

GNG2501  
**Mise à jour du progrès du projet de conception**

**Système de Vibration – C01 – C1.1**

Soumis par:

Ibrahim Abdoul-Rahime GBANE, 300210971

Aya Achady, 300346892

Marie-Frédérique Fortin, 300364769

Alexandre Strub, NUMÉRO ÉTUDIANT

Aleksa Zarin, 300290560

Mouhamadou Gueye 300160985

Du 14 janvier au 9 février 2024

Université d'Ottawa

# Table des matières

Liste des figures .....	i
Liste des tables .....	ii
Liste des acronymes et glossaire .....	iii
Introduction .....	1
1. Modèle d'affaires et CPX .....	2
1.1 Valeur du produit .....	2
1.2 Modèle d'affaires .....	3
1.3 CPX .....	6
1.4 Plan de gestion .....	6
2. Définition du problème .....	7
2.1 Transformation des propos du client en besoins interprétés et priorisés .....	7
2.2 Problématique .....	7
2.3 Métriques .....	8
2.4 Spécification de conception cible .....	12
2.4 Étalonnage .....	13
2.4.1 Technique .....	13
2.4.2 Utilisateur .....	17
3. Développement des concepts .....	19
3.1 Sous-système à développer .....	19
3.2 Idée de conceptions .....	19
3.2.1 Les idées personnelles .....	19
3.2.2 Remue-Méninges .....	24
3.2.3 Décision finale sur la conception .....	28
3.3 Plan de projet .....	30
4. Conception détaillée et NDM .....	31
4.1 Résumé de la rencontre 2 avec le client .....	31
4.2 Conception détaillée .....	33
4.2.1 Boite capteur de son .....	33
4.2.2 Harnais vibrant .....	35
4.2.3 Boite Moteur (sur le Harnais) .....	37
4.3 NDM .....	39
4.4 Préparation .....	40
4.4.1 Compétence nécessaire .....	40
4.4.2 Plan de prototypage et hypothèse de travail .....	41
4.5 Plan de projet .....	45
Conclusions .....	46
Bibliographie .....	47

## Liste des figures

Figure 1 : Feeltact de Novitact .....	14
Figure 2 : Colonne lumineuse du concert de groupe rock FYMUJ .....	14
Figure 3 : Caisson vibrant pour la musique .....	14
Figure 4 : Soundshirt de cute circuit .....	15
Figure 5 : Antenna et son contrôleur pour l'étude .....	15
Figure 6 : Bracelet Noesensory Buzz.....	15
Figure 7 : Idées de conception d'Aleksa (gants et boîte).....	19
Figure 8 : idée de conception Bracelet de l'espace d'Alexandre.....	20
Figure 9 : Idée de conception appareil auditif d'Alexandre .....	20
Figure 10 : Idée de conception de la veste vibrante d'Aya.....	21
Figure 11 : Circuit dans la veste de vibrante d'Aya.....	21
Figure 12 : Idée de conception du tuyau vibrant de Marie-Frédérique.....	22
Figure 13 : Idée de conception de veste vibrante de Marie-Frédérique.....	22
Figure 14 : Idée de conception de bracelet lumineux de Marie-Frédérique .....	23
Figure 15 : Idée de conception « simulateur de séisme » de Marie-Frédérique.....	23
Figure 16 : Capture d'écran du site Click-Up 1 .....	30
Figure 17 : CAO de la boîte capteur .....	33
Figure 18 : circuit dans la boîte moteur .....	33
Figure 19 : Mise en place du harnais .....	35
Figure 20 : Harnais utiliser pour le prototypage .....	35
Figure 21 : CAO pour la boîte Moteur.....	37
Figure 22 : Circuit dans la boîte Moteur .....	37
Figure 23 : Capture d'écran du site Click-Up 2.....	45

## Liste des tables

Tableau 1 : Acronyme.....	iii
Tableau 2 : Glossaire .....	iii
Tableau 3 : Modèle d’affaire de base (comment, quoi, qui).....	3
Tableau 4 : Résultats nets triples (combien) du modèle d’affaires.....	4
Tableau 5 : Résumé des CPX choisi dans le projet .....	6
Tableau 6 : Liste des besoins à partir des déclarations du client .....	7
Tableau 7 : Métrique à partir des besoins .....	8
Tableau 8 : Spécifications cibles avec valeur marginale et idéal.....	12
Tableau 9 : Évaluation des Besoins des Clients et Conformité des Produits.....	16
Tableau 10 : Matrice Décisionnelle d’Étalonnage Technique des Produits .....	17
Tableau 11 : Besoins de potentiel utilisateur direct .....	18
Tableau 12 : Matrice décisionnelle pour les idées de conception.....	27
Tableau 13 : Information sur les enfants de la classe de la cliente .....	31
Tableau 14 : Nomenclature des matériaux.....	39
Tableau 15 : liste de matériel et logiciel nécessaires au prototypage .....	41
Tableau 16 : Plan de prototypage 1.....	42
Tableau 17 : Plan de prototypage 2.....	43
Tableau 18 : Plan de Prototypage 3 .....	44
Tableau 19 : Plan de contingence .....	45

## Liste des acronymes et glossaire

Fournissez une liste des acronymes et des traductions littérales associées utilisées dans le document. Énumérez les acronymes par ordre alphabétique en utilisant un format tabulaire comme illustré ci-dessous.

**Tableau 1 : Acronyme**

Acronyme	Définition
CAO	Conception assisté par ordinateur
CPX	Conception pour X
Imp.	Importance
DEL	Diode électroluminescente (Light-emitting diode)
No	Numéro
ORL	Oto-rhino-laryngologiste
SV	Système de vibration

Fournissez des définitions claires et concises des termes utilisés dans ce document qui peuvent ne pas être familiers aux lecteurs du document. Les termes doivent être classés par ordre alphabétique.

