

Pré-rapport de PFE du 14 Décembre

Sujet n°3 : Dispositif pour enfant atteint de surdité

Geoffrey Piekacz, élève ingénieur IMA 5
promotion 2014-2017

Encadrants : Alexandre Boé, Thomas Vantroys, Rodolphe Astori



Sommaire

I- Introduction.....	3
II- Contexte et présentation du sujet.....	4
a) Le CAMPS.....	4
b) Les technologies « invasives ».....	5
c) Les technologies « non-invasives ».....	6
III- Conception du prototype.....	8
a) Cahier des charges.....	8
b) Réalisation du prototype.....	9
c) Résultats et retours.....	12
IV- Gestion du projet.....	14
V- Perspectives.....	15
VI- Bibliographie.....	16

I- Introduction

Depuis maintenant de nombreuses années, avec la démocratisation de l'électronique, de l'informatique et des systèmes embarqués, il est très courant de voir des problématiques complexes résolues avec des outils simples. En effet, de plus en plus d'objets de la vie courante embarquent une grande puissance de calcul (cf smartphone) à moindre coût.

C'est dans cette logique que le CAMSP a décidé de contacter Polytech'Lille pour répondre à une de leur problématique : Concevoir un outils capable par le biais de vibrations, retranscrire la voix ou un son émis par une personne. Cet outils sera utilisé pour permettre à des enfants ne possédant plus de nerf auditif, de retrouver la sensation « d'entendre ».

II- Contexte et présentation du sujet

a) Le CAMPS

Qu'est-ce qu'un CAMPS :

D'après le décret 76-389 du 15 avril 1976, Annexe XXXII bis :

« Les centres d'Action Médico-Sociale Précoce (CAMSP) ont pour objet le dépistage, la cure ambulatoire et la rééducation des enfants des premier et deuxième âges qui présentent des déficits sensoriels, moteurs ou mentaux, en vue d'une adaptation sociale et éducative dans leur milieu naturel avec la participation de celui-ci. Ils exercent des actions préventives spécialisées et une guidance des familles dans les soins et l'éducation spécialisée requis par l'état de l'enfant, soit au cours des consultations, soit à domicile. »

Les CAMSP accueillent les enfants de la naissance à l'âge de 6 ans, ainsi que leurs familles. Ils travaillent en partenariat avec différents services de soins, d'éducation de la petite enfance et des praticiens libéraux. Toute personne peut solliciter le CAMPS et son entrée est directe, sans consultation médicale préalable.

L'association du centre Montfort :

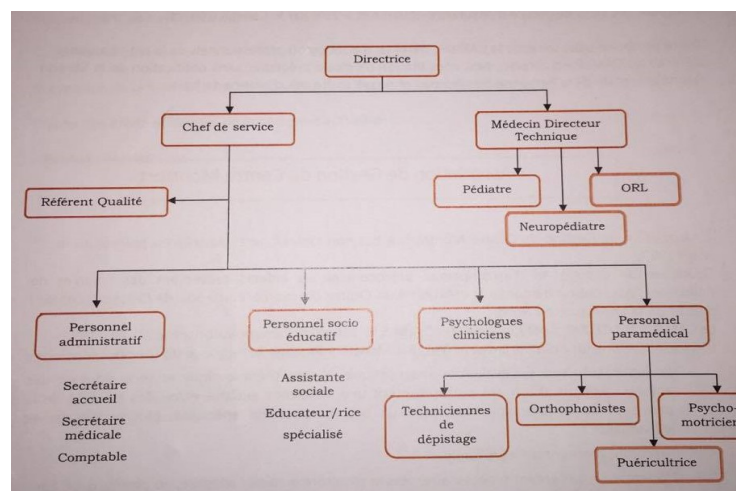
L'association de gestion du centre Montfort, à but non lucratif, est déclarée en préfecture le 1er mars 1977. Le CAMSP Montfort, Audition-langage est officiellement autorisé le 10 avril 1978. L'association, présidée depuis janvier 2014, par MR Philippe Leveugle se donne pour missions :

- Le dépistage précoce, l'évaluation diagnostique, le suivi thérapeutique et socio-éducatif des enfants âgés de 0 à 6 ans qui présentent une déficience auditive et/ou des troubles de la parole et du langage et qui nécessitent un accompagnement spécialisé, pluridisciplinaire et individualisé.

- L'accompagnement de leurs familles.

- L'orientation de l'enfant si nécessaire, vers la structure la mieux adaptée, au plus tard à 6 ans.

