, pour connaître sa position par rapport à l'instrument, par exemple, et ajuster son jeu. Ces feedbacks sont naturellement présents dans les instruments acoustiques de forme physique que le musicien manipule et ressent.

L'organisation des moyens de productions de notes (touches, frettes, orifices, selon les instruments) a également un effet sur l'intuitivité de la prise en main d'un instrument.

En effet, si le violon est considéré comme l'un des instruments les plus difficiles à maîtriser, c'est notamment parce que la répartition des notes y est analogique : il n'y a pas de séparations entre elles, aucun repérage visuel possible, ce qui rend l'exercice de justesse très difficile. En revanche, les instruments à touches sont organisés de façon structurée, en accord avec les règles et propriétés de l'écriture musicale. Sur un piano, par exemple, les notes sont clairement distinguées les unes des autres (une touche = une note) et se succèdent de la plus grave à la plus aiguë selon l'organisation chromatique classique (espacement de tons et de demi-tons). Ce même schéma est répété sur toute la longueur du clavier.

Visuellement, les tons et demi tons correspondent à la gamme de do majeur, représentés par les touches blanches. Les touches noires représentent les autres altérations possibles. Cette organisation, très proche de l'écriture solfégique, entraîne une certaine intuitivité, en particulier si un individu a déjà des connaissances musicales.





*Tons et demi-tons sur un clavier de piano*


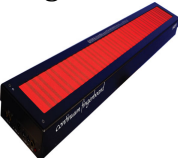
De nouvelles organisations ont été pensées et mises au point avec plus ou moins de succès. Elles proposent, comme le Dualo présenté plus bas, une prise en main plus intuitive.


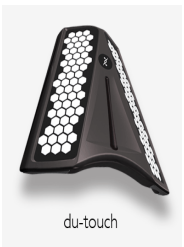
Ainsi, sur cet instrument, les accords (majeur/mineur) ou encore les gammes forment des structures géométriques simples à mémoriser. Les touches sont en effet structurées de telle sorte que les notes « cohérentes », au sens de la théorie harmonique, soient mises côte à côte.

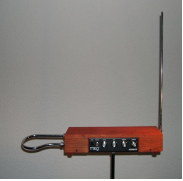

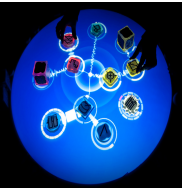
## II. Les instruments intuitifs

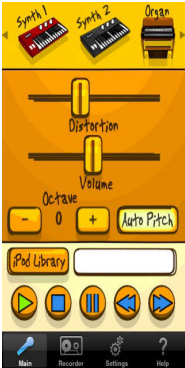

L'idée de créer un instrument d'utilisation intuitive, c'est-à-dire dont la pratique ne requiert pas le fastidieux apprentissage du solfège, n'est pas nouvelle : en effet, plusieurs projets ont abouti dans ce sens. Ainsi avons nous décidé de répertorier certains de ces instruments au sein de quatre grandes catégories : les instruments physiques acoustiques, les instruments dits « augmentés », à savoir des instruments physiques ayant été améliorés par la technologie, les instruments purement numériques, et enfin les instruments dématérialisés, sans support.

Référencement d'instruments de musique intuitifs				
Catégorie	Nom	Descriptif	Principales caractéristiques techniques	Remarques
Physique	<b>Waterphone</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composé d'une caisse de résonance en acier inoxydable où des barres de bronze y sont fixées et d'un manche creux via lequel il est possible de mettre de l'eau dans la caisse de résonance</li> <li>- Il a été créé par Richard Waters vers la fin des années 60</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les barres métalliques vibrent lorsqu'on les frotte avec un archet ou qu'on les tape avec un maillet ou avec les doigts. Cela produit un son qui est amplifié par la caisse de résonance</li> <li>- S'il se trouve un peu d'eau dans le réservoir, un effet <i>wawa</i> peut être produit en y faisant tourner l'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il peut être utilisé par n'importe qui sans entraînement préalable</li> <li>- Il ne crée pas de mélodie mais plutôt une ambiance sonore qui s'apparie au chant des baleines (il a été utilisé lors de la création de musique de films tel que <i>the Matrix</i>)</li> </ul>
	<b>H.A.P.I Drum</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hand Activated Percussion Instrument</li> <li>- C'est un instrument à percussion qui s'utilise avec les mains mais aussi avec un maillet</li> <li>- Il est constitué d'un fût métallique où sont taillés huit lames produisant chacune une note différente</li> <li>- Selon le modèle, les notes sont celles d'une gamme en particulier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pèse 5,45kg</li> <li>- Il a 30,5 cm de diamètre et - 20,5 cm de haut</li> <li>- Il est disponible en différentes tonalités : Ré mineur pentatonique, Ré Majeur pentatonique, Ré intégral, Mi mineur pentatonique...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son très relaxant</li> <li>- Facile d'utilisation</li> <li>- Se décline sous de nombreuses formes ce qui augmente le choix de gammes, de tonalités, de hauteurs de notes</li> <li>- Peu de notes à disposition, ce qui peut être limitant pour un musicien expérimenté</li> </ul>

