

Rapport Projet IMA3/4

Projet P18 : Dispositif d'aide au déplacement d'un jeune malvoyant

Nour Ekhlās
Clara Bisalli

Caroline Rousseau
Laurine Vernizeau

Année 2018 - 2019



Sommaire

Introduction

I - Description du projet

- 1 - Analyse du projet
- 2 - Cahier des charges

II - Présentation des dispositifs

- 1 - Main et patch
- 2 - Prototype
- 3 - Capteurs

III – Perspectives pour l'année prochaine

Conclusion

Annexe

Introduction

Ce projet consiste à créer un dispositif permettant à un jeune malvoyant de se déplacer plus facilement. Il a été proposé par Mme Marion Binninger, ergothérapeute à l'*Institut d'Éducation Motrice* (IEM) de Lille pour venir en aide à Florian, un adolescent âgé de 16 ans.

Notre réalisation est intimement liée à l'utilisateur et doit répondre aux besoins spécifiques de Florian auquel il est avant tout destiné.

Nous avons pu le rencontrer ainsi les personnes l'accompagnant le 7 mai 2019. Nous avons alors appris que la demande principale vis-à-vis du dispositif est qu'il prévienne l'utilisateur de la présence de dénivelé, l'adolescent n'étant pas en mesure d'appréhender le relief. Avant cette date, nous avons donc travaillé en supposant ses réels besoins. Notre vision du projet et les priorités de fonctionnement ont évolué suite à cette rencontre pour mieux satisfaire les attentes de notre l'utilisateur.

I - Description du projet

1 - Analyse du projet

Le projet consiste à réaliser un dispositif permettant le déplacement en autonomie et toute sécurité de Florian. La rencontre avec ce dernier nous a permis de mieux appréhender ses attentes et besoins. Actuellement, Florian effectue ses promenades en forêt avec son accompagnatrice. Il peut se déplacer seul sur un large chemin, néanmoins il longe le côté pour se rassurer. Lorsqu'un obstacle se présente, son accompagnatrice lui indique oralement ou bien pose sa main sur son épaule pour lui apporter des informations et du réconfort. Ainsi, le dispositif devra reproduire ces fonctions.

L'objectif de ce dispositif est de correspondre aux besoins de Florian en prenant en compte les spécificités de son handicap. Pour Florian, il est difficile de distinguer les reliefs. Le dispositif doit donc être capable de lui indiquer la présence de trous, de bosses et d'obstacles lors de sa promenade en forêt et également lui indiquer comment les contourner.

2 - Cahier des charges

Notre dispositif doit permettre à Florian d'évoluer dans son environnement en bénéficiant de toute sa liberté de mouvement. Ainsi, le dispositif doit être de taille raisonnable, léger et autonome en énergie. Il est à noter que Florian porte un corset, le dispositif doit donc s'y adapter parfaitement en vue d'éviter toutes gênes.

Notre dispositif doit servir d'indicateur. C'est pourquoi il sera muni, d'une part, d'un système audio pour transmettre les informations. Ces dernières doivent parvenir seulement à Florian pour respecter le caractère discret du dispositif, de ce fait une solution filaire ou Bluetooth semble adaptée. En ce qui concerne le contenu des informations, elles doivent être sous formes de phrases construites et précises. En effet, selon son accompagnatrice, Florian est un adolescent qui réagit vite et connaît parfaitement sa droite et sa gauche. Il sait se situer dans l'espace. Concernant la restitution des indications, il a été décidé avec Florian et son équipe pédagogique que le volume serait variable de telle manière à ce qu'il soit proportionnel au danger. En vue de le rendre finalement conforme aux intonations données par son accompagnatrice. Florian apporte une grande importance à la voix utilisée pour le système audio, elle devra correspondre à celle d'un garçon de 16 ans.

D'autre part, notre dispositif se doit d'être rassurant. Il doit donc être au contact de Florian à l'instar d'une main posée sur son épaule. On pourra alors imaginer un système de pression et/ou de vibrations. Ces deux alternatives peuvent être utilisées pour signaler un obstacle. Ils pourront, tout comme l'indication sonore, être

progressifs. C'est-à-dire que face à un danger important ou un danger se déplaçant rapidement par exemple, les pressions exercées par le dispositif pourront être plus fortes ou plus nombreuses. Dans la même idée nous pourrions penser à des vibrations plus rapides.