Une équipe pluridisciplinaire pour l'accompagnement des enfants :



Organigramme des équipes du CAMSP

b) Les technologies « invasives »

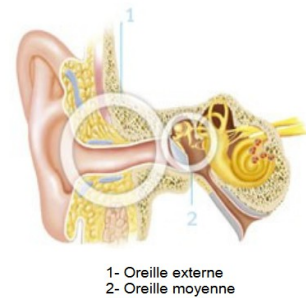
Dans cette partie, nous parlerons des technologies dites « invasives », soit toutes les technologies qui nécessitent une opération pour pouvoir implanter un appareil et corriger la déficience sensorielle.

Nous ferons une liste des principales types de surdité et leurs solutions.

Il existe principalement trois types de surdités :

La surdité de transmission :

- Déficience de l'oreille externe ou moyenne
- Plusieurs causes dont les bouchons, les corps étrangers, les otites, l'otospongiose ou encore la perforation du tympan
- N'entraîne pas de surdité sévère mais suffit à gêner considérablement la vie sociale



Les traitements possibles :



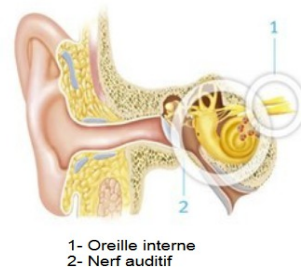
Aide auditive à ancrage osseux



Amplificateur auditif

La surdité de perception :

- Résulte d'une déficience au niveau de l'oreille interne ou des voies nerveuses
- On parle de surdité de perception cochléaire ou rétro-cochléaire
- Diverses causes : presbycusie, traumatismes sonores ou crânien



Les traitements possibles :



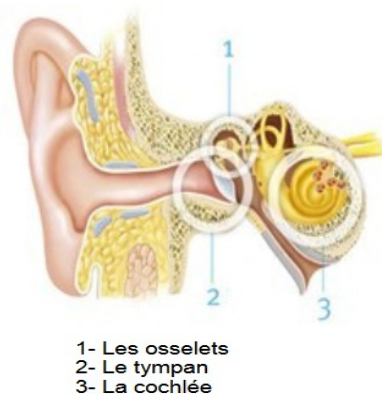
L'implant cochléaire



L'implant du Tronc cérébral

La surdité mixte :

- Combinaison des deux autres types de surdité
- Une infection chronique peut en être la cause
- Détérioration importante du tympan et des osselets altérant le fonctionnement de la cochlée
- Les patients peuvent bénéficier des mêmes traitements développés précédemment



Dans notre cas, les enfants avec lesquels nous allons travailler, sont des enfants atteints pour la majorité de surdité de perception.

c) Les technologies « non-invasives »

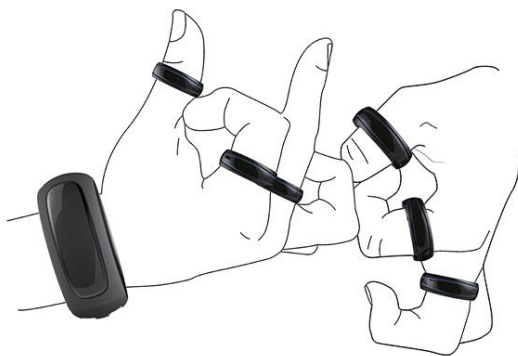
Dans cette partie, nous allons parler de technologies dites « non-invasives », ou toutes les technologies qui ne nécessitent pas d'opération particulière. Ce sont souvent des objets qui ont juste besoin d'être portés pour pouvoir fonctionner. Tous ces objets utilisent une propriété du cerveau : la plasticité cérébrale. Au fil des années (et des études), la médecine a fait le constat que lorsqu'un sens chez une personne fait défaut, le cerveau va tenter de compenser ce manque en utilisant d'autres sens. On sait aussi que cette zone non-utilisée du cerveau peut être stimulée par un autre « canal de propagation » (exemple avec la vue qui peut être transmise par la langue cf [bibliographie](#)).

C'est avec ce constat que beaucoup de chercheurs, start-up, entreprises ou particuliers ont développé une multitude de solutions pour pallier à la surdité chez l'Homme. On peut en détailler quelques-unes :

Traducteurs et interprètes (utilisant la vue) :

Le principe est simple : la personne communiquant en langue des signes porte un anneau à chaque doigt et un bracelet de traduction au poignet. Ces outils retranscrivent simultanément les signes en son. Les paroles de l'interlocuteur sont retranscrites à l'écrit sur l'écran du bracelet et la conversation tend avec un temps d'adaptation à être fluide. (Innovation asiatique)

Dans le même genre de technologie, il existe une solution développée par Sony. Ce sont des lunettes équipées d'un module pour reconnaissance vocale. Ces lunettes sont capables de sous-titrer n'importe quoi (télévision, conversation pour les principales exemples).