Augmenté	<b>Guitar Hero</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- C'est un jeu sur playstation 2 visant à interpréter le rôle d'un célèbre guitariste de rock</li> <li>- Le joueur, muni d'une guitare spécialement adaptée pour le jeu doit jouer un morceau de musique choisi dans une liste proposée en faisant le moins de fausses notes possible et en jouant en rythme</li> <li>- Sur l'écran s'affichent les touches sur lesquelles il doit appuyer et à quel moment il doit y appuyer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La guitare à la forme d'une guitare classique mais sans cordes</li> <li>- Sur le manche sont disposés cinq boutons de couleurs différentes sur lesquels le joueur doit appuyer pour simuler un vrai guitariste appuyant sur les cordes de sa guitare pour moduler le son</li> <li>- Au niveau de la caisse de la guitare se trouve un bouton sur lequel il faut appuyer pour jouer la note, simulant le fait de gratter les cordes de la guitare</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- C'est plus un jouet qu'un véritable instrument</li> <li>- Plusieurs niveaux sont proposés donc il est possible pour tous le monde d'y jouer et de s'améliorer</li> </ul>
	<b>Continuum Fingerboard</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Créé par Dr. Lippold Haken et fabriqué par Haken Audio</li> <li>- C'est un piano synthétiseur conçu pour que l'utilisateur puisse plus facilement exprimer des émotions</li> <li>- Le clavier n'est plus fait de touches différentes pour chaque note mais d'un tapi qui perçoit la pression des doigts dans les trois directions de l'espace</li> <li>- De gauche à droite, l'utilisateur contrôle la hauteur du son mais contrairement à un clavier classique il peut la faire varier de façon continu et non discrète</li> <li>- De l'avant vers l'arrière, il peut modifier le timbre de la note jouée</li> <li>- En fonction de la pression exercée sur le clavier, il peut faire varier le volume de la note</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compatible avec le format midi</li> <li>- Le générateur de son interne est fait spécifiquement pour cet instrument</li> <li>- Le clavier peut être programmé via un logiciel gratuit, le Continuum Editor program</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il est difficile pour quelqu'un ne pratiquant pas la musique de jouer de cet instrument</li> <li>- Il nécessite un apprentissage assez poussé</li> <li>- Il est plus facile de créer une musique expressive sur cet instrument que sur un autre</li> </ul>

Numérique	<p>Séquenceur musical (Yamaha QY10)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- C'est un séquenceur matériel (il en existe maintenant sous forme de logiciel)</li> <li>- Différents sons d'instruments sont enregistrés dans le séquenceur et sont associés par l'utilisateur à une touche en particulier</li> <li>- L'utilisateur peut alors déclencher un son en appuyant sur la touche correspondante, le désactiver ou encore lui appliquer des effets</li> <li>- Il peut ajouter des sons les uns sur les autres afin de créer une musique complexe</li> <li>- Il est possible d'enregistrer la musique que l'on crée directement ou bien de la créer petit à petit, instrument par instrument</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peut enregistrer huit chansons comprenant 299 mesures</li> <li>- Il contient trente voies différentes et 29 sons de percussion</li> <li>- Il peut jouer huit voies différentes en même temps (il est donc possible de faire se superposer huit instruments)</li> <li>- Il est compatible avec le format MIDI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permet à une unique personne de créer entièrement une musique complexe</li> <li>- Nécessite une connaissance du séquenceur qui n'est pas très intuitif (il faut s'y connaître en terme musical et comprendre la fonction de chaque bouton pour avoir une certaine fluidité d'utilisation)</li> </ul>
	<p>Dualo Du-Touch</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instrument de musique électronique conçu pour être facile d'utilisation</li> <li>- Il est très portable, se tient un peu comme un accordéon car il est composé de deux claviers (un pour chaque main)</li> <li>- Les notes sont disposées de façon à ce que celles qui sonnent bien ensemble soient à côté, rendant bien plus facile la réalisation d'accords</li> <li>- C'est un séquenceur nouvelle génération permettant de jouer plusieurs instruments en même temps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contient un synthétiseur</li> <li>- Contient un boucleur/arrangeur qui permet de jouer de nombreux instruments différents en créant des boucles sonores ou non</li> <li>- Mesure 25cm de haut</li> <li>- Pèse 1.2kg</li> <li>- Possède 8 heures d'autonomie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les banques sons internes peuvent être mises à jour et des banques de sons personnelles ont la possibilité d'être ajoutées</li> </ul>