Il est important de noter que Florian présente une grande sensibilité, ainsi tout élément pouvant affecter celle-ci est à éviter. Nous avons pensé inclure des fils de résistances chauffantes sur notre dispositif pour rappeler le contact légèrement chaud d'une main humaine. Après discussion avec son accompagnatrice nous ne gardons donc pas cette idée au vu de sa sensibilité. Cependant, le contact des moteurs vibrants sur sa peau ne dérange pas Florian. Nous conservons donc ce moyen pour le prévenir d'un obstacle.

II - Présentation des dispositifs

1 - Patch et main

Les solutions auxquelles nous avons pensé au vu du cahier des charges sont les suivantes. En communication directe avec la partie capteur (par liaison série ou par bluetooth), on aurait tout un dispositif de transmission multisensorielle des indications.

Il sera composé d'une main imprimée en 3D exerçant différentes pressions en fonction de la vitesse de l'obstacle et de la distance qui le sépare de Florian.

Si l'obstacle est immobile (ou très lent) et que l'utilisateur s'en rapproche, la main se resserra une seule fois en exerçant une pression pas trop importante et si l'obstacle avance avec une vitesse élevée, la main se resserra deux fois successives pour indiquer un danger important.

La seconde partie du dispositif sera un patch en silicone, très fin, posé directement sur l'épaule de Florian. Ce patch sera composé d'une vingtaine de moteurs vibrants qui vibrent pour indiquer exactement où est l'obstacle.

L'idée du patch reprendra celle des shows de led qui programment précisément les composants pour qu'ils s'allument ou s'éteignent à des moments prédéfinis au sein d'un programme.

Ici, en fonction de la position de l'obstacle dans le champs de vision du capteur, les moteurs vibrants s'actionnent pour indiquer avec précision la position de l'obstacle dans l'espace.

Les deux idées seront combinées avec un système d'indications sonores qui permettra, par le biais d'oreillettes d'indiquer à Florian le type de l'obstacle (exemple:

"une montée", "un rocher", "un trou") et sa vitesse ainsi que quelques indications comme "danger immédiat" et dans l'idéal comment contourner l'obstacle.

Une des plus grandes contraintes de ce projet est la taille et le poids. En effet, Florian est un garçon très sensible qui subit des maux de dos. C'est pour cela que le dispositif doit donc être le plus léger possible.

Pour ce faire, nous avons sélectionné un modèle de main à parties creuses (quand on le pouvait) pour diminuer au maximum le poids de la structure.

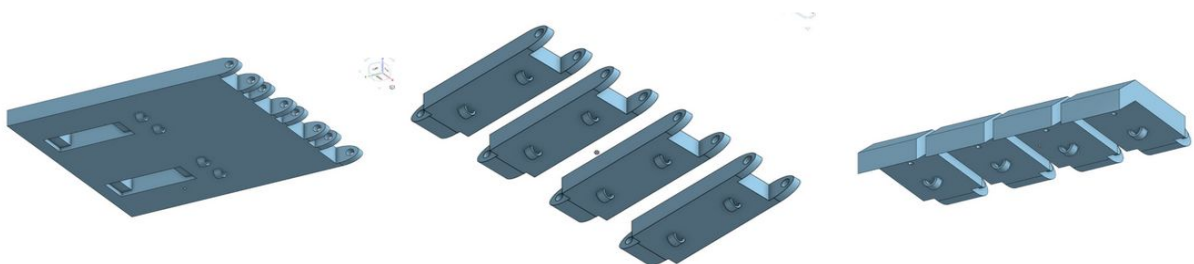
Concernant le patch nous avons décidé de créer la carte électronique en utilisant un microprocesseur et en le programmant pour exécuter exactement les fonctions qu'on désire. Pour ce qu'il en est du choix du microprocesseur, nous avons effectué quelques recherches se portant principalement sur l'ATmega 2560 et l'ESP32. L'avantage de ce dernier réside dans le fait qu'il possède un module bluetooth qui y est préalablement intégré (chose qui nous permettra de réduire d'avantage la taille du patch). En revanche, il n'y a pas assez de pins sur celui-ci pour connecter tous les périphériques demandés, nous pensons donc continuer le projet avec un ATmega 2560.