**Tableau 2 : Glossaire**

Terme	Acronyme	Définition

## Introduction

Les « handicaps » sont une réalité à laquelle plus d'individus que nous le réalisons sont confrontés au quotidien. Problèmes d'audition, handicap physique ou visuel pour ne citer que ceux-là. Il existe de nombreuses adaptations ou mécanisme qui n'affectent pas la vie du commun des mortelles, mais qui donne une seconde chance et une nouvelle vie a ceux qui vivent avec ces différences.

Dans le cadre du cours GNG 2501, on incite les élèves à trouver des solutions à des problèmes que certains ont en raison de leur handicap. Le présent document contient la première partie du travail effectuer par l'équipe C1.1 dans le cadre de la mission qui leur a été assignée : créer un système de vibration permettant de ressentir la musique quand tu es sourd. Elle comprend 4 grandes parties qui sont remises dans l'échéance de 3 livrables (B, C, D). Les sections servent principalement à définir le problème et commencer à penser à la conception avant d'entamer le prototypage.

La première partie est un aperçu de Modèle d'affaires lié à la conception de notre produit ainsi que les CPX (conception pour X) que l'équipe considère comme essentiels à tenir en considération lors des tests et de la fabrication du produit fini. La deuxième partie sert à définir dans le plus de détail possible la problématique liée au SV. Elle comprend l'interprétation des besoins prioriser, les métriques, les spécifications cibles, l'étalonnage technique et l'étalonnage utilisateur. À partir de cela, la troisième partie a été de composé de différentes idées de chacun des membres de l'équipe pour en faire un remue-méninge d'idée en groupe et réaliser la conception préliminaire. Finalement, après une deuxième rencontre avec la cliente, on reprend la conception préliminaire afin d'en faire une conception détaillée qui contient le dessin technique, COA, précis du produit, la nomenclature des matériaux et autres détails importants pour la séquence de prototypage.

# **1. Modèle d'affaires et CPX**

## **1.1 Valeur du produit**

Nous mettons l'accent sur la qualité pour notre produit en optant pour l'utilisation de capteurs et de moteurs de haute qualité, garantissant ainsi un fonctionnement technique optimal. De plus, nous choisissons des matériaux durables, sécuritaires et confortables pour l'utilisateur. Notre produit se distingue par sa capacité à reproduire avec une grande précision les vibrations musicales. En choisissant cette valeur fonctionnelle, on vise à nous démarquer sur le marché. À la suite à nos discussions avec le client, l'étalonnage et les recherches effectuées : nous avons constaté que de nombreux produits concurrents sur le marché ne captent pas efficacement la musique, ne filtrent pas correctement le son, ou ne produisent pas des vibrations assez intenses. C'est pour cela que nous avons choisi la valeur fonctionnelle, garantissant ainsi la qualité de notre produit. En assurant la qualité de nos composants et de nos matériaux, nous proposons un produit sécuritaire et inclusif. Cette approche vise à répondre aux besoins de notre client et ceux du marché, offrant une solution qui surpasse les lacunes actuelles présentes dans la plupart des produits concurrents.

## 1.2 Modèle d'affaires

Tableau 3 : Modèle d'affaire de base (comment, quoi, qui)

Partenaires clés	Activités clés	Proposition de valeur	Relation avec le client	Segment de la clientèle
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gouvernement du Canada               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Provinces Québec et Ontario</li> <li>– Hôpitaux</li> <li>– Associations (Acouphènes Québec, Association de l'Ouïe de l'Outaouais)</li> </ul> </li> <li>– Les cabinets des médecins ORL qui posent un diagnostic relié aux maladies des oreilles               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Artistes, musiciens (pianistes, guitaristes, etc.)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Création d'une plateforme qui permet aux utilisateurs d'accéder aux informations sur le produit et assurer une bonne gestion de cette dernière</li> <li>-Promotion dans les écoles et aux hôpitaux en organisant des ateliers qui proposent d'essayer le produit gratuitement.</li> <li>-Utiliser les réseaux sociaux pour promouvoir le produit</li> <li>-Collaboration avec des associations</li> </ul>	<p>Une technologie de pointe permettant une reproduction de qualité de la musique à travers les vibrations</p> <p>Des mousses-oreilles de qualité sur tous nos produits pour garantir le confort</p> <p>Un produit durable</p> <p>Un emballage attractif et personnalisé</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Une expérience client simple et agréable</li> <li>– Accès direct à l'équipe de conception</li> <li>– Une assistance clientèle (24 h/24 ; 7j/7)               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Une présence active sur les médias sociaux pour répondre aux besoins de notre communauté en ligne sur la plateforme permettant à n'importe quelle personne ayant des questions par rapport au produit de les poser</li> </ul> </li> <li>– Un service après-vente personnalisé pour chaque client pour le produit en ajoutant des coordonnées sur l'emballage ou le mode d'utilisation du produit</li> <li>-Image d'une entreprise inclusive qui adapte son produit au plus de personnes possibles</li> </ul>	<p>Cibler toutes les personnes désirant ressentir la musique. Ceci inclut les personnes sourdes, malentendantes, les professionnels de la musique, les établissements spécialisés comme les écoles ou les centres de soins auditifs.</p>
	<b>Ressources clés</b>		<b>Canaux de distribution</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Employés, incluant des ingénieurs, des spécialistes en marketing et finance               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Temps</li> <li>– Site web</li> </ul> </li> <li>– Réseaux sociaux</li> <li>– Matériel pour la production du produit</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Plateforme de commerce en ligne telle Amazon, eBay permettant une distribution mondiale</li> <li>– Collaboration avec des hôpitaux, des cliniques spécialisées ORL, des magasins spécialisés pour personnes sourdes et malentendantes et des magasins de vente d'appareils électroniques (La source)</li> </ul>	



