

UE22 : Projet Tala Sound

Luc Perera (doctorant), Ecole nationale des Arts Décoratifs, Paris, luc.perera@ensad.fr

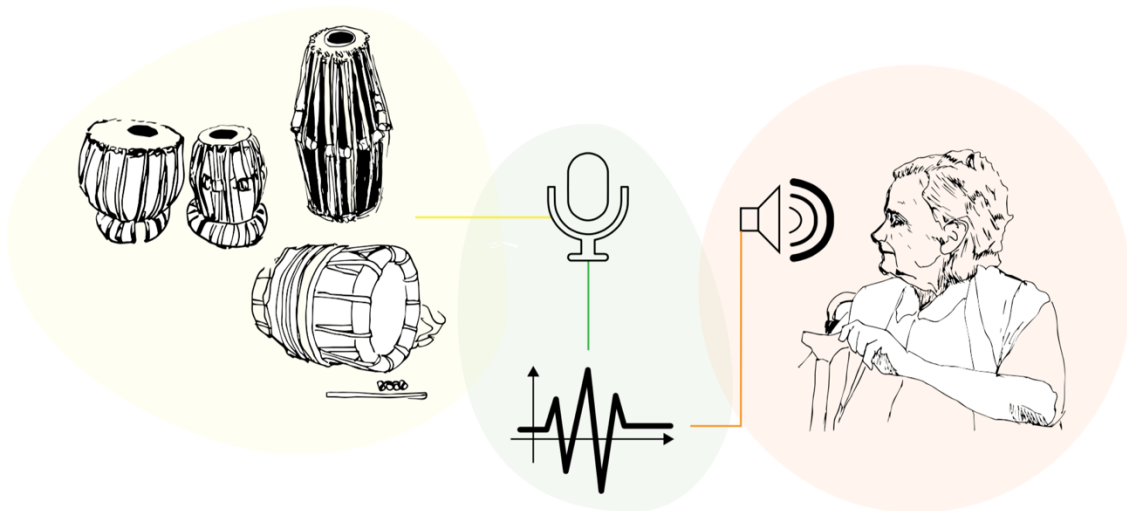
Pierre Jouvelot (directeur de thèse), MINES ParisTech, Paris, pierre.jouvelot@mines-paristech.fr

Jérôme Grison et Antoine Costanza (réalisation matérielle), Lycée Gaspard Monge, Savigny-sur-Orge

Etudiants de EISTI (interface), Telecom Sud Paris et ENSIIE (mécatronique)

Patients de l'Hôpital public Paul Brousse, Villejuif

Février 2020



Contexte

Dans le cadre d'une thèse de doctorat liée au design médical, l'objectif du projet Tala Sound consiste à réaliser un dispositif interactif et sonore qui agit sur le comportement des patients atteints de démence, type Alzheimer (voir Figure 1). Cet objet, appelé Tala Box, transmettra des sons et des vibrations, qui interagiront avec les mouvements des mains du patient. En amont, des enregistrements de musique auront été effectués, provenant de tablas utilisés dans la musique carnatique (musique du sud de l'Inde possédant une très grande variété de structures rythmiques typiques, appelées "talas") ; leur diffusion devra être effectuée depuis l'intérieur du dispositif. Ces sons vont également provoquer des effets de déplacement et de vibrations (micro-mouvements) sur le dessus élastique du support ; le patient pourra être incité à manipuler l'objet pour se calmer.