Par soucis de légèreté et de désencombrement nous garderons le patch et la main complètement séparés, pour laisser la possibilité d'utiliser l'un ou l'autre ou les deux en fonction du besoin.

2 - Prototype de la main

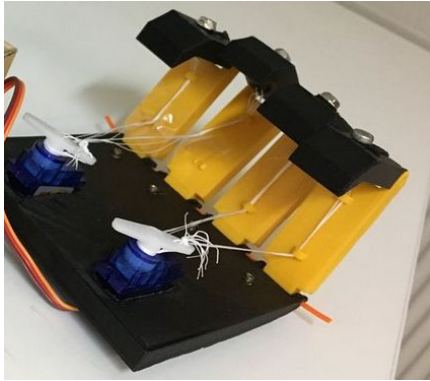
En vue de la rencontre avec l'adolescent, nous avons choisi de réaliser le prototype de la main pour déterminer si nous continuons avec cette idée ou si un dispositif de cette forme était trop encombrant pour Florian.

Nous avons tout d'abord choisis un modèle de main imprimable en 3D sur le site Thingiverse qui propose en open source des modèles de prothèses, notamment de main. Malheureusement l'impression sur les imprimantes du Fabricarium n'a pas fonctionné dû à un dysfonctionnement de la machine durant la nuit. Nous avons donc décidé de modéliser nous même un modèle de main simplifié sur Onshape nécessitant moins d'heures d'impression et correspondant tout de même à notre cahier des charges.



Cette modélisation rend approximativement compte des articulations d'une main humaine et les dimensions ont été mesurées sur une main réelle. Nous avons

décidé de ne pas imprimer le pouce qui n'est pas nécessaire à notre prototype. Nous avons placé des encoches à l'intérieur des doigts afin de pouvoir y insérer des fils qui seront entraînés par les servomoteurs. Pour ces derniers nous avons créé des emplacements pour qu'ils s'intègrent au dispositif.



Le prototype est donc composé de quatre doigts reliés à la paume. Pour leur permettre de revenir à plat on a fixé des élastiques sur chaque doigts aux niveaux des 8 articulations. Des fils passent dans chaque doigts à travers les encoches et sont accrochés deux à deux à deux servomoteurs continus.

Leur rotation permet, en enroulant les fils, de plier et déplier les doigts en s'opposant à la forces des élastiques. Les servomoteurs tournent jusqu'à 180°, le délais plus ou moins court que l'on accorde à leur rotation permet de régler la fermeture de la main. Cela permettra par la suite de régler la force des pressions appliquées par la main en fonction de l'obstacle ou du danger.

À la main est relié un montage permettant de détecter un obstacle à l'aide d'un capteur à ultrason et d'une arduino Uno. La fermeture de la main se déclenche lorsque la distance est inférieure à une distance minimum que l'on a choisi préalablement. Dans le même temps la vibration des moteur vibrants se déclenche et s'arrête une fois la main redépliée.

Si un obstacle est détecté avec une vitesse faible, sous un seuil fixé au préalable, la main se plie une seule fois. Si la vitesse dépasse le seuil, elle le fait deux fois pour signifier un plus grand danger. Dans le dispositif final, cela pourra être remplacé ou combiné avec la force des pressions pour que le retour soit plus réactif en cas de danger important.

Pour présenter le prototype plus facilement, nous avons regroupé le montage dans une boîte et nous l'alimentons à l'aide d'une batterie externe.

3 - Capteurs

Nous avons fait des recherches sur plusieurs capteurs que l'on pourrait utiliser pour nos dispositifs. Il y a différents moyens d'analyse de l'environnement.