Sign langage ring



Sony subtitle glasses

Entendre avec sa langue :

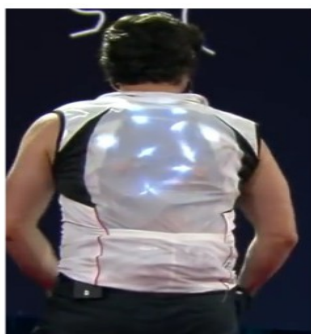
C'est un projet à l'initiative de l'Université du Colorado. Une oreillette équipée d'un micro va capter des sons et les convertir en signaux électrique. Les informations sont envoyés par Bluetooth sur une puce placée sur la langue et envoie des décharges électriques (sous forme de motifs). C'est une version améliorée du braille qui se lit directement sur la langue. Le projet est conçu autour d'un arduino mini. L'adaptation de l'utilisateur varie entre 2 et 4 mois pour avoir une utilisation « naturelle ».



Entendre avec sa langue

Entendre avec sa peau :

Plusieurs groupes de recherches ou entreprises travaillent sur le sujet. Le principe est de convertir des sons/ une voix en vibrations (acoustiques ou mécaniques) et d'utiliser la peau comme « canal de propagation ». Les résultats sont très prometteurs, les utilisateurs atteints de surdité disent retrouver des sensations (dans le cas de la musique par exemple cf emoti chair) et arrivent même à discerner les mots d'une conversation après une utilisation accrue du dispositif (cf gilet vibrant).

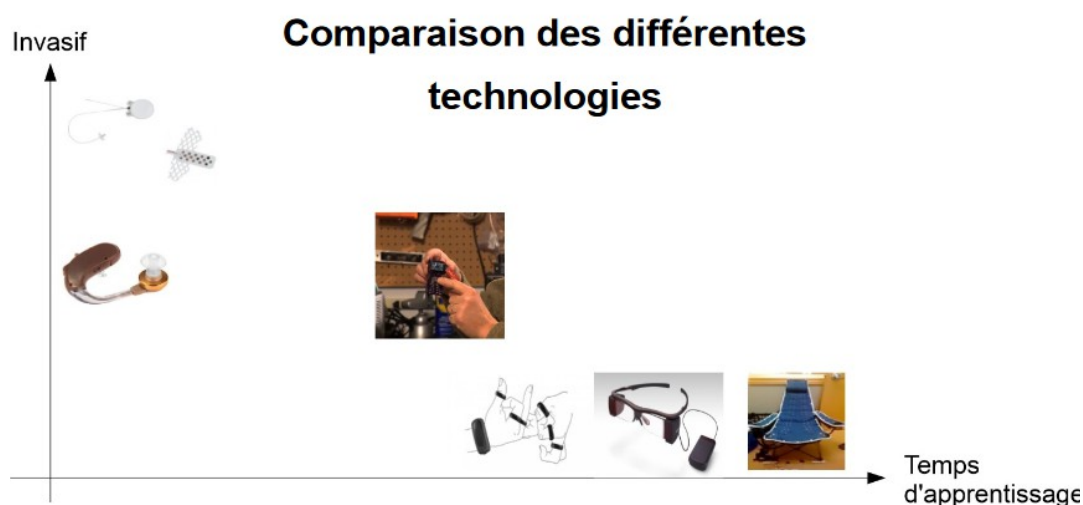


Prototype gilet vibrant



Projet Emoti Chair

Outre le coût, on peut faire une rapide comparaison des technologies :



Les solutions « invasives » sont très rapide à prendre en main, souvent l'utilisateur retrouve une partie de son audition. L'appareil traite le problème mais ils sont souvent coûteux et nécessitent de se faire opérer. Les autres solutions technologiques contournent le problème en utilisant d'autres sens, elles sont bon marché (démocratisation de l'électronique) mais nécessitent une petite période d'adaptation avant d'en avoir une utilisation normale. (de 2 à 6 mois)

III- Conception du prototype

Dans cette partie, nous expliquerons comment à partir d'un cahier des charges, nous avons tenté de répondre à la problématique du CAMSP. Nous détaillerons les étapes de conception du prototype.