	<p>Thérémine</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Premier instrument de musique électronique</li> <li>- Créé en 1919 par le Russe connu sous le nom de Léon Thérémine</li> <li>- Le musicien n'a pas besoin de toucher l'instrument pour en jouer, c'est la distance entre ses mains et les antennes qui crée le son</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composé d'un boîtier avec une antenne droite et une antenne recourbée</li> <li>- La distance entre sa main et l'antenne droite contrôle la hauteur du son (son plus ou moins aigu) et l'autre antenne contrôle le volume</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peut être utilisé par tous, mais nécessite une certaine maîtrise pour en jouer correctement et créer des mélodies harmonieuses</li> </ul>
	<p>BeatBearing</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Développé par Peter Bennett</li> <li>- C'est une petite 'table' électronique où il est possible de déposer des billes</li> <li>- Chaque ligne correspond à un son en particulier (de bas en haut : un grosse caisse, une caisse claire, un charleston et une cloche)</li> <li>- Une ligne verticale se déplace de droite à gauche sur la table. A son passage, si elle rencontre une bille dans un des emplacements, le son correspondant à la ligne est émis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La table comporte huit trous par lignes et quatre lignes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pratique pour créer des rythmes mais pas des mélodies</li> <li>- La matrice de trous n'étant pas très grande il n'est possible de créer que des rythmes simples</li> <li>- C'est très pratique et facile de créer des rythmes pour quelqu'un qui ne maîtrise pas la batterie</li> </ul>
	<p>RéacTable</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- C'est une table avec un plateau transparent où l'on dispose différents petits modules pour créer différents sons électroniques</li> <li>- Les modules peuvent se connecter et interagir entre eux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une caméra est située sous la table, elle repère les différents modules disposés sur la plaque transparente et les différents mouvements des modules et des doigts</li> <li>- Un ordinateur gère la diffusion des différents sons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'instrument nécessite une certaine maîtrise</li> <li>- Il laisse une grande liberté d'imagination avec de nombreuses possibilités dans la création</li> </ul>

Dématérialisé	<p><b>Voice Band</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Application pour Smartphone permettant de créer entièrement une musique simplement en enregistrant sa propre voix</li> <li>- Pour cela, il suffit de choisir un instrument dans la liste des instruments proposés et de chanter. L'application remplace le chant par le son de l'instrument choisi</li> <li>- Il est possible ensuite de choisir un autre instrument et de chanter par dessus celui qu'on vient d'enregistrer, ainsi le morceau de musique se crée, instrument par instrument</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les instruments disponibles dans l'application sont: deux guitares, une basse, un saxophone, deux synthétiseurs et une batterie</li> <li>- Il est possible d'ajouter des effets</li> <li>- L'application contient un métronome</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cette application ne coûte pas très cher (1.99 € sur l'App Store)</li> <li>- Elle est facile d'utilisation</li> <li>- Les instruments disponibles sont un peu limités</li> </ul>
	<p><b>Mogees</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Il a été développé par Bruno Zamborlin</li> <li>- C'est un capteur de vibration relié à un Iphone via un câble audio</li> <li>- L'utilisateur pose le capteur sur la surface d'un objet</li> <li>- Le capteur tient grâce à une petite ventouse</li> <li>- L'utilisateur peut ensuite taper, frotter l'objet, avec ses doigts ou avec un autre objet, ce qui va créer des vibrations qui vont être captées puis analysées grâce à une application</li> <li>- Suivant la manière dont l'utilisateur interagit avec l'objet, les vibrations auront des caractéristiques différentes, générant différents sons</li> <li>- L'utilisateur peut ainsi programmer, via l'application, quel son il souhaite associer à chaque type d'interaction avec l'objet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compatible avec le format MIDI</li> <li>- La capteur pèse 30 grammes</li> <li>- Il a un diamètre de 4 cm et une hauteur de 2 cm</li> <li>- Il est solidaire d'un câble audio se terminant par un jack mâle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisable n'importe où et facile à transporter</li> <li>- Tout le monde peut s'en servir, les non musiciens comme les musiciens (il existe deux versions du Mogees, un pour professionnel et un pour amateur)</li> <li>- Point faible : utilisable que sur les iPhones</li> </ul>