Pour notre premier prototype, nous avons utilisé un capteur à ultrason HC-SR04 régulièrement utilisé avec une arduino. Ce type de capteur émet de courtes impulsions sonores à haute fréquence. Ces impulsions se propagent dans l'air à la vitesse du son. Lorsqu'elles rencontrent un objet, elles se réfléchissent et reviennent sous forme d'écho au capteur. Celui-ci calcule alors la distance entre l'obstacle et le capteur par le temps de propagation des ultrasons grâce au temps écoulé entre l'émission du signal et la réception de l'écho.

On récupère les données grâce à un programme en C sur Arduino.

Nous nous l'utiliserons cependant pas ce capteur pour notre projet final car il n'est pas assez précis. Il est principalement conseillé de l'utiliser à l'intérieur, or notre principal objectif est de l'utiliser dans un environnement extérieur.

L'utilisation d'un scanner stéréoscopique serait une première solution. Le but est de placer deux caméras vidéos, légèrement espacées, pointant vers la même scène. En analysant les légères différences entre les images des deux appareils, il est possible de déterminer la distance de chaque point de l'image. Ainsi permet de recréer les reliefs comme la vision humaine.

Pour le traitement de la vidéo et l'analyse de la vidéo on peut utiliser un logiciel avec une librairie comme par exemple OpenCV, qui est une bibliothèque graphique libre. Il permet le traitement vidéos, ainsi la détection de visages, de mouvements, poursuites d'objets...

Une caméra que l'on pourrait utiliser est la GoPro.

Une deuxième solution que l'on pourrait envisager est un LIDAR. La détection et la télémétrie de la lumière (LIDAR) est une technologie similaire au radar, en utilisant un laser au lieu d'ondes radio.

Le principe du LIDAR est d'émettre une impulsion laser sur une surface, attraper le laser réfléchi à la source d'impulsion LIDAR avec des capteurs, mesurer le temps parcouru par le laser puis de calculer la distance de la source avec la formule $distance = (vitesse\ de\ la\ lumière \times temps\ écoulé) / 2$

Ce processus est répété un million de fois par les instruments LIDAR et finit par produire une carte complexe de la zone étudiée, ce qui va recréer l'environnement en un nuage de points 3D.

Un LIDAR que l'on pourrait utiliser est le LIDAR-Lite V3 de Garmin. Ce module communique avec un microcontrôleur type Arduino via une liaison PWM. Avec les caractéristiques suivantes : dimensions 20*48*40 mm, poids de 22g et une plage de mesure de 0 à 40 m.

En troisième solution, on peut utiliser une Kinect pour le scanner 3D, venant de Microsoft, grâce à son capteur infrarouge et sa caméra RGB 640*480 pixels permettant de numériser facilement.

Pour récupérer les données et réaliser l'analyse de la vidéo, des logiciels comme «Skaneect» ou « ReconstructMe » sont téléchargeables. Pour extraire les données on utiliserait une librairie, «Kinect Fusion», qui permettrait grâce au capteur infrarouge de récupérer les données de profondeur avec un code que l'on aura fait. On va donc pouvoir déterminer s'il y a un obstacle ou non devant la personne.

Notre meilleur capteur serait donc la Kinect qui permettrait une visualisation précise de l'environnement, puisque ce dispositif est utilisé pour scanner par exemple le

visage d'une personne et obtenir un scan et une impression 3D précise des traits du visage. Le prix est abordable, autour de 20 euros d'occasion.

Mais on constate tout de même un point négatif concernant sa capacité à fonctionner correctement en cas de rotation ou de trop grande vitesse de déplacement de la Kinect. La personne malvoyante portera le capteur au niveau de la poitrine, ce qui pourrait donc confondre certaines données durant la reconstruction de l'environnement enregistré si celle-ci bouge trop vite. Cela pourrait donc recréer l'environnement avec des défauts, ce qu'on veut éviter.

Enfin la quatrième solution ressemble à celle précédemment expliquée. Il s'agit du capteur de profondeur D415 ou D435. Ce dispositif est muni de deux caméras et de capteurs infrarouges qui fonctionnent en parallèle et permettent de déterminer une profondeur de l'environnement. Il propose une capture infrarouge stéréo.

Les caméras peuvent mesurer l'espace entre 20 cm et 10 m en intérieur et en extérieur et pourront donc signaler la présence d'objets et leur déplacements via une API dédiée et documentée.