Tableau 4 : Résultats nets triples (combien) du modèle d'affaires

<b>Structure des coûts :</b>	<b>Source des revenus :</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salaires</li> <li>- Annonces publicitaires</li> <li>- Frais généraux</li> <li>- Loyers</li> <li>- Transports</li> <li>- Matériaux</li> <li>- Électricité/eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vente des produits</li> <li>- Partenariats</li> <li>- Subventions/dons du gouvernement pour l'accessibilité</li> </ul>
<b>Coût social et environnemental :</b>	<b>Avantages sociaux et environnementaux :</b>
<p>Travail forcé des enfants en bas âge, car ces derniers sont utilisés sur les sites miniers en Afrique d'où proviennent principalement les matières premières</p> <p>Pollution de l'air reliée à la production des composants électriques et des matériaux. Il faut prendre en compte toute la chaîne de valeur de l'extraction de la matière première à la commercialisation du produit final (le transport, la machinerie, etc.).</p>	<p>Le produit est respectueux de l'environnement, car les matériaux répondent aux normes de développement durable</p> <p>Le produit est complètement réparable s'il est ramené à nos bureaux. Cela réduit ainsi l'empreinte et les déchets.</p> <p>Le produit a un fort impact social sur la communauté, car il aide à réduire les inégalités sociétales dont sont victimes les personnes handicapées liées à la surdité les empêchant de participer à certaines activités.</p> <p>Création d'emplois dans les bureaux, dans les usines, et dans les magasins, car il y a besoin de main-d'œuvre diversifiée (ingénieurs, vendeurs, comptable, etc.)</p>

La plupart des coûts sociaux et environnementaux de notre produit sont reliés à nos ressources clés, car la plupart de nos composantes sont faites dans des usines en Asie et en Afrique, où le travail des mineurs et la pollution sont très peu r glement s.

Nos avantages sociaux sont majoritairement dus au fait que notre produit a comme proposition de valeur la réduction des inégalités selon les handicaps. Notre objectif principal est de permettre aux personnes mal entendantes de profiter pleinement de leur environnement. Puisque nous sommes une entreprise qui reste en contact avec ses clients, nous allons avoir besoin de beaucoup d'employés en ressources humaines afin de satisfaire les besoins de nos clients. Finalement, nous sommes très impliqués dans la lutte contre le changement climatique, donc nos produits sont, le plus possible, conçus dans le plus grand respect de notre planète. Nos ressources et partenaires clés nous permettent ainsi de rester à jour dans nos engagements.

## Hypothèses de base

### 1. **Recherche de Marché :**

Hypothèse : Il existe un segment significatif de marché qui recherche des appareils de perception de la musique par vibrations adaptés aux jeunes sourds ou malentendants.

Validation : Réaliser une analyse de marché ciblée, incluant des sondages et des groupes de discussion avec des écoles, des associations pour personnes malentendantes et des parents pour évaluer le besoin réel et la volonté de payer pour un tel produit.

### 2. **Validation du Client :**

Hypothèse : Les prototypes de l'appareil répondront aux besoins spécifiques des jeunes sourds ou malentendants et seront bien accueillis par les éducateurs et les professionnels de la santé.

Validation : Développer un prototype fonctionnel et le tester dans des environnements réels comme des salles de classe ou des ateliers de sensibilisation, et recueillir des rétroactions détaillées sur l'expérience utilisateur et l'utilité perçue.

### 3. **Engagement des Partenaires :**

Hypothèse : Les organisations et associations liées à la surdité et à l'accessibilité seront motivées à s'associer et à soutenir le produit en raison de son alignement avec leur mission.

Validation : Engager des discussions avec des partenaires potentiels pour établir des accords de collaboration ou de soutien, et mesurer leur engagement en ce qui concerne les ressources qu'ils sont prêts à allouer.

### 4. **Efficacité de la Distribution :**

Hypothèse : Amazon et d'autres plateformes en ligne seront des canaux de distribution efficaces pour atteindre à la fois un marché national et international.

Validation : Lancer une campagne de vente pilote sur ces plateformes pour mesurer la réactivité du marché, l'acquisition de clients et l'efficacité logistique.

### 5. **Soutenabilité Financière :**

Hypothèse : Le modèle de revenus basé sur la vente directe et les partenariats sera suffisant pour couvrir les dépenses et générer un bénéfice.

Validation : Élaborer des prévisions financières basées sur les dépenses de production, de marketing, de distribution et les prix de vente prévus pour estimer le seuil de rentabilité et la marge bénéficiaire.

### 6. **Impact Social et Environnemental :**

Hypothèse : Les avantages sociaux et environnementaux du produit, tels que l'inclusivité et la durabilité, augmenteront la valeur de la marque et favoriseront l'adoption du produit.

Validation : Mettre en place des indicateurs de performance clé pour mesurer l'impact social (comme le nombre de personnes atteintes) et environnemental (comme la réduction des déchets grâce à la réparabilité) et utiliser ces données dans les campagnes de marketing et les rapports d'impact.