a) Cahier des charges

Dans ce projet, nous avons convenu que le cahier des charges évoluera au cours du projet. En effet, nous avons prévu de faire une série de prototypes afin de bien cadrer les besoins de l'association. Pour le premier prototype, voici le cahier des charges préliminaire qui a été décidé :

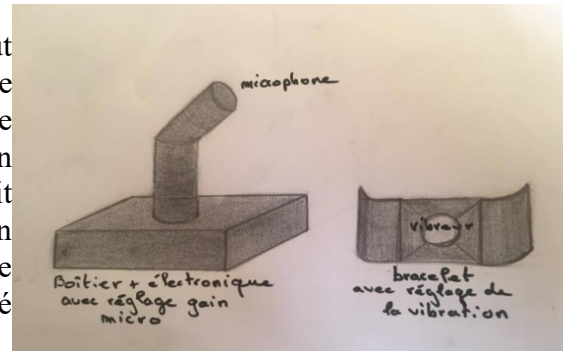
« Réalise un prototype capable de transmettre à partir d'un microphone, des vibrations issues d'un traitement analogique. L'appareil produira des vibrations lorsque quelqu'un parlera dans le microphone et rien dans le cas contraire. »

A partir de ce cahier des charges, de nombreuses recherches ont été réalisées afin de répondre au mieux à la problématique. Ces recherches se sont articulées autour du choix des vibreurs, de la conception du circuit amplificateur pour microphone et du design de la boîte qui accueillera tout l'électronique et protégera les jeunes utilisateurs.

b) Réalisation du prototype

Pour ce second prototype, nous avons réfléchi à un design assez compact. Nous l'avons imaginé ainsi :

Nous avons donc une boîte qui va contenir tout l'électronique (arduino + circuit amplificateur), d'une extension (sous forme de tube) amenant le microphone dans la direction de l'utilisateur, et un bracelet embarquant un vibreur. Le circuit amplificateur et le vibreur possède tous les deux un potentiomètre afin de régler dans le premier cas, le gain de l'amplification, puis dans le second, l'intensité de la vibration.



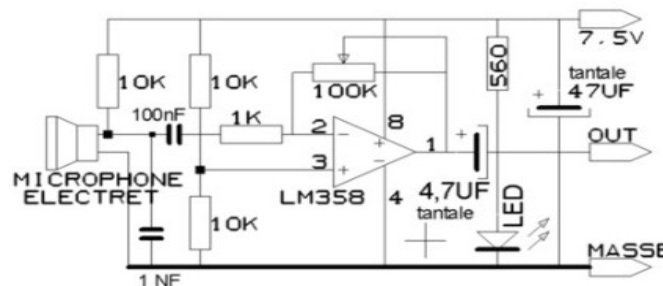
Nous allons maintenant détailler chaque partie que nous avons réalisé pour ce projet.

Partie électronique :

Pour cette partie, nous avons choisi d'utiliser un arduino pour sa facilité de programmation et les nombreuses fonctionnalités qu'il nous propose. Nous allons utiliser principalement ces interfaces de conversion analogique-numérique et quelques sorties numériques.

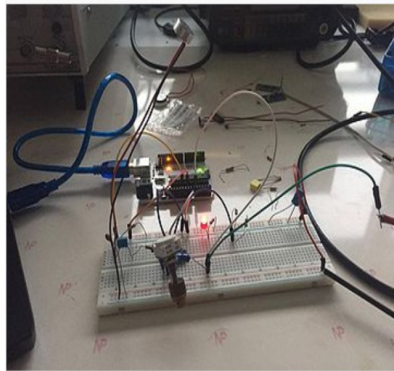
Mais avant de parler de programmation et de câblage, nous avons dû imaginer un circuit amplificateur pour un microphone electret (directif). Le but de ce circuit sera d'amplifier suffisamment le signal afin d'obtenir une assez grande plage de valeurs et de pouvoir les traiter par la suite avec notre arduino.

Pour réaliser ce circuit amplificateur, nous avons décidé de le construire autour d'un amplificateur LM324 à partir du montage ci-dessous. Le lm324 est un quadruple amplificateur dont une seule voie est utilisée (seul ampli disponible à l'école). Nous avons adapté le montage pour fonctionner avec une tension d'alimentation de 5V.