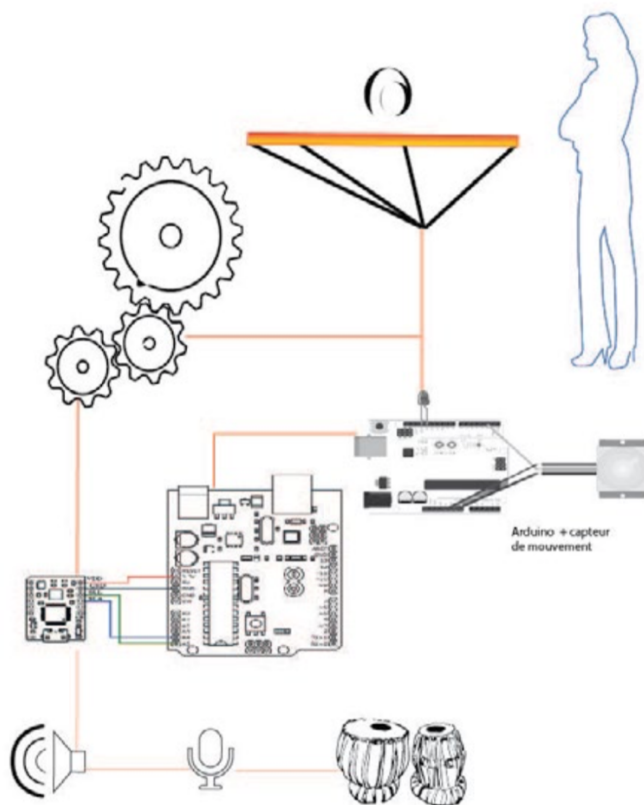
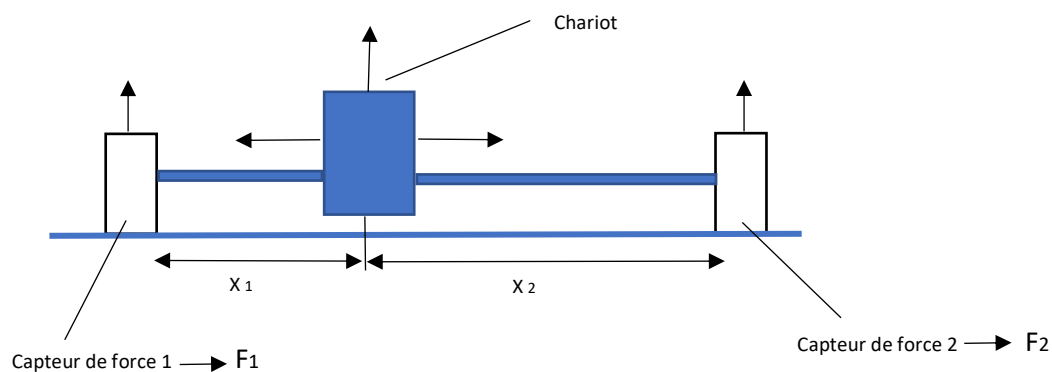


Figure 1 Contexte global du projet Tala Sound

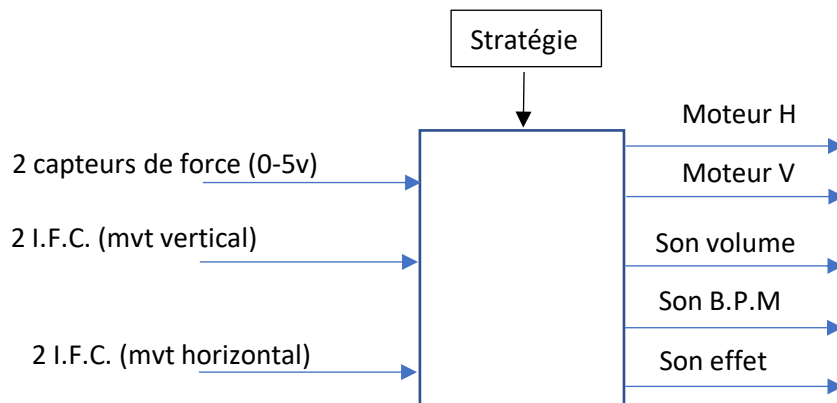
Prototype matériel

Le dispositif Tala Box est de dimension format A3, avec 35 cm de hauteur et une masse de 3 kilogrammes environ. L'objet sera recouvert tout autour d'un caisson qui étouffera le son des moteurs, et il n'y aura qu'un haut-parleur qui diffusera du son. Au-dessus de l'objet, il y aura une membrane d'une matière semi-souple où le patient pourra poser ses mains. Il sera posé sur un chariot et relié à un ordinateur qui gèrera les commandes marche/arrêt, le choix des pistes et le volume sonore.

Un premier prototype de la Tala Box a été réalisé, selon le schéma ci-dessous (voir les photos en fin de document, également).



Les différentes variables du système sont schématisées ci-dessous.



L'objectif du dispositif est que le patient réagisse en fonction de la musique et du mouvement du chariot. Pour guider les réactions du patient, le dispositif doit être interactif et donc être capable de capter les réactions du patient pour les analyser et proposer une stratégie d'apaisement ou de stimulation. Pour connaître celles-ci, le dispositif (comprenant deux chariots) possède, par chariot, deux capteurs de force (voir schéma ci-dessus) qui permettent de déterminer, par exemple :

- la force d'appui du patient $F = (F_1 + F_2)/2$;
- le lieu d'appui $X_1 = F_2 X_2 / F_1$.

A partir de ces données brutes, on pourra accéder à l'évolution de la force d'appui dans le temps, aussi bien quand la vitesse du chariot est nulle que non. Par exemple, si la force est constante lorsque le chariot se déplace, cela signifie que le patient suit la course du chariot, et qu'il est actif. On pourra, de même, accéder à l'évolution du lieu d'appui dans le temps

Pour se repérer dans l'espace, le dispositif possède quatre interrupteurs de fin de course, ou I.F.C., deux pour le mouvement horizontal et deux pour le mouvement vertical.

Pour faire réagir le patient, le dispositif possède des éléments suivants :

- deux moteurs à courant continu permettant des déplacements de type lents à vibratoires
- une sortie son comprenant plusieurs paramètres (volume, fréquence, effet).