	<p>Body Instrument II</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instrument de Jean-Michel Rolland</li> <li>- C'est une Kinect branchée à un détecteur de mouvement</li> <li>- L'utilisateur modifie un son grâce à la position de ses mains : plus l'écartement des mains est important horizontalement, moins la fréquence de répétition de la note est élevée. De même pour vertical et aigu.</li> <li>- A l'écran s'affiche une animation représentant la position des mains pour que l'utilisateur visualise ce qu'il fait</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les sons sont générés via des samples de flûte couvrant deux octaves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'utilisateur peut très facilement gérer l'instrument</li> <li>- Il est difficile de créer une réelle mélodie</li> <li>- Il est limité dans le choix des instruments</li> </ul>
--	-------------------------------	--	--	--

# III. La musique assistée par ordinateur

Comme nous l'avons vu précédemment, plusieurs types d'instruments existent, sous forme physique ou dématérialisée.

Les premiers permettent la production de sons par la mise en vibration d'un corps matériel (corde, anche, lames, etc.) relié à un autre élément entrant en résonance (où à des microphones dans le cas d'instruments électriques). Une note précise est produite en fonction de la fréquence de vibration. La résonance permet d'amplifier cette vibration pour la rendre audible.

Les seconds n'ayant pas de forme physique, les sons sont alors produits numériquement. Deux solutions sont dès lors possibles pour synthétiser des sons : l'utilisation de fichiers audionumériques ou bien de message de commandes.

## 1. Les formats audionumériques

Un fichier audionumérique est un fichier contenant du son numérisé. Chaque son provient de l'enregistrement d'une source « réelle » (instrument, voix, etc.), transformée et numérisée. De nombreux formats existent (WAV, MP3, OGG, etc.). Le contenu audio de ces fichiers est fixe, et ne peut être modifié sans opérations de traitements du signal (ce qui implique donc de travailler sur une copie du son originalement enregistré).

Leur utilisation dans la composition musicale concerne principalement la création de « samples » : il s'agit de sons préenregistrés mixés pour créer une musique, le plus souvent à l'aide d'un séquenceur (outils permettant d'enregistrer, programmer et modifier en temps réels différents sons).

## 2. Les formats MIDI / SoundFont

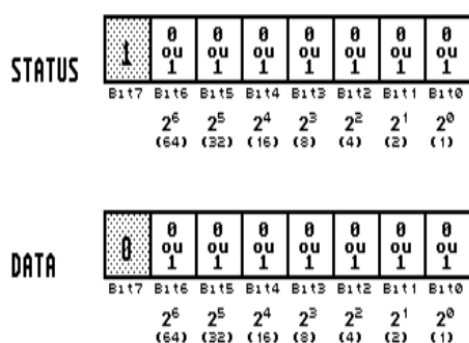
Contrairement aux fichiers audionumériques, les fichiers MIDI ne sont pas constitués de sons numérisés mais de messages de commandes, séries d'instructions informatiques codées et interprétables par un dispositif compatible au protocole MIDI (un instrument MIDI ou un

logiciel approprié). Un fichier MIDI forme donc une sorte de « partition », non pas de notes, mais d'instructions de jeu, allant de l'encodage d'un simple son à celui d'une symphonie entière.

Ce protocole divise les messages de commandes en deux catégories : les *statuts* et les *données*.