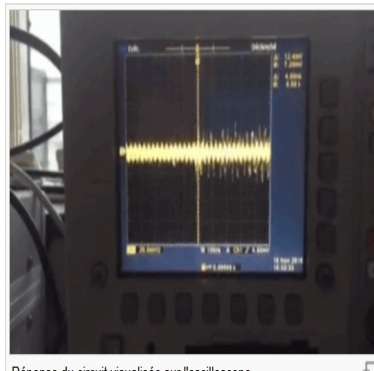


Nous sommes en présence d'un montage amplificateur inverseur, classique pour ce type d'AOP (amplificateur opérationnel). Les avantages d'un tel montage sont : le fonctionnement en basse tension, la faible consommation en courant et le nombre de composants pour réaliser ce circuit.

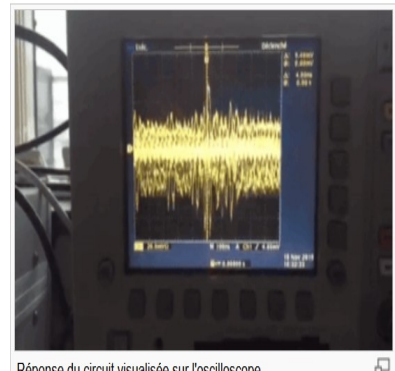
Nous avons réaliser ce montage sur breadboard et tester son fonctionnement :



Circuit amplificateur test



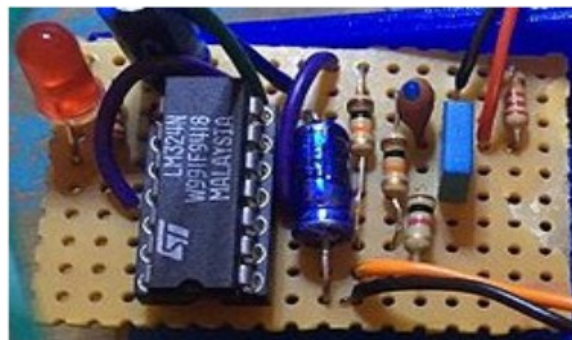
Réponse du circuit visualisée sur l'oscilloscope



Réponse du circuit visualisée sur l'oscilloscope

Les deux photos de droite montre le fonctionnement du circuit. Au milieu, nous avons la réponse du circuit amplificateur au repos (aucun son émis dans le micro), à droite, la réponse du circuit quand un son est produit. On remarque qu'on a quelques centaines de millivolts de réponse, ce qui devrait être suffisant pour le traitement analogique que nous allons réaliser avec l'arduino.

Le circuit a été réalisé sur plaque de laboratoire (la graveuse pour nos PCB était en panne à ce moment de l'année) :



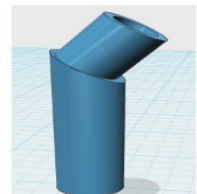
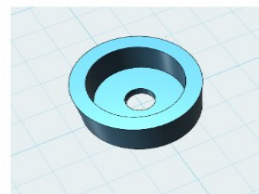
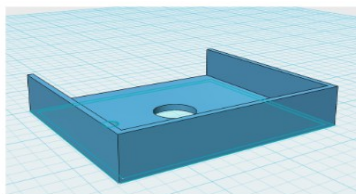
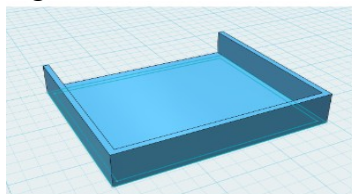
Montage amplificateur final

Après quelques tests sur arduino et à partir des réponse du microphone, on confirme que le circuit sera suffisant pour l'utiliser par la suite.

Design de la boîte et du bracelet :

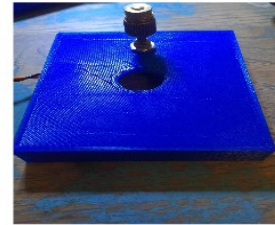
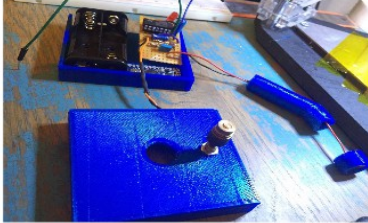
Les parties plastiques ont été réalisé depuis une imprimante 3D de part la facilité à dessiner nos pièces sur ordinateur et la rapidité de production de ces pièces. Ces pièces ont été imprimées en PLA (acide polylactique, polymère plastique biodégradable).

Nous avons donc dans un premier temps dessiné nos pièces sur ordinateur avec le logiciel 123 design :



Puis nous les avons imprimé avec les paramètres suivants :

- Plastique : PLA
- Température : 210°C
- Vitesse : Moyenne 50mm/s
- Plaque chauffante : 50°C
- temps : 2h20



Le bracelet est un bracelet en néoprène, accueillant le vibreur et un potentiomètre plat. Il est composé de plusieurs pièces de tissu assemblées ensemble par couture (Homemade).