### 1.3 CPX

Tableau 5 : Résumé des CPX choisi dans le projet

No	CPX	Objectif ou besoins	Métriques	Contraintes	Critère de conception
1	Sécurité	Assurer la protection des utilisateurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Niveau de conformité aux normes internationales et canadiennes de sécurité</li> <li>– Niveau de douleur aux oreilles</li> <li>– Niveau d'acuité auditive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mix réglementaire : normes internationales, nationales, provinciales et municipales</li> <li>– Faible disponibilité de candidats pour mener des tests auditifs (échantillon de petite taille)</li> <li>– Limites matérielles</li> <li>– Dépense de mise en œuvre de la sécurité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilisation de dispositifs de sécurité intrinsèques</li> <li>– Design ergonomique pour prévenir les erreurs d'utilisation.</li> </ul>
2	Fiabilité	Assurer le fonctionnement fiable et prévisible du produit dans des conditions d'utilisation normales et extrêmes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Taux de défaillance</li> <li>– Temps moyen entre défaillances</li> <li>– Temps moyen de réparation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Faible résistance mécanique des matériaux</li> <li>– Fragilité des matériaux</li> <li>– Faible conductivité électrique des matériaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sélection de composantes connues.</li> <li>– Tests de stress et d'endurance,</li> <li>– Conception pour la maintenance.</li> </ul>
3	Facilité d'utilisation	Interface intuitive et expérience utilisateur positive pour tous les utilisateurs, surtout les clients avec des défis physiques et mentaux.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Niveau de satisfaction utilisateur</li> <li>– Temps moyen requis pour apprendre à utiliser le produit avec le manuel d'instructions</li> <li>– Échelle de conformité aux principes de Jacob Nielsen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Diversité culturelle des utilisateurs</li> <li>– Niveau d'alphabétisation des utilisateurs</li> <li>– Accessibilité</li> <li>– Formation nécessaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conception centrée sur l'utilisateur</li> <li>– Tests d'utilisabilité</li> <li>– Retour d'information clair</li> </ul>
4	Réparabilité	Faciliter la maintenance et la réparation, prolonger la durée de vie du produit.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Durée moyenne de vie</li> <li>– Indice de réparabilité</li> <li>– Dépense moyenne de réparation</li> <li>– Temps moyen de réparation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Complexité technique des dommages</li> <li>– Compétences des réparateurs</li> <li>– Disponibilité des pièces de rechange nécessaires aux réparations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Standardisation des composants</li> <li>– Documentation technique détaillée</li> <li>– Conception modulaire</li> </ul>
5	Logistique des matériaux	Minimiser l'impact environnemental et les coûts liés à la logistique des matériaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Empreinte carbone</li> <li>– Qualité des matériaux</li> <li>– Coût du cycle de vie des matériaux</li> <li>– Origine éthique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Disponibilité et coût des matériaux durables</li> <li>– Réglementations environnementales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilisation de matériaux locaux</li> <li>– Recyclables</li> <li>– Emballages réduits</li> <li>– Optimisation de la chaîne d'approvisionnement</li> </ul>

### 1.4 Plan de gestion

Ce fier au plan de gestion de projet du prochain chapitre étant donnée la remise simultanée des deux parties (voir section 3.3)

## 2. Définition du problème

### 2.1 Transformation des propos du client en besoins interprétés et priorisés

Tableau 6 : Liste des besoins à partir des déclarations du client

No	Besoins	Importance
1	Le SV capte le son en direct.	5
2	Le SV transmet des vibrations à partir du son.	5
3	Le SV fournit une expérience sensorielle à son utilisateur (visuelle et tactile).	4
4	Le SV peut se porter sur le corps.	3
5	Le SV est sécuritaire pour son utilisateur.	5
6	Le SV est solide et durable.	4
7	Le SV a une intensité de vibration raisonnable.	5
8	Le SV a idéalement une durée de vie de 2 h.	2
9	Le SV dure minimalement le temps d'une chanson.	5
10	Le SV est portable.	5
11	Le SV est ajustable.	4
12	Le SV contient un système de lumière relié au système de vibration.	1
13	Le SV est léger.	4
14	Le SV est ordonné dans les fils électriques et le circuit.	4
15	Le SV est un produit fini et fonctionnel.	5
16	Le SV est une veste.	2
17	Le SV est utilisé lors de diverses activités impliquant le son.	3
18	Le SV est conçu pour les personnes en bas âge.	4
19	Le SV est conçu pour les personnes avec des déficiences auditives.	5
20	Le SV est conçu pour les personnes avec des déficiences intellectuelles.	4
21	Le SV convient à différents types d'utilisateurs (différents enfants)	5
22	Le SV transforme le son en vibration rapidement.	5
23	Le SV (prototype) est fini d'ici le 4 avril 2024.	5
24	Le SV ne coute pas au-dessus de 100 \$	5

L'échelle d'importance est comme suit : 1 étant la valeur la plus faible et 5 étant la plus importante.

### 2.2 Problématique

Concevoir un système de vibration qui capte le son et qui le convertit rapidement en vibration pour les étudiants ayant une déficience auditive et intellectuelle. Le produit doit être solide, sécuritaire et portable offrant aux personnes de bas âge une expérience sensorielle pour moins de 100 \$ d'ici le 4 avril 2024.

## 2.3 Métriques

Les points qui suivent présentent les différentes métriques qui mènent aux spécifications et leur justification pour leur choix. Un tableau récapitulatif de toutes les métriques suit :

Tableau 7 : Métrique à partir des besoins

No Métrique	No Besoins	Métrique	Unité	Valeur
1	1	Sensibilité au Son	dB	[100, 120]
2	2-7	Fréquence de vibration	Hz	1 à 2**
3	1-2	Source d'énergie	Volts	5
4	22	Temps de réaction	Seconde	[1,3]
5	15	Temps de chargement	Heure	[2,5]
6	3-7	Niveau d'intensité	n. de niveau	[1,...
7	11-19	Ajustabilité au corps	N. de taille	[2,3]
8	20	Résistance	IP	[2,4]
9	6	Solidité	IK	[04,08]
10	20	Facilité d'utilisation	Nombre de critères OK	[3,5]
11	18	Entretien	Niveau de facilité	Faible, moyen,...
12	10-11	Flexibilité	Degrés	[90,180]
13	6	Durée de vie	Année	5
14	24	Cout	\$ CAD	100
15	23	Temps de fabrication	Jours	60
16	13	Poids	kg	[0,3 à 0,5]
17	8-9	Autonomie	Minutes	[5,60]

## Explication

### 1. Sensibilité :

Métrique : Capacité à détecter des variations fines de son.

Unité : Décibels (dB).

Valeur : de 0 à 120 décibels (les valeurs que l'oreille humaine entend)<sup>1</sup>

Importance : 5

Justification :

Sans capteur de son, la transformation en vibration serait inutile et il n'y aurait pas de produit. La quantité en dB que le capteur capte sera déterminée expérimentalement lors de la période de prototypage.

---

<sup>1</sup> (Pujol, 2018)

**2. Fréquence de vibration :**

Métrique : Gamme de fréquences que l'appareil peut reproduire en vibrations.

Unité : Hertz (Hz).

Importance : 5

Valeur : 1 à 2 Hz<sup>2</sup>

Justification :

Important pour inciter une réaction et faire attention pour ne pas devenir inconfortable. Pour plus de précisions, la quantité en Hz sera à déterminer expérimentalement lors de la période de prototypage.