Les statuts fournissent les informations sur l'action effectuée (appui et relâchement d'une note, action sur d'autres contrôles tel le sustain, le pitch bend, la modulation) alors que les données

précisent davantage l'action (quelle note est appuyée, à quel niveau est le sustain et/ou le pitch bend...). Toute action définie dans un fichier MIDI est appelée message, et est forcément formé d'une structure [statut + donnée]. Les messages de commande sont encodés sur des octets. Chaque octet est constitué de 8 bits et peut coder 256 valeurs (0-255). Pour différencier un octet-statut d'un octet-donnée, le septième bit -dit de poids fort- est analysé en premier par le dispositif MIDI : si l'octet commence par un 1, c'est un statut, s'il commence par 0 c'est une donnée.



Le protocole code ensuite les informations sur les 7 bits restants, soit une possibilité de 128 valeurs (0-127). Parmi les messages de commandes existantes, nous pouvons notamment citer :

- les messages Note On / Note Off indiquent l'appui et le relâchement d'une note, ainsi que sa vélocité ;
- les messages Pitch Bend précisent la modulation et la la fréquences des notes jouées ;
- les messages Patch Change définissent l'instrument employé (possibilité de passer d'un instrument à l'autre en cours de morceau) ;
- enfin, les messages Control Change permettent de changer plusieurs paramètres lors de l'exécution d'une note:
  - la modulation
  - le volume
  - la balance
  - le panoramique (positionnement de la source sonore dans l'environnement stéréophonique).

La production sonore résultant d'une série de paramètres codés et connus, les fichiers MIDI sont facilement manipulables et transformables, à l'inverse des fichiers audionumériques. Il est

ainsi très aisé de changer d'octaves, de rythme, d'effets sonores, et même d'instruments à partir d'un format déjà existant.

La création d'un fichier MIDI peut être effectuée soit à la main (technique longue et fastidieuse), par un logiciel, ou bien encore via un instrument MIDI. Ce dernier est conçu spécifiquement pour traduire les actions du musicien en message de commandes, alors synthétisés en temps réel ou ultérieurement. L'instrument MIDI ne produit pas directement de sons : il peut être équipé d'un synthétiseur audio comprenant les instructions MIDI ou alors être connecté à un ordinateur avec un logiciel compatible avec ce format.

La principale force des instrument MIDI est de traduire fidèlement et naturellement le jeu du musicien (nuances, forces, intentions musicales) : en effet, un grand nombre d'instruments existe en version MIDI. Le musicien n'a alors plus qu'à jouer comme il le ferait avec son « vrai » instrument, le mécanisme de conversion et de restitution se faisant automatiquement.

Le format SoundFont, développé par les sociétés E-mu et Creative Lab, permettent l'utilisation de fichiers audionumériques (au format WAV) dans des dispositifs MIDI. Ce format offre une meilleure qualité et un meilleur réalisme, le fichier de format WAV provenant d'enregistrements d'instruments réels. Sont en plus encodées les données sur le comportement du son (vélocité, effets, spatialisation), permettant leur utilisation dans le protocole MIDI. Là encore, lors de la synthèse, des messages de commandes sont envoyés à une carte son compatible (type Sound Blaster) ou à un logiciel permettant l'emploi de SoundFont dans un dispositif MIDI.

## IV. La détection de mouvement

### 1. Revue de l'existant

La capture de mouvement ou “motion capture” est une technologie qui permet d'enregistrer des mouvements d'une personne ou d'un objet, et de les reproduire dans un environnement virtuel. Cette technologie s'est beaucoup illustrée dans le monde du cinéma, mais surtout dans celui du jeu vidéo. Ci-contre, quelques dispositifs phares ayant intégré un système de détection de mouvement :