Scénario d'usage

- L'utilisateur peut-être un personnel soignant, un musicothérapeute, un aidant ou mieux encore la famille (tuteur du patient).
- L'objet possèdera un allumage très simple (visible à l'aide d'une LED) : marche/arrêt, trois choix sonores et potentiomètre numérique ou digital pour le volume sonore.
- Quand le programme gérant la Tala Box sera lancé depuis l'ordinateur, un tableau de bord avec les fonctionnalités et le nom du dispositif sera affiché.
- Le dispositif doit être silencieux (pas de bruit de moteur ni de mécanisme).
- La musique doit être bien audible pour le patient âgé (souvent malentendant).

- Après l'allumage, le dispositif fonctionnera tout seul grâce à la musique. Les boules qui se trouvent à l'intérieur de la boîte vont se déplacer et réagir au rythme du son et de l'amplitude sonore, selon un algorithme à préciser (voir ci-dessous).
- Le mouvement, sans intervention humaine, doit durer le temps de la musique (5 minutes environ).
- L'aidant peut inviter le patient¹ à poser les mains sur le dispositif au bout de 3 minutes d'écoute environ. Il estimera si le patient a été calmé, selon le degré d'anxiété qu'il présente.
- En posant ses mains dessus, le patient devrait sentir les boules bouger sous ses mains et une petite vibration. En exerçant une légère pression sur les boules juste via le poids de ses mains, le tempo de la musique devra se ralentir et le son se modifier. Le dispositif devient ainsi un jeu entre le patient et la musique.
- En fin de séance, on éteint le dispositif et l'ordinateur, et on enlève la membrane (qui pourra être nettoyé pour assurer l'hygiène).

Programmation attendue

L'objectif de la Tala Box est que le patient réagisse aux mouvements de la surface de la Tala Box, induit par ceux des chariots, en fonction du son de la musique. Le projet logiciel proposé ici consiste à concevoir et développer trois modules :

- un extracteur sémantique de son qui, à partir d'un fichier audio de musique indienne (exemples fournis par Luc), extraira des informations dynamiques de haut niveau, comme la fréquence fondamentale, le rythme, le volume, etc., paramètres qui varient bien évidemment en fonction du temps (on pourra utiliser divers algorithmes de traitement du signal, comme la Transformée de Fourier ou une décomposition en ondelettes) ;
- un compositeur de mouvements qui, à partir des données fournies par le module d'extraction, décidera de la suite des actions à faire exécuter par la Tala Box (on se limitera, dans une première version, à une approche passive, en ce sens qu'il ne s'agira que de déplacer les boules de la Tala Box, aucune action n'étant attendue du patient) ;
- un simulateur de la Tala Box, sous forme d'un programme affichant un graphique simplifié de celle-ci et qui jouera la musique et animera les boules et chariots en fonction des commandes générées par le module de composition de mouvement (on pourra, dans une première étape, se limiter à un unique chariot et une seule boule).

En ce qui concerne l'algorithme de composition des mouvements, voici quelques exemples possibles, sachant qu'on pourra envisager d'autres modalités (la créativité est la bienvenue !).

- On pourra envisager des mouvements sur la surface de l'objet comme un effet de vague, de droite à gauche pour la boule n°1 et de gauche à droite pour la boule n°2. On aura ce va-et-vient comme un mouvement perpétuel sous forme sinusoïdale. De plus, les boules pourraient monter et descendre par rapport à la hauteur des fréquences sonores.
- Le son et le mouvement pourraient être modulés en continu comme un effet de vague apaisante. La vitesse sera *largo*, jusqu'à *Adagio* 1'24'', *Moderato* à 1'43'' et 2'03'' une décélération. Et ainsi de suite...
- La hauteur des boules devrait varier entre deux et trois centimètres et, par exemple, descendre de 1 cm par rapport à la frappe du tablatiste (percussionniste).
- La vibration du dispositif est en lien avec le tempura et la basse.

¹Les patients que nous avons observés à l'hôpital Paul Brousse présentant des cas de MMS très élevés, il est souhaitable d'attendre deux ou trois minutes avant l'exécution.

Il n'est pas nécessaire que le système fonctionne en temps réel ; on pourra ainsi envisager une phase d'extraction générant un fichier de commandes, celui-ci servant d'entrée au simulateur pour diffuser ensuite le son et afficher les mouvements. Attention toutefois aux questions de synchronisation...

Le logiciel développé (on suggère d'utiliser Python, qui dispose de très nombreuses bibliothèques), la documentation (en particulier concernant les bibliothèques employées), un mode d'emploi, des jeux de tests et une vidéo illustrant l'exécution du programme sont attendus.

Photos et schémas du prototype Tala Sound