**3. Source d'énergie :**

Métrique : voltage de la source

Unité : Volt (V)

Importance : 5

Valeur : 5 V

Justification :

Notre produit comporte un système de circuit électrique qui nécessite une source d'énergie pour fonctionner. On va valider avec l'expérience le voltage nécessaire, mais on se fie à la valeur des piles. Basée sur la valeur d'une pile, mesure sujette au changement en fonction des besoins du système

**4. Temps de réaction :**

Métrique : le temps entre le signal reçu et la réaction du mécanisme

Unité : Seconde

Importance : 5

Valeur : de 1 à 3 secondes

Justification :

Comme on veut un produit fiable, on veut que le produit réagisse rapidement et qu'il n'y ait pas de délais avec le son produit.

**5. Temps de chargement :**

Métrique : Durée nécessaire pour recharger complètement la batterie.

Unité : Heures (h).

Importance : 2

Valeur : entre 2 à 5 heures

Justification :

L'appareil n'est pas pour l'utilisation constante donc l'enseignant(e) responsable est en mesure de charger l'appareil bien en avance. Aussi, cela dépend de la source d'énergie, car s'il s'agit de pile (c'est instantané, mais nécessite d'acheter des piles).

---

<sup>2</sup> (Kjær, s.d.)

**6. Niveau d'intensité :**

Métrique : variabilité de l'intensité des vibreurs

Unité : Nombre de niveaux

Importance : 2

Valeur : entre 1 à infinité de niveaux (style roulette)

Justification :

La cliente a parlé d'une situation où l'intensité du produit qu'elle avait essayé était soit trop élevée soit trop faible.

**7. Compatibilité avec différentes tailles d'utilisateurs (ajustabilité) :**

Métrique : Ajustabilité de l'appareil pour s'adapter à différentes morphologies.

Unité : Nombre de tailles disponibles (S, M, L, XL, etc.).

Importance : 5

Valeur : entre 2 à 3 tailles d'ajustement

Justification :

On aurait 3 utilisateurs cibles. 2 filles et un garçon. Les deux filles sont plus petites que le garçon d'après l'enseignant. Les enfants sont aussi très susceptibles de subir une croissance imprévue. Ce serait embarrassant si notre produit fonctionne que les clients sont dans l'incapacité de le porter.

**8. et 9. Résistance et solidité :**

Métrique : Capacité de l'appareil à résister à différentes contraintes (choc, eau, sueur...)

Unité : Indice de protection (IP) et indice de choc (IK).

Valeur : 2 à 4 pour IP et 04 à 08 pour l'IK<sup>3</sup>

Importance : 2

Justification :

Une courte durée d'utilisation devrait éviter ces problèmes, mais un accident arrive vite, il faut donc quand même en tenir compte.

**10. Facilité d'utilisation :**

Métrique : Facilité d'utilisation pour des enseignants avec peu de formation technologique.

Unité : Échelle de notation basée sur des tests d'utilisabilité

Valeur : passe entre 3 à 5 critères (basés sur le site)<sup>4</sup>

Importance : 5

Justification :

L'appareil est destiné pour des enfants neurotypiques et enseignants non techniques.

**11. Facilité de nettoyage (entretien) :**

Métrique : Facilité avec laquelle l'appareil peut être nettoyé.

Unité : Évaluer qualitativement (facile, moyen, difficile).

<sup>3</sup> (S.A., 2024)

<sup>4</sup> (Usabilis, 2018)

Valeur : entre moyen et facile

Importance : 3

Justification :

Le S.V. devrait être facile à utiliser. Nous souhaitons que notre produit vaille la peine d'être utilisé et puisse facilement être entretenu. Cette métrique peut entrer dans la facilité d'utilisation du système.

## 12. Flexibilité :

Métrique : Capacité de l'appareil à se plier ou à s'étirer sans dommage.

Unité : Degrés pour la flexion, pourcentage pour l'élasticité.

Valeur : entre 90 et 180 degrés

Importance : 3

Justification :

D'après Madame Katherine, ces élèves sont curieux, signifiant que le S.V. doit être durable, solide et prévu pour des mouvements intenses et imprévus des utilisateurs.

## 13. Durée de vie :

Métrique : Durée pendant laquelle l'appareil reste fonctionnel avant de nécessiter un remplacement

Unité : Années (an).

Importance : 4

Valeur : 5 ans

Justification :

Nous souhaitons que le produit soit facilement réparable et que le produit puisse être utilisé lors des fêtes des étudiants durant plusieurs années pour ne pas avoir à en racheter tous les ans.

## 14. Prix/cout :

Métrique : Coût pour l'acquisition de l'appareil.

Unité : Dollars CAD (\$ CAD).

Importance : 3

Valeur : 100 \$ (pour le prototypage) et 100 \$ (pour acheter le produit)

Justification :

100 \$. Ceci est la limite offerte par l'école pour le projet. Il est en revanche possible que des membres souhaitent rajouter à cette somme. Aussi, le prix d'achat lors de la vente est aussi à discuter, car on souhaite que ce soit un produit abordable.

## 15. Temps et délais :

Métrique : les délais de réalisation du projet.

Unité : jours

Importance : 5

Valeur : 65 jours

Justification :

Ce projet doit être réalisé dans le cadre d'un cours, ce qui veut dire que l'on a jusqu'à la journée de conception qui est le 4 avril.



**16. Poids :**

Métrique : Facilité de portabilité et de confort pour l'utilisateur.

Unité : Kilogrammes (g).

Valeur : de 0,3 g à 0,5 g

Importance : 4

Justification :

Le confort prend une haute priorité vu que les utilisateurs cibles sont des enfants qui font face à des défis mentaux comme le neurotropisme.

**17. Autonomie :**

Métrique : Durée de fonctionnement continu sur une charge complète.

Unité : minutes (min).

Valeur : de 2 à 60 minutes

Importance : 2

Justification :

Le but minime est d'avoir une durée d'une chanson (p.ex. Bonne Fête) donc environ 2 min. Idéalement, on pourrait supporter un concert de 60 minutes.