- ❑ **La caméra EyeToy de Sony (2003)** : cette technologie utilise la vision par ordinateur et la reconnaissance gestuelle pour traiter les images prises par la caméra. La caméra détecte formes, couleurs et gestes, donnant ainsi la possibilité à l'utilisateur d'interagir à l'écran via ses mouvements.
- ❑ **La Wiimote de Nintendo (2006)** : sous forme de manette rectangulaire, la Wiimote est équipée de plusieurs capteurs permettant un repérage dans l'espace ainsi qu'une retranscription des mouvements de l'utilisateur à l'écran. Afin de déterminer la position de la Wiimote relativement au téléviseur, un “Sensor Bar” muni de LED infrarouges et alimenté par la console est placé au-dessus ou en-dessous de celui-ci. La Wiimote intégrant une caméra sensible aux longueurs d'onde de ces LED, elle peut alors calculer précisément et rapidement sa position par rapport à la barre, et ainsi cibler l'écran en un point spécifique. Pour compléter ce détecteur, la Wiimote dispose d'accéléromètres.
- ❑ **La PS Move (2010)** : ce périphérique compatible sous Playstation 3 et 4 intègre une caméra (PlayStation Eye), une manette de détection de mouvement (avec accéléromètres et capteur gyroscopique) ainsi qu'une manette de navigation. Le contrôleur de jeu se différencie ici de la Wiimote par la présence d'une boule blanche en caoutchouc, essentielle pour détecter la position absolue du contrôleur de chaque utilisateur dans un espace 3D.
- ❑ **Le capteur Kinect V1 (2010)** : périphérique branché sur Xbox 360, capteur permettant d'interagir par commande vocale, reconnaissance de mouvement et d'image. D'un point de vue technologique, la caméra 3D Kinect v1 s'appuie sur une méthode de reproduction

du relief. Ce capteur est retiré du marché en 2015 après avoir laissé sa place au capteur Kinect v2.

- **La caméra ZED (2015)** : ce capteur 3D, intégrant deux caméras RGB, permet de mesurer la profondeur de l'environnement dans lequel son utilisateur se trouve. Le système repose en effet sur un logiciel ayant recours à la technique SLAM (Simultaneous Localization And Mapping), technique de cartographie en 3D et en temps réel de l'espace.

La technologie sur laquelle nous avons ici décidé d'employer est le capteur Kinect v2.

## 2. Le capteur Kinect

La Kinect (du mot-valise anglais "kinetic" et "connect"), capteur ayant été initialement créé pour la console de jeux-vidéo *Xbox360* de Microsoft, est un périphérique permettant de contrôler une interface via un système de commandes vocales et de reconnaissance de mouvements.



*La kinect v2*

Après une première version fructueuse, la compagnie a présenté la Kinect 2 (ou Kinect V2) : caméra à bas coût permettant l'acquisition en temps réel d'un flux vidéo de scènes en trois dimensions, celle-ci est une amélioration de sa sœur aînée en plusieurs points.

Là où la V1 utilisait une matrice infrarouge (lumière structurée) pour la détection de profondeur, la V2 s'appuie quant à elle sur la technologie "Time of Light", beaucoup plus efficace en termes de précision (détection des mouvements de doigts). Autre atout, le fait qu'elle ne soit plus motorisée, son champ de vision ayant été agrandi. La caméra vidéo a également été améliorée vers un standard Full HD. Toutes ces mises au point ont participé à une meilleure reconnaissance, la V2 pouvant désormais suivre jusqu'à 6 individus simultanément.

Feature	Kinect for Windows 1	Kinect for Windows 2
Color Camera	640 x 480 @ 30 fps	1920 x 1080 @ 30 fps
Depth Camera	320 x 240	512 x 424
Max Depth Distance	~4.0 M	~4.5 M
Min Depth Distance	80cm (40 cm in near mode)	50 cm
Horizontal Field of View	57 degrees	70 degrees
Vertical Field of View	43 degrees	60 degrees
Tilt Motor	yes	no
Skeleton Joints Defined	20 joints	25 joints
Full Skeletons Tracked	2	6
USB Standard	2.0	3.0
Supported OS	Win 7, Win 8	Win 8-8.1 (WSA)
Price (sensor + adapter)	~ €160	~ €200

### *Différences notables entre la Kinect V1 et V2*

Le capteur Kinect v2 est composé de deux lentilles distinctes. L'illumination active de la scène par plusieurs projecteurs infrarouges permet l'acquisition d'informations relatives à la profondeur et à l'intensité par une première lentille. En parallèle, une seconde lentille de plus haute résolution recueille la couleur de la scène. De ces deux lentilles, il est donc possible d'obtenir trois types de données distinctes :

