

MEBIII, UNE INTERFACE DE SUIVI TRIDIMENSIONNEL DE POSITION EN CHAMP PROCHE A FAIBLE COUT

Roald Baudoux

Section de musique électroacoustique - Arts²

roald.baudoux@brutele.be

RÉSUMÉ

Notre activité musicale en studio et en live electronics nous a conduit à rechercher une interface gestuelle de suivi tridimensionnel de position adaptée à de très courtes distances. Après expérimentation sur de multiples interfaces commerciales et un travail avec divers capteurs, nous avons constaté le manque d'un outil à la fois fiable, abordable et adapté à nos besoins. Nous avons donc développé une solution personnelle sous le nom de *Mébiii*. Fondée sur la caméra infra-rouge d'une télécommande de console de jeu Wii, elle offre une résolution et une fréquence d'échantillonnage satisfaisantes. L'utilisation de ce capteur libère l'ordinateur de la tâche d'analyse des images et préserve donc la puissance de calcul pour le travail sur le son. Cette solution représente en outre un coût extrêmement réduit. Afin d'améliorer le suivi de la distance entre le capteur et la main, un circuit avec des diodes lumineuses est placé sur le dos de la main.

1. INTRODUCTION

Notre travail s'inscrit dans une double perspective : d'une part celle de la composition acousmatique en studio et d'autre part celle du travail sur scène en live electronics. Nous sommes essentiellement intéressé par des interfaces gestuelles de proximité.

Ce projet vise à la création d'une interface de commande gestuelle adaptée à un espace virtuel tridimensionnel de faible taille (50 x 50 x 50 cm approximativement). L'interface devrait être aussi réactive que possible, offrir une bonne résolution pour permettre de grandes nuances d'expression et ne pas nécessiter la prise en main d'un outil spécifique (tel qu'un stylet) afin de conserver la main libre pour basculer rapidement sur d'autres interfaces gestuelles (curseurs, souris, etc). En outre, nous souhaitons développer un système à faible coût d'une part parce que nous travaillons sur fonds propres mais surtout parce que nous voulons que ce travail puisse être partagé avec des étudiants aux ressources financières limitées.

Ce travail n'a pas obligatoirement pour vocation de constituer une recherche innovante mais plutôt de répondre pragmatiquement à un problème spécifique et avec un niveau de compétence limité dans le domaine de l'électronique.

2. QUELQUES INTERFACES EXISTANTES ET CRITIQUE

Nous ne prenons en compte que des dispositifs commerciaux disponibles à prix abordable ou des capteurs facilement intégrables dans des circuits électroniques.

2.1. Tablettes graphiques Wacom

Les tablettes graphiques sont aujourd'hui ubiquitaires dans le monde de la musique électroacoustique. Elles offrent au minimum trois degrés de liberté : position en x, position en y, pression. Certains modèles vont plus loin en détectant l'inclinaison du stylet. Cependant l'usage d'un stylet reste généralement nécessaire, ce qui implique en cours d'utilisation un temps pour prendre le stylet et un autre temps pour le déposer. Il existe bien des modèles capables de détecter la position d'un ou plusieurs doigts mais cette information n'est pour l'instant pas accessible dans le principal programme que nous utilisons pour la création musicale (Max/MSP) faute d'un développement logiciel adéquat. La contrainte du stylet peu gênante de prime abord le devient dans le contexte où de multiples interfaces sont combinées (curseurs, clavier MIDI, souris, etc). En effet dans cette situation la rapidité pour passer d'une interface à l'autre est un critère qui nous paraît important. En outre, la troisième dimension proposée sous forme de variation de pression travaille sur une échelle spatiale beaucoup plus étroite que les deux autres.