Partie programmation :

Pour cette dernière partie, nous avons utilisé l'IDE Arduino car très pratique et facile d'utilisation. Pour ce projet, nous disposons donc d'un circuit amplificateur renvoyant une valeur analogique et un vibreur. Soit l'utilisation d'un convertisseur Analogique-Numérique et d'une sortie numérique.

Le code est très simple, à partir des relevés à l'oscilloscope, de notre circuit amplificateur et les valeurs renvoyées par le tracer série du logiciel arduino, nous avons décidé d'utiliser la détection de seuils pour faire vibrer notre vibreur. En effet, nous avons constaté que la valeur renvoyée par le CAN (Convertisseur analogique numérique) de l'arduino au repos se situait autour d'une certaine valeur. En parlant dans le micro, nous faisons varier la valeur du CAN (valeur comprise entre 0 et 1024). Cette variation se situe à plus ou moins 300 (valeur du CAN) de la valeur de repos. A partir de cette constatation, on décide de faire vibrer notre montage lorsque nous dépassons ces seuils. On a décidé de rafraîchir cette valeur toute les 50 millisecondes. Nous avons donc le code suivant :

```
int analogPin = 0;
int val = 0;
int vib = 4;
int tmp;

void setup() {

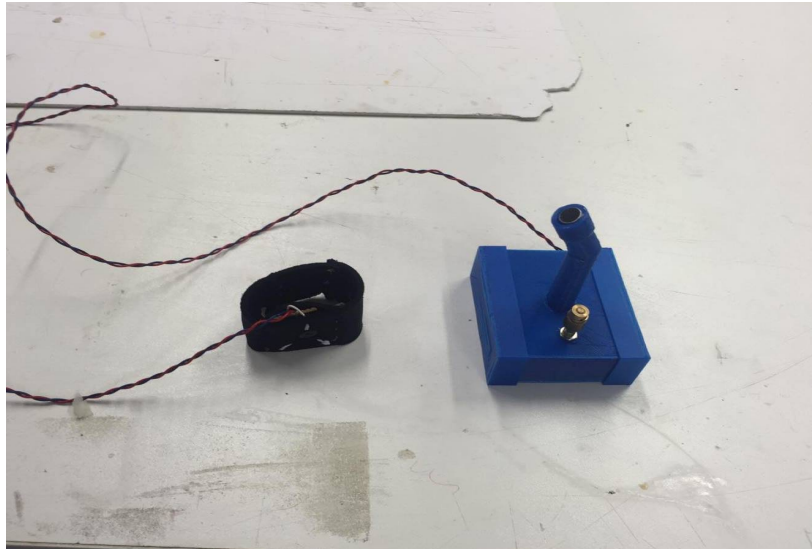
  pinMode(vib, OUTPUT);
  analogReference(DEFAULT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  val = analogRead(analogPin);
  Serial.println(val);
  if((val < 300 ) || (val > 360)){
    digitalWrite(vib, HIGH);
    delay(50);
  }
  digitalWrite(vib, LOW);
}
```

Une procédure pour changer ces valeurs seuils est disponible en annexe.

c) Résultats et retours

Le prototype étant fini, nous avons fait une batterie de tests pour évaluer son bon fonctionnement (vibrations correctes si microphone stimulé, pas de vibrations si aucun son, résistance des fils et des soudures, pas de petites pièces mobiles pour éviter tout accident, simplicité d'utilisation). Voici une photographie du prototype fini :



Le prototype fonctionne comme demandé dans le cahier des charges préliminaire. Nous allons maintenant pouvoir analyser les premiers tests et retours de l'association.

Pour pouvoir évaluer différents paramètres essentiels au fonctionnement du prototype, nous avons mis en place un questionnaire qui tente de mettre en lumière certain point d'amélioration pour la suite de notre projet. Voici quelques résultats de tests effectués par le CAMSP avec 4 enfants atteint de surdité plus ou moins sévère :

	A	B	C
2	L'enfant est réceptif aux vibrations du prototype	oui	surdité profonde implantée x1 (âge: 3 ans 3m)
3	Le potentiomètre permet de régler l'amplitude vibratoire ?	non	je n'ai pas perçu de différences
4	Le potentiomètre est assez fin pour les réglages ?	non	
5	Le micro retranscrit la voix en vibrations sans coupure	oui	
6	Le vibreur vibre t-il tout au long d'un mot/phrased	oui	
7	La vibration est trop forte ?	non	la vibration me semble suffisante
8	La vibration est trop faible ?	non	
9	L'appareil est-il gênant pour l'enfant ?	peu pratique, refus de le porter au poignet	l'appareil est plutôt gênant pour l'utilisateur qui doit garder la bouche proche de l'appareil + obligation de rester près du bureau pour le câble USB