- Une image infrarouge de la scène en niveaux de gris (information sur l'intensité du faisceau lumineux retourné par l'objet observé).
- Une carte de profondeur, ou image de profondeur, émanant de la même lentille que l'image d'intensité (à l'aide de la technologie TOF précédemment mentionnée) on peut mesurer la distance entre l'objet et le capteur en fonction du temps mis par la lumière pour aller sur un objet et revenir jusqu'au capteur. On obtient alors une matrice qui donne des informations sur la distance du capteur à chaque point de l'image (matrice de la taille de la résolution de la lentille infrarouge : 512x424 pixels). A partir de cette carte de profondeur bidimensionnelle, on peut transformer l'information en une donnée tridimensionnelle, et ce grâce au modèle du sténopé qui permet de trouver la relation entre les coordonnées spatiales d'un point de l'espace avec le point associé dans l'image bidimensionnelle (processus de calibration de caméra). A partir de ces relations de projections, on peut "ouvrir" les cartes de profondeur afin d'obtenir une image tridimensionnelle selon des coordonnées XYZ.

- L'image en couleurs réelles de la scène, enfin, possède une résolution beaucoup plus élevée que les images infrarouges et de profondeur, à savoir 1920x1080 pixels.

La gestion du flux de données issues du capteur 3D Kinect est entièrement réalisée par ordinateur, puisqu'aucun bouton sur le capteur ne permet la capture ou l'enregistrement de données. Ainsi, l'installation préalable de « pilotes » effectuant le lien entre l'ordinateur et le capteur est nécessaire.



# Références

Ci-dessous la liste des sources de données et images utilisées pour réaliser ce travail.

## Webographie

<http://www.waterphone.com/story.php>  
<http://franetjim.free.fr/bodyinstrument2.html>  
[http://www.lemonde.fr/pixels/video/2015/03/16/mogees-l-invention-qui-transforme-son-environnement-en-instrument-de-musique\\_4593887\\_4408996.html](http://www.lemonde.fr/pixels/video/2015/03/16/mogees-l-invention-qui-transforme-son-environnement-en-instrument-de-musique_4593887_4408996.html)  
<http://laviecommeonaime.free.fr/?p=1651>  
<https://itunes.apple.com/fr/app/voice-band/id347859797?mt=8>  
<http://reactable.com/>  
<http://www.nerdgen.net/2010/03/04/reactable-une-table-lumineuse-musicale.html>  
<http://www.beatbearing.co.uk/>  
[http://tgcproductions.blogspot.fr/2009\\_03\\_01\\_archive.html](http://tgcproductions.blogspot.fr/2009_03_01_archive.html)  
<http://www.assemblagerequis.com/?p=14706>  
<http://www.journaldugeek.com/2013/06/13/dualo-du-touch-instrument-musique-intuitif/>  
<https://www.musicmot.com/sequenceur-definition.htm>  
<http://fr.audiofanzine.com/groove-machine/yamaha/QY10/>  
<http://www.hakenaudio.com/Continuum/hakenaudioovervg.html>  
<http://www.ign.com/articles/2005/11/03/guitar-hero>  
<http://hapidrum.com/>  
[http://www.pick-et-boch.com/fr/abmamuwb/abkerweb/menu\\_principal.php?cxmen=HTPGZOHAPI](http://www.pick-et-boch.com/fr/abmamuwb/abkerweb/menu_principal.php?cxmen=HTPGZOHAPI)  
<http://fr.audiofanzine.com/bien-debuter/editorial/dossiers/le-midi-pour-les-nuls.html>  
[http://www.norme-midi.com/pdf/4\\_2.pdf](http://www.norme-midi.com/pdf/4_2.pdf)  
<https://fr.wikipedia.org/wiki/SoundFont>

## Travaux universitaires

- *Une approche de l'instrument augmenté : la guitare électrique* par Otso LÄHDEOJA
- *Evaluation de la technologie des caméras 3D (Kinect 2) pour la mesure et la reconstruction d'objets à courte portée* par Elise LACHAT
- *La situation musicale, l'expérience vécue de la musique* par R. Lavialle
- *Percepción musical y funciones cognitivas. ¿Existe el efecto Mozart ?* par C. Talero-Gutierrez, J.G. Zarruk-Serrano, A. Espinosa-Bode
- *Música y neurociencia : la musicoterapia – Sus fundamentos, efectos y aplicaciones terapéuticas* par Jordi A. Jauset Berrocal