2.2. Magic Trackpad Apple

Le Magic Trackpad d'Apple offre une détection tactile tridimensionnelle de multiples points de contact. Le prix de l'appareil est très réduit (moins de 100 €) et sa calibration extrêmement bonne. De plus, il ne requiert pas de stylet. Outre la détection de position en x et en y, il autorise la détection de la surface de chaque doigt (jusqu'à... onze !) en contact avec la surface. Cependant, l'appareil présente un double défaut : tout d'abord la résolution pour la détection de surface est très limitée. Enfin, la récupération de ces données par des applications musicales courantes n'est pas favorisée par le fabricant, qui communique un minimum

d'informations sur le sujet. Il existe un moyen de récupérer ces informations grâce à *fingerpinger* [1], un objet tiers pour Max/MSP. Il constitue une solution sophistiquée mais non fiable. En effet sans raison apparente il arrive que l'objet ne rapporte par les informations issues de l'appareil quoique celui-ci soit détecté par l'objet. Bien qu'extrêmement intéressante, cette interface doit donc être abandonnée.

2.3. Tablettes tactiles

Techniquement certaines tablettes permettent la détection de la surface de contact entre les doigts et la surface. Cependant cette information soit volontairement indisponible pour les développeurs (iOS), soit sa résolution reste limitée même lorsqu'elle est disponible (sur certaines tablettes fonctionnant sous Android). Quoi qu'il en soit la troisième dimension reste traitée comme un parent pauvre par rapport aux deux autres. Des technologies autorisant la détection de la pression en tant que telle sur des écrans tactiles ont été annoncées [2] mais elles ne sont pas disponibles actuellement.

2.4. Télémètres divers

Les télémètres par triangulation infrarouge représentent un système de détection de distance fiable et adapté aux distances recherchées. En plaçant de multiples capteurs sous forme d'une quadrillage on crée effectivement une détection sur trois dimensions avec cette fois la meilleure résolution pour la profondeur. Ce système est utilisé dans l'interface Peacock de Chikashi Miyama [3]. Cependant l'interface conserve la latence inhérente au principe de captation (triangulation optique) et qui est de l'ordre de 40 ms, ce qui est un peu trop pour un jeu rapide. D'autre part, la résolution en x et en y est limitée (on a 35 capteurs organisés en 5 lignes de 7 capteurs). Augmenter le nombre de capteurs ne résoudrait pas le problème car leur largeur est grande par rapport à la surface (± 4 cm).

Les télémètres à ultrasons offrent un temps de réponse plus court (< 20 ms). Cependant, la détection sur trois dimensions exigerait l'utilisation de plusieurs télémètres, donc leur synchronisation et l'allongement des cycles de mesure par nécessité d'éviter les interférences entre capteurs, au minimum au nombre de trois. En outre l'utilisation sur une table pourrait souffrir des réflexions des ondes ultrasonores sur celle-ci et sur les autres objets posés à proximité (ordinateur, autres interfaces gestuelles, etc).

2.5. Détection capacitive

La détection capacitive offre en théorie la possibilité d'une détection tridimensionnelle et sans contact physique. Cette voie pose un certain nombre de difficultés de nature électrique et électronique que notre niveau de compétence en la matière ne permet pas de résoudre (blindage actif, conception des électrodes, linéarité, etc).

2.6. Caméras

La détection tridimensionnelle par caméra fonctionne très bien et ce depuis longtemps déjà [4]. Cependant l'analyse d'image demande généralement une puissance de calcul importante du côté logiciel (puissance d'autant plus grande que le nombre d'images par seconde est grand, ce qui peut s'avérer utile pour avoir une bonne réactivité) et c'est autant de puissance informatique perdue pour la création sonore, surtout lorsqu'on travaille avec des ressources limitées.

Certes l'arrivée de la Kinect de Microsoft a modifié le jeu et ouvert des perspectives. Néanmoins actuellement elle ne répond pas encore aux critères formulés. D'une part le taux de rafraîchissement est insuffisant (30 Hz) et d'autre part la distance minimale n'est pas adaptée (que ce soit dans la première version de l'appareil – 1,2 m – ou dans sa seconde – 0,5 m).

3. LA TELECOMMANDE DE LA CONSOLE WII

Cette télécommande a mis à la disposition du plus grand nombre un ensemble de capteurs facilement utilisables. La présence de certains d'entre eux est bien connue : accéléromètre, gyroscope. Cependant, un fait moins connu est que la télécommande contient une caméra adaptée à la détection des ondes infrarouges et destinée à aligner la télécommande dans le plan horizontal, pour lequel l'accéléromètre est « aveugle ». Les possibilités de ce capteur hors du champ du jeu vidéo ont été exposées par divers chercheurs, notamment Johnny Chung Lee [5].