Le prix de ce dispositif est de 149\$, avec une fréquence de rafraîchissement de 90 images par secondes. Grâce au SDK fourni par Intel on pourra utiliser les outils, les codes et aussi des exemples afin d'extraire les données des caméras.

C'est un dispositif que l'on pourrait prendre pour l'analyse de l'environnement contrairement à la Kinect qui est aussi un bon capteur, mais le D435 a une meilleure précision concernant les mouvements de la personne malvoyante, ce dispositif n'a pas de problème avec la vitesse de mouvement puisque celui-ci est utilisé sur des drones ou des robots par exemple.

III – Perspectives pour l'année prochaine

Ce semestre nous avons fait un prototype de la main uniquement. L'année prochaine il s'agira d'améliorer celui de la main et de réaliser celui du patch. Pour la main, nous imprimerons à l'imprimante 3D un modèle plus ergonomique et esthétique et nous remplacerons la carte arduino par un PCB pour réduire la place occupée par les composants. Pour réaliser le patch, nous aurons besoin de commander des moteurs vibrants en plus et une plaque en silicone fine pour servir de support au patch ainsi que créer un PCB, dans le même but que dans le cas de la main. Le code permettra de choisir quels moteurs faire vibrer en fonction d'où vient l'obstacle et de gérer une intensité modulable selon le type d'obstacle.

À l'aide des recherches faites au semestre 6 nous décideront quels capteurs nous garderons pour le dispositif. Il s'agira ensuite de récupérer, traiter et exploiter les données obtenues selon les capteurs choisis.

Nous étudierons comment relier la partie capteurs aux deux dispositifs, soit via une liaison directe par câble, soit à l'aide d'un module bluetooth.

Nous allons ensuite combiner les résultats obtenus des capteurs avec le retour audio. Comme Florian souhaite une voix naturelle, nous allons pré-enregistrer et stocker une série de phrases types qui s'adapteront aux différentes situations susceptibles d'être rencontrées. Elles seront stockées dans une carte micro SD (formatée en FAT32 pour la compatibilité) sous format mp3 ou wav et pourront être choisies et lues à l'aide d'un module série de lecture de fichiers MP3 (par exemple un module MP3 V2.0 Grove, référence : 107020008) qu'il faudra commander et d'une arduino. Le retour se fera par des oreillettes.

À l'issue de l'année prochaine nous aurons donc les deux dispositifs, main et patch, à utiliser séparément ou combinés reliés au dispositif de captation et d'interprétation de l'environnement et associé aux commandes vocales.

Conclusion

Ce semestre et la rencontre avec Florian nous ont permis de délimiter le projet et de récupérer des informations sur les réels besoins auxquels il devra répondre. La recherche de solutions au sujet en respectant les besoins spécifiques de l'utilisateur a donc représenté une grande partie des séances avec notamment une séance de design. La réalisation du prototype et sa confrontation aux attentes de l'adolescent ainsi que nos recherches ont préparé la conception des dispositifs plus poussés technologiquement qui aura lieu en IMA 4.

D'autres rencontres avec Florian et ses encadrants sont d'ores et déjà prévues au cours de l'année à venir pour qu'il puisse suivre l'avancement du projet et éventuellement soumettre d'autres modifications du cahier des charges.

Annexe : caractéristiques de différents capteurs

Capteurs	Fonctionnalité	Récupération des données	Prix
Camera  GoPro	Vue 360°	Programme en C avec librairie OpenCv (traitement et analyse d'image)	32,49€
LIDAR  LIDAR-Lite V3	Mesurer des distances de 0 à 40 m.	Communique avec un microcontrôleur type Arduino via une liaison PWM. Programme en C	179,95 €
Kinect 	Mesure distance 1,4m-2,4m	Logiciel Skanect ou ReconstructMe Programme avec librairie Kinect Fusion	20€
D415 / D435 	Mesure espace de 20cm à 10m	Programme C avec SDK (API...)	149\$
Capteur ultrason  HC-SR04	Portée de 6cm à 4m	Programme C Arduino Compatible Arduino Atmega / Uno	3,90€