**2.4 Spécification de conception cible**

En prenant en compte la liste des métriques qu'il a été possible de trouver, des CPX et les besoins du client, on a élaboré une liste de spécifications cible qui vont servir à l'étude des prototypes réalisés.

**Tableau 8 : Spécifications cibles avec valeur marginale et idéal**

No Besoins associé	No Spécification		Importance	Relation	Valeur idéale	Valeur marginale acceptable	Unités	Mesures de vérification
<b>Exigence Fonctionnelle</b>								
1	1	Sensibilité au Son	5	>	120	100	dB	Test
2-3	2	Vibration	5	=	Oui	N/A	N/A	Test
2-7	3	Fréquence de Vibration	5	>	1	2	Hz	Test et Analyse
1	4	Source d'énergie	3	>	5	5	Volts	Analyse, Test
15	5	Efficacité	4	=	Oui <sup>5</sup>	N/A	N/A	Test
22	6	Temps de réaction	5	<	1	3	Seconde	Test

<sup>5</sup> On veut savoir s'il allume, transmet le signal et fonctionne

15	7	Temps de chargement <sup>6</sup>	2	<	2	5	Heure	Test
3-7	8	Niveau d'intensité	4	=	Infini	1	Niveau	Test
<b>Exigence Non-Fonctionnelle</b>								
4-10- 16	9	Portabilité <sup>7</sup>	4	=	Oui	N/A	N/A	Test, Analyse
11-19	10	Ajustabilité au corps	5	>	3	2	Taille	Fabrication et analyse
20	11	Résistance	4	>	4	2	IP	Test et analyse
6	12	Solidité	3	>	08	04	IK	Test
12 -14	13	Esthétique	2	>	10	8	Note sur 10	Sondage et analyse
20	14	Facilité d'utilisation	5	>	5	3	Critères	Sondage et Test
17	15	Variété d'utilisation <sup>8</sup>	2	=	Oui	N/A	N/A	Test et Analyse
18	16	Entretien	3	=	Facile	Moyen	N/A	Analyse et Sondage
10-11	17	Flexibilité	3	>	90	180	Degrés	Test et analyse
6	18	Durée de vie	3	>	5	3	Année	
-	19	Cout de vente	4	<	100	200	\$ CAD	Analyse
<b>Contraintes</b>								
24	20	Cout de prototypage	4	<	100	100	\$ CAD	Analyse
18	21	Sécurité <sup>9</sup>	5	=	Oui	N/A	N/A	Analyse
23	22	Temps de fabrication	4	=	60	60	Jour	Analyse
13	23	Poids	4	<	0,3	0,5	kg	Test et analyse
8-9	24	Autonomie	5	<	60	5	Minutes	Analyse

## 2.4 Étalonnage

### 2.4.1 Technique

Dans le cadre de l'évaluer de la compétition, des recherches ont été effectuées sur différents produits qui ont la fonction de vibration rechercher ou qui sont similaire. Trois produits ont été sélectionnés pour faire une analyse comparative et voir si certains points peuvent en ressortir des points. Pour ce faire on élabore une matrice décisionnelle.

Il existe plein de produits différents sur le marché qui ont des fonctions similaires :

Ce bracelet est connecté au cellulaire et sert d'avertisseur de notification, alarme le matin et autre pour les personnes qui sont dans l'incapacité d'entendre leur cellulaire.

<sup>6</sup> Dépend de la source d'alimentation

<sup>7</sup> Se porte sur le corps ou non ?

<sup>8</sup> Peut-être utiliser dans différents types d'événements ou circonstance

<sup>9</sup> Respecte les normes de fabrication établies (protection du circuit...)



**Figure 1 : Feeltact de Novitact <sup>10</sup>**

Ceci est une colonne de vibration lumineuse. Elle suit le rythme des chansons joué par le groupe. Elles ont été utilisées par le groupe rock FYMUJ. Ils offrent aussi un récepteur somesthésique. Il y avait aussi une interprète devant pour traduire la musique.



**Figure 2 : Colonne lumineuse du concert de groupe rock FYMUJ**

Les personnes assistant à des concerts peuvent déposer leur main sur une plateforme en fonction de la musique qui joue. Bien qu'elle suive la musique, l'individu est dans l'obligation de garder ses mains sur le caisson limitant ses mouvements.



**Figure 3 : Caisson vibrant pour la musique<sup>11</sup>**

---

<sup>10</sup> (Dal'Secco, 2016)

<sup>11</sup> (Rogeret, 2019)



Figure 4 : Soundshirt de cute circuit<sup>12</sup>



Figure 5 : Antenna et son contrôleur pour l'étude<sup>13</sup>



Figure 6 : Bracelet Neosensory Buzz<sup>14</sup>

Certains avaient plus d'information que d'autres, donc pour établir une matrice décisionnelle d'étalonnage technique, les produits Neosensory Buzz, Antenna et Sound Shirt de CuteCircuit ont été sélectionnés. Avant, il faut comparer leurs spécifications avec les besoins des clients énumérés.

---

<sup>12</sup> (CuteCircuit , 2023)

<sup>13</sup> (Honda, Baba, & Okamoto, 2022)

<sup>14</sup> (Neosensory)

Tableau 9 : Évaluation des Besoins des Clients et Conformité des Produits

Besoins du Client	Neosensory Buzz <sup>15</sup>	Antenna <sup>16</sup>	Sound Shirt by CuteCircuit <sup>17</sup>
Capte le son en direct	Oui	Oui	Oui
Transmets des vibrations à partir du son	Oui	Oui	Oui
Fournis une expérience sensorielle	Vibration	Vibration	Vibration et DEL
Peu se porter sur le corps	Bracelet	Épingle à cheveux	Oui (shirt)
Sécuritaire pour son utilisateur	Oui	Oui	Oui
Solide et durable	Non spécifié	Non spécifié	Haute durabilité
Intensité de vibration raisonnable	Réglable	Réglable	Réglable
Durée de vie de 2 h	Oui (39 heures)	Non spécifié	Non spécifié
Est portable	Oui	Oui	Oui
Est ajustable	Non spécifié	Non ajustable	Ajustable (vêtement)
Contiens un système de lumière	Non	Non	Oui (LEDs)
Est léger	Oui (18g-51g)	Oui (très léger)	Non spécifié
Est une veste	Non (bracelet)	Non	Oui (shirt)
Utilisé pour diverses activités impliquant le son	Oui	Oui	Oui
Conçu pour les personnes avec des déficiences auditives	Oui	Oui	Oui
Conçu pour les personnes avec des déficiences intellectuelles	Oui (intuitif)	Oui (intuitif)	Oui (intuitif)
Transforme le son en vibration rapidement	Oui (faible latence)	Oui (réponse rapide)	Oui (réponse rapide)