Test du 29 novembre 2016

	A	B	C
		Oui/non	Commentaires
2	L'enfant est réceptif aux vibrations du prototype	oui	surdité profonde implantée x1 (âge: 1 an 9 m)
3	Le potentiomètre permet de régler l'amplitude vibratoire ?	non	
4	Le potentiomètre est assez fin pour les réglages ?	non	
5	Le micro retranscrit la voix en vibrations sans coupure	oui	
6	Le vibreur vibre t-il tout au long d'un mot/phrased	oui	
7	La vibration est trop forte ?	non	la vibration me semble suffisante
8	La vibration est trop faible ?	non	
9	L'appareil est-il gênant pour l'enfant ?	tendance à tirer sur les fils	

Test du 1er décembre 2016

	A	B	C
1		Oui/non	Commentaires
2	L'enfant est réceptif aux vibrations du prototype	oui	surdité moyenne appareillée x1 (�ge: 3 ans 1m)
3	Le potentiomètre permet de régler l'amplitude vibratoire ?	non	
4	Le potentiomètre est assez fin pour les réglages ?	non	
5	Le micro retranscrit la voix en vibrations sans coupure	oui	
6	Le vibreur vibre t-il tout au long d'un mot/phr�se	oui	
7	La vibration est trop forte ?	non	
8	La vibration est trop faible ?	non	
9	L'appareil est-il gênant pour l'enfant ?	non	l'enfant a su s'adapter à l'appareil et s'est amusé avec sa voix et les vibrations (sur le cou, les joues, les bras, sur la table...)

Test du 1er décembre 2016

	A	B	C
1		Oui/non	Commentaires
2	L'enfant est réceptif aux vibrations du prototype	oui	surdité profonde implantée x1 (5 ans 7m)
3	Le potentiomètre permet de régler l'amplitude vibratoire ?	non	
4	Le potentiomètre est assez fin pour les réglages ?	non	
5	Le micro retranscrit la voix en vibrations sans coupure	oui	
6	Le vibreur vibre t-il tout au long d'un mot/phr�se	oui	
7	La vibration est trop forte ?	non	
8	La vibration est trop faible ?	non	
9	L'appareil est-il gênant pour l'enfant ?	non	l'enfant a su s'adapter à l'appareil

Test du 2 décembre 2016

Une analyse rapide nous montre plusieurs choses :

- La vibration est adaptée pour les enfants
- L'appareil retranscrit bien la voix en vibrations
- L'enfant est réceptif dans tous les cas
- Le réglage de gain du micro n'est pas suffisant (mais pas problématique)
- Les prochains prototypes devront s'adapter à tous les âges

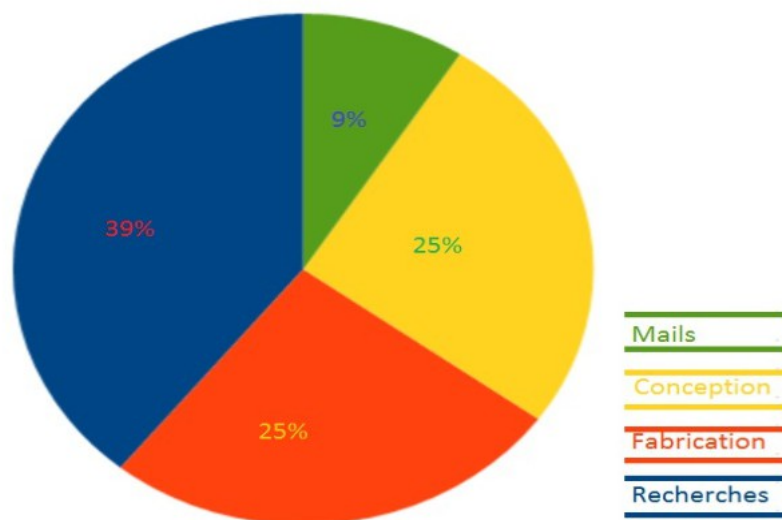
Les premiers retours de l'association sont très positifs. Comme en témoigne cet extrait de mail de Mme Franco, responsable des tests au sein du CAMSP : « [Les premiers essais avec les enfants sont très positifs, et semblent même aller au-delà de nos projections. Nous avons pu proposer l'outil à plus d'enfants que prévu. Nous attendons donc avec impatience le prochain prototype.](#) » Il s'agira maintenant de continuer notre travail avec le CAMSP, de continuer à les écouter et leur proposer de nouvelles solutions en fonction de leurs besoins.