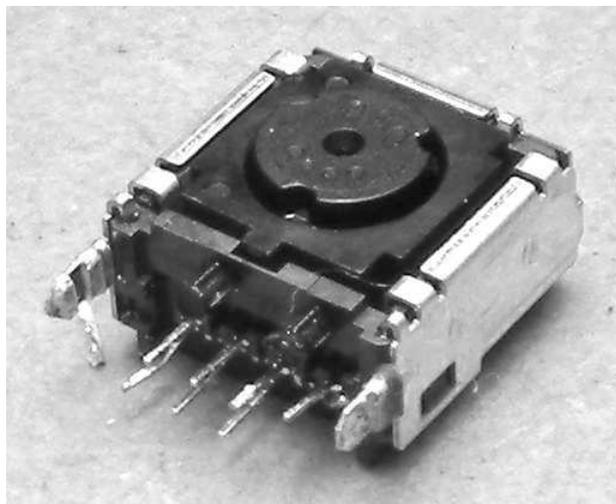


Figure 1. La caméra de la télécommande Wii

Cette caméra présente l'intérêt d'intégrer un microprocesseur d'analyse d'image capable de suivre la position de quatre points sur trois dimensions. Donc non seulement plusieurs points peuvent être suivis mais en outre et surtout le traitement d'image est réalisé dans le capteur lui-même et ne doit donc plus être pris en charge par l'ordinateur. En outre la fréquence de rafraîchissement des données s'élève à 100 Hz, ce qui est satisfaisant en termes de réactivité.

Les données des capteurs sont facilement récupérables sur un ordinateur par liaison sans fil Bluetooth. Cependant, pour placer la caméra à plat sur une table et l'orienter vers le haut (voir figure 2), il est nécessaire de l'extraire de la télécommande car elle est placée à l'une de ses extrémités latérales. Bien que son fabricant soit identifié (PixArt Imaging), elle n'est cependant pas disponible en tant que composant isolé et il est donc nécessaire de sacrifier une télécommande Wii pour l'obtenir.

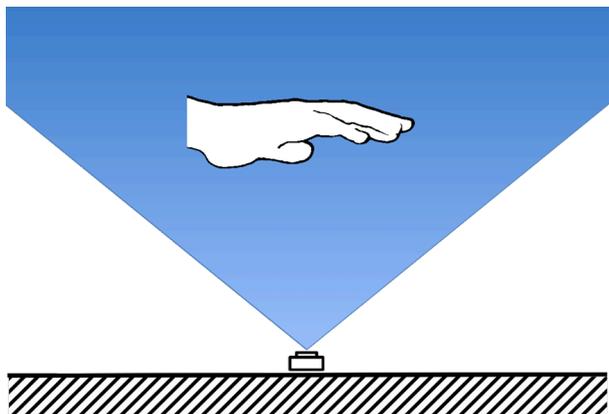


Figure 2. Configuration souhaitée pour la détection a priori.

Etant donné que la caméra utilise le protocole de communication normalisé I²C, il est possible d'intégrer celle-ci dans un circuit électronique très simple et de connecter celui-ci à une carte avec microcontrôleur de type Arduino [6] et par là à un ordinateur. Tant l'identification des connexions de la caméra [7] que les codes nécessaires à la communication avec celle-ci [8] ont été déterminés par rétro-ingénierie et sont mis à disposition sur le Web par des tiers. Cependant, il s'avère qu'aux courtes distances prévues la caméra pose un problème d'angle de vue étroit (45° d'ouverture approximativement) qui limite fortement la taille de la surface de détection. Nous avons essayé de supprimer l'optique d'origine et de la remplacer par divers objectifs de substitution pour élargir l'angle d'ouverture mais sans résultat. Dès lors la seule solution consiste à éloigner la caméra de la main de plusieurs dizaines de cm, ce qui est incompatible avec un placement de la caméra sur une table. Il s'avère donc nécessaire de placer la caméra en position supérieure (figure 3). On en revient alors à une télécommande Wii standard reliée directement à l'ordinateur de destination par connexion sans fil Bluetooth sans qu'aucun circuit électronique ni carte Arduino ne soit requis.