Pour calculer les scores, nous devons d'abord établir les critères de notation. Si nous utilisons une échelle de 0 à 2, où 0 est non conforme, 1 est partiellement conforme et 2 est pleinement conforme, nous pouvons ensuite multiplier cette note par l'importance du besoin. Ensuite, nous additionnons tous les scores pour obtenir le total pour chaque produit.

---

<sup>15</sup> (Neosensory)

<sup>16</sup> (Honda, Baba, & Okamoto, 2022)

<sup>17</sup> (CuteCircuit, 2023)

Tableau 10 : Matrice Décisionnelle d'Étalonnage Technique des Produits

Conception passée ou de la compétition		Neosensory Buzz	Ontenna	Sound Shirt
Spécification	Imp			
Sensibilité au son	0,1	2	2	2
Fréquence de vibration	0,15	1	1	2
Niveau d'intensité	0,025	2	2	2
Ajustabilité au corps	0,025	1	0	2
Temps de chargement	0,025	2	0	0
Sécurité	0,075	2	2	2
Portabilité	0,05	2	2	2
Résistance	0,025	1	0	1
Rapidité	0,1	1	2	2
Solidité	0,05	2	1	2
Esthétique	0,025	1	2	1
Facilité d'utilisation	0,05	1	1	2
Cout	0,15	0	0	0
Poids	0,05	2	2	1
Durée de vie	0,1	2	0	1
Total		1,325	1,1	1,45

Ainsi, grâce à la matrice, en fonction de quelques-unes de nos spécifications, on remarque que le meilleur produit est le Sound Shirt avec un score de 1,45. Il démontre une meilleure fiabilité et semble offrir plus de sensation sur une plus grande partie du corps. Comme c'est un chandail, il se rapproche un peu plus de ce qui est demandé surtout sur le côté recherche de sensation.

#### 2.4.2 Utilisateur

Voici les liens des articles et blogues où nous avons trouvé l'information du tableau ci-dessous :

- <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/hearing-loss/in-depth/hearing-aids/art-20044116#:~:text=We%20try%20to%20choose%20a,behind%20or%20in%20the%20ear.>
- [https://www.reddit.com/r/HearingAids/comments/16f7qqm/looking\\_for\\_otc\\_hearing\\_aids\\_recommendations/](https://www.reddit.com/r/HearingAids/comments/16f7qqm/looking_for_otc_hearing_aids_recommendations/)
- <https://www.dukehealth.org/treatments/ear-nose-and-throat/bone-conduction-hearing-aid>

On a aussi remarqué que les remarques et les demandes de potentiels utilisateurs revenaient à ce que le client demande. Ainsi, ils n'ont pas été répétés dans le tableau, on a sorti d'autres points. Certains n'affectent pas directement la conception, mais seraient des points intéressants à prendre en considération notamment pour le modèle d'affaires.

**Tableau 11 : Besoins de potentiel utilisateur direct**

No	Besoins	Importance
1	Remboursement potentiel par l'assurance maladie	5
2	Sécurité	5
3	Confortabilité/ajustabilité	4
4	Fonctionnalités additionnelles (contrôle à distance, Bluetooth, etc.)	3
5	Recommandation du produit par des audiologistes et ORLs	4
6	Garantie du produit, remboursement en cas de malfonctionnement	5

Les besoins de potentiels utilisateurs reviennent un peu à ce que le client voulait, mais elle a aussi amené des idées supplémentaires et des concepts à garder en tête.

## 3. Développement des concepts

### 3.1 Sous-système à développer

Dans notre produit final de SV, on peut observer deux sous-systèmes importants :

#### 1. Lien entre la personne et le SV

Ce sous-système est l'aspect visuel que l'on voit quand on a le produit. Il sert à cacher l'entièreté du circuit. C'est le lien direct entre l'utilisateur et le SV.

#### 2. Le circuit

Il faut différentes composantes dans le circuit pour la réalisation du projet : le capteur de son, moteur (élément vibrant), Arduino et les fils. L'endroit où ils sont placés et les liaisons entre eux.

#### 3. Protection du circuit

Certaines composantes du circuit nécessitent une protection supplémentaire comme le Arduino. Il faut donc penser à un moyen supplémentaire de protéger les composantes.

## 3.2 Idée de conceptions

### 3.2.1 Les idées personnelles

#### 3.2.1.1 Aleksa

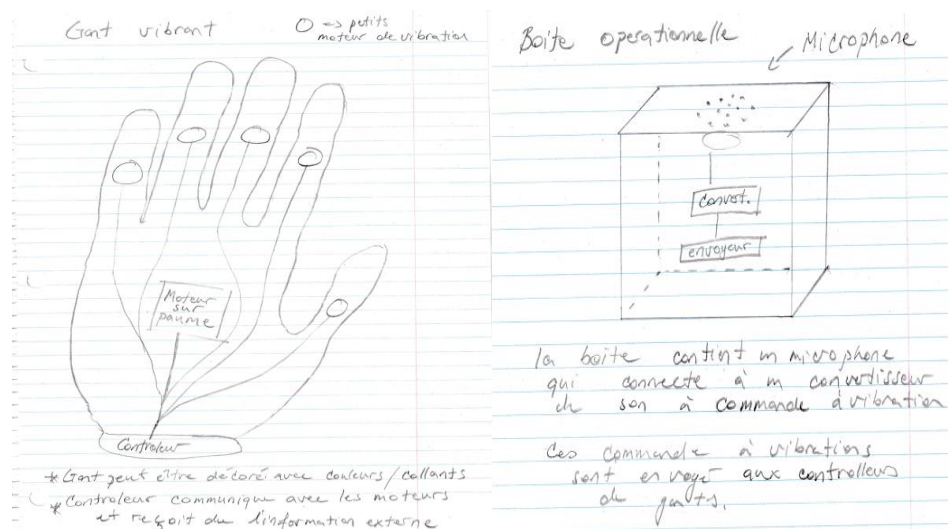


Figure 7 : Idées de conception d'Aleksa (gants et boîte)

La boîte contient le circuit électrique avec le microphone, qui envoie le son au microcontrôleur, qui convertit le son en ondes et l'envoie au gant, qui active les moteurs selon ces ondes.