Une analyse plus complète de ces résultats sera produite prochainement. Le temps de laisser à l'association d'effectuer plus de tests sur plusieurs groupes d'enfants et voir l'évolution de ces enfants avec le prototype.

IV- Gestion du projet

Dans cette partie, nous allons faire un retour sur la gestion du projet sur un peu plus de 3 mois. Pour commencer, voici un graphique montrant comment le temps a été géré pour réaliser ce premier prototype :

Gestion du temps pendant le projet



Une grande partie du temps a été consacré aux recherches. Recherche des technologies existantes, des composants disponibles sur le marché, des différents types de vibreurs et comment mettre en place une solution la plus simple possible.

La conception et la fabrication ont été différenciées mais se rejoignent. Une moitié du temps a été consacrée au design des pièces plastiques et du circuit pour microphone electret. La seconde moitié pour assembler le tout et de finir par la programmation de l'outil.

Enfin, presque 10% du temps est consacré aux mails (que ce soit pour fixer des réunions, poser des questions, donner du support au CAMSP).

Quelques chiffres pour ce début de projet :

- Choix définitif du PFE le 20 septembre
- Premier contact avec l'association le 26 septembre
- Fixation de la première réunion au CAMSP le 3 octobre
- Réunion le 18 octobre et définition du cahier des charges
- Remise du prototype le 25 novembre
- Premiers retours le 3 décembre (avec quelques essais des équipes du CAMSP)
- Prochaine réunion le 17 janvier au CAMSP

V- Perspectives

La prochaine étape du projet consistera au développement d'un prochain prototype en fonction des futures demandes de l'association. Nous disposerons de 3 mois (presque à temps plein) pour réaliser ce projet. Ce futur prototype devra réutiliser ce que nous avons déjà réalisé en améliorant les points évoqués précédemment. Nous avons déjà pris la liberté de commander certains composants électroniques qui seront sans doute nécessaires. Voici quelques idées d'amélioration :

- Plusieurs modules vibrants tous indépendants et connectés entre-eux (pour cela nous avons plusieurs processeurs atmega328p à disposition et des modules RF)
- Ils seront modulables. Chaque module pourrait se positionner sur un T-Shirt, une housse, une chaise. Le principal challenge sera d'adapter le prototype à différents âges.
- On pourrait imaginer un support sur tablette pour contrôler dans un premier temps les différents modules (intensité de vibration, visualisation des erreurs, de la batterie de chaque module), mais aussi pour automatiser le compte rendu de séance qui serait demandé après chaque test, ou tout simplement rendre le prototype plus « User friendly »

Toutes ces perspectives nécessitent plus d'échanges entre polytech et le CAMSP. Une définition plus accrue de leurs besoins, d'une connaissance de leurs protocoles de tests (propre au CAMSP ou au personnel médical). Elles seront au cœur de la prochaine réunion de janvier avec l'association du centre Montfort.

VI- Bibliographie

Entendre avec sa langue :

<http://www.futura-sciences.com/sante/actualites/medecine-aveugle-parvient-voir-langue-23064/>

Les différents types de surdité :

<http://www.oticonmedical.com/fr/cochlear-implants/your-treatment/types-of-hearing-loss/types-of-hearing-loss.aspx>

TED talks, tshirt vibrant :

<https://www.youtube.com/watch?v=4c1lqFXHvqI>

<http://neosensory.com/>

Feeling the beat :

<http://www.abc.net.au/news/2016-05-27/feeling-the-beat-what-it-is-like-to-be-a-deaf-music-fan/7445408?pfmredir=sm>

« Écouteurs vibrants »

<https://www.dezeen.com/2016/08/07/liron-gino-design-vibeat-listening-devices-wearable-hearing-impaired-tactile-music/>

Résumé sur les AOP :

https://www.sonelec-musique.com/electronique_theorie_aop.html

Montage amplificateur pour micro Electret :

<http://www.michelterrier.fr/radiocol/detail2003/preamp-electret.htm>

Annexes

- Présentation du 7 octobre « État de l'art des différentes technologies pour différents types de surdités »
- Cr de réunion du 18 octobre
- Présentation du 14 Décembre
- Code arduino
- Support pour changer les valeurs seuils de l'arduino