4. LA MEBIII

4.1. Configuration générale

La télécommande est suspendue (par exemple à un pied de microphone) de manière à obtenir une distance d'environ un mètre au dessus de la table de travail. La caméra est orientée vers le bas et fait face au

dos de la main. Afin de favoriser la détection, trois diodes lumineuses émettant dans l'infrarouge sont placées sur un circuit, lui-même posé sur dos de la main au moyen d'une sorte de mitaine et alimenté par trois piles au format AA. Bien que le dos de la main soit en face de la caméra, des diodes lumineuses classiques avec un angle d'éclairage d'environ 30° se sont montrées trop sensibles à d'éventuelles inclinaisons même minimales de la main. Elles ont donc été remplacées par des diodes dites de haute puissance qui offrent un angle d'émission de 120°. Ces diodes (utilisées à puissance réduite) sont placées selon une configuration en triangle isocèle (voir figure 4) pour obtenir des distances différentes entre le point central et chacun des points latéraux d'une part et entre les deux points latéraux d'autre part.

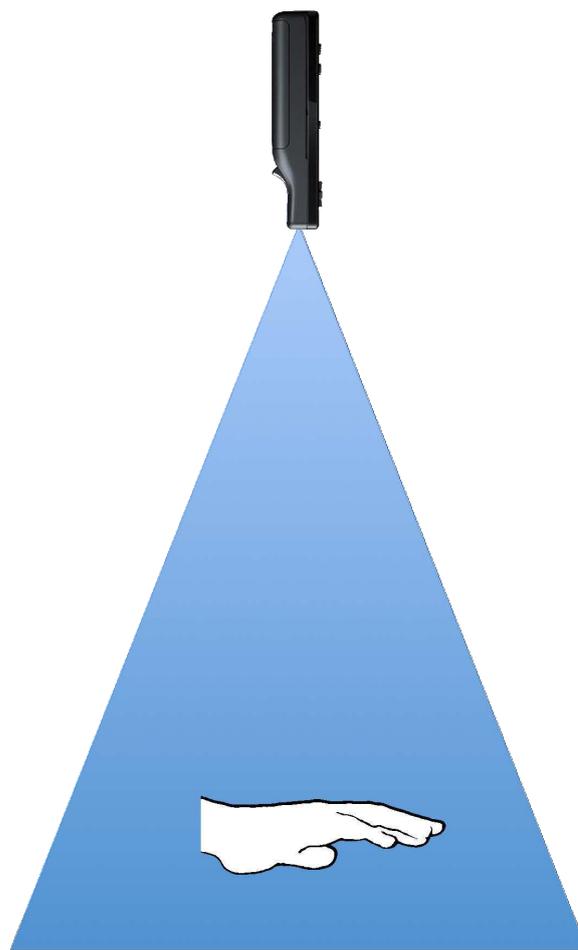


Figure 3. Configuration retenue après essais.

Cette différence de longueur permet de retrouver le positionnement relatif des trois points et de calculer l'angle de rotation de la main dans le plan horizontal, ce qui ajoute un quatrième degré de liberté à l'interface.

4.2. Configuration logicielle

La première version du dispositif traitait les données par une carte Arduino. La seconde reçoit les positions des trois points sur les axes x et y directement dans le logiciel Max/MSP via l'objet tiers *ajh.wiiremote* [9]. Nous avons développé un programme en langage Java directement dans Max/MSP via un module mxj pour effectuer les calculs nécessaires. La mesure de distance entre la main et la caméra fournie d'usine par la caméra elle-même possède une résolution très insuffisante pour une utilisation en finesse. C'est pourquoi nous avons décidé d'obtenir cette information d'une autre manière, à savoir via le calcul de la distance entre les deux points les plus éloignés l'un de l'autre dans le plan horizontal. La position globale en x et en y est déterminée par le calcul de la moyenne des positions des trois points.

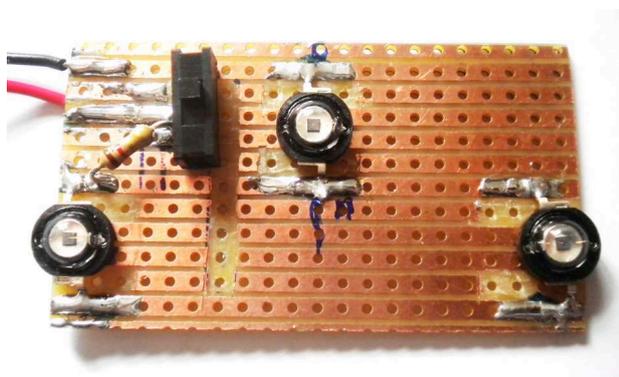


Figure 4. Circuit comportant les trois diodes lumineuses, à poser au dos de la main.

4.3. Application

La captation de position sur trois dimensions pourrait être appliquée au pilotage direct de trois variables directement sensibles telles qu'amplitude, fréquence de coupure de filtre et vitesse de lecture. Cependant notre approche est différente et vise à pouvoir coupler les avantages d'une modulation instantanée offerte par le geste à la richesse conférée par le temps de préparation sans limites du studio. Pour tout traitement appliqué sur le son (filtrage, distorsion, transposition, etc), nous associons donc à chaque sommet d'un cube virtuel une valeur mémorisée préalablement pour chacun des paramètres de ce traitement.

Le positionnement tridimensionnel capté via la Mébiii autorise une exploration de cet espace virtuel en créant par interpolation des réglages inédits et des variations continues sur de multiples aspects du son. Le geste est donc le moyen de réaliser de manière sensible un potentiel développé préalablement.

Le développement de la Mébiii est tout récent et d'autres utilisations, par exemple pour la synthèse ou le pilotage de divers modèles sont certainement à envisager.

5. CONCLUSION

Un capteur développé pour un appareil spécifique a été détourné de sa fonction d'origine en vue d'un suivi de position à très courte distance. La détection est couplée à un ensemble de diodes lumineuses émettant dans le registre infra-rouge pour améliorer l'estimation de distance par rapport aux données fournies directement par le capteur mais également pour autoriser le suivi de la position angulaire de la main. Le coût très réduit de la télécommande Wii et des développements additionnels rendent la Mébiii facilement accessible à des étudiants ou des musiciens qui ont une compétence technique limitée. L'interface offre un suivi de position sur trois dimensions couplé à une bonne fréquence de rafraîchissement. Cependant l'optique fournie d'usine rend l'utilisation à courte distance impossible. Un positionnement à une distance plus large que celle envisagée au départ et donc par dessus la main plutôt que par dessous doit donc être adopté.

6. REFERENCES

- [1] Anyma, <http://www.anyma.ch/2009/research/multitouch-external-for-maxmsp/> consulté le 28 février 2012.
- [2] Anonyme, « Notice Regarding the Signing of an Exclusive License Agreement with Peratech on the Use of a New Force Sensing Material », <http://www.nissha.co.jp/english/news/2010/02/news-382.html>, consulté le 28 février 2012.
- [3] Miyama C., « Peacock: A Non-haptic 3D Performance Interface », ICMC 2010 Proceedings, New-York, 2010.
- [4] Merlier B., « La main, le geste instrumental et la pensée créative - CG3D, Contrôleur Gestuel Tridimensionnel », Actes des Journées d'Informatique Musicale 2003, Montbéliard, 2003.
- [5] Site personnel de Johnny Chung Lee, <http://johnnylee.net/projects/wii/>, consulté le 28 février 2012.
- [6] RobotFreak, « Wii IR camera as standalone sensor », site Web <http://letsmakerobots.com/node/7752> consulté le 28 février 2012.
- [7] Kako, « Component analysis of the infrared sensor for pointing the Wii Remote », traduction de la page Web <http://www.kako.com/neta/2007-001/2007-001.html>, consulté le 28 février 2012.
- [8] Wiimote Wiki,
http://wiki.wiimoteproject.com/IR_Sensor, consulté le 28 février 2012.
- [9] Harker A. J., *AHarker Externals*, objects complémentaires pour Max/MSP, disponibles depuis le site <http://www.alexanderjharker.co.uk/Software.html>