Sur le gant, le contrôleur qui reçoit le signal est situé au niveau du poignet et envoie le signal aux différents moteurs situés aux endroits clés dans le gant. Le gant permet une plus grande personnalisation.

### 3.2.1.2 Alexandre

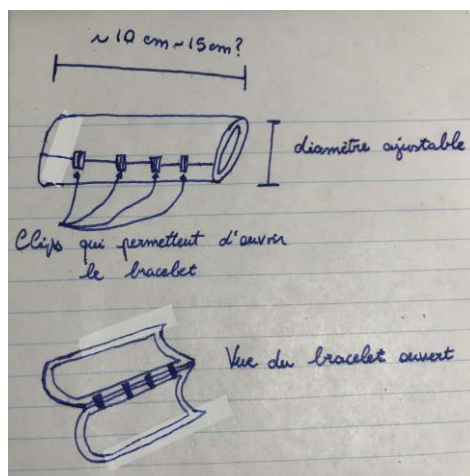


Figure 8 : idée de conception Bracelet de l'espace d'Alexandre

L'idée est un brassard qui se met sur l'avant-bras et qui contient plusieurs couches qui permettent à celui-ci d'être solidement fixé sur le bras tout en offrant un certain confort avec une couche de mousse mémoire. Les moteurs et le capteur sont situés dans les différentes couches de celui-ci. De plus, il est possible d'ajuster la taille au niveau de l'avant-bras.

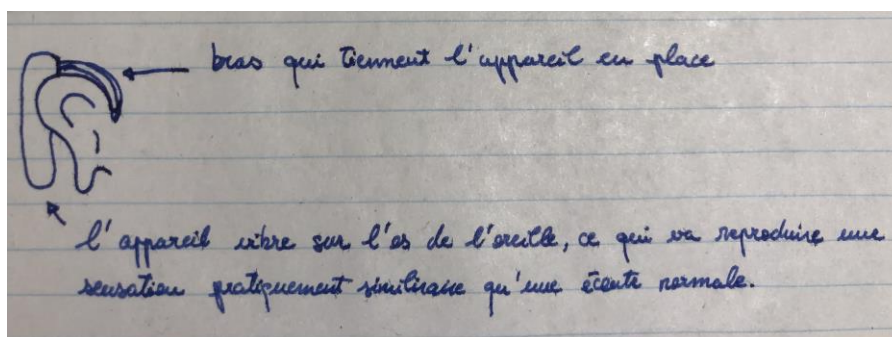


Figure 9 : Idée de conception appareil auditif d'Alexandre

Ceci est un petit système qui s'accroche de la même façon qu'un appareil auditif. L'appareil vibre sur l'os et le cartilage de l'oreille reproduisant une sensation similaire à l'écoute. Elle nécessite de la microtechnologie.

### 3.2.1.3 Aya

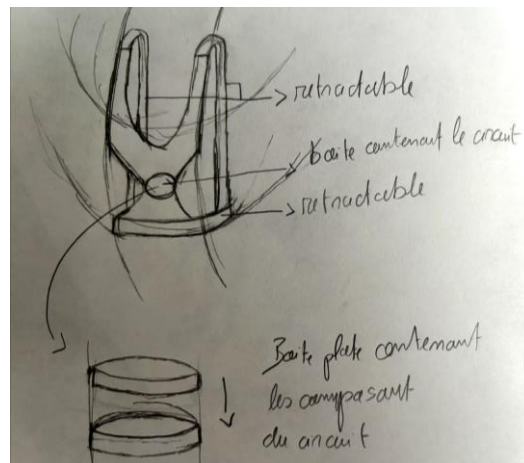


Figure 10 : Idée de conception de la veste vibrante d'Aya

Une veste dotée d'ajustements sur les côtes et à la taille, équipée d'une boîte centrale de protection pour le circuit, les capteurs de son, ainsi que des moteurs vibrants seront répartis sur l'ensemble de la veste. Celle-ci sera conçue en deux couches afin de dissimuler les fils.

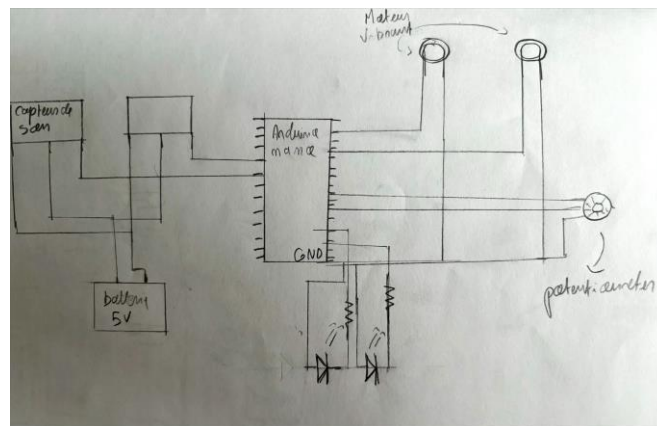


Figure 11 : Circuit dans la veste de vibrante d'Aya

Un circuit comprenant des capteurs alimentés par une batterie, des moteurs vibrants dont l'intensité de vibration est réglable grâce à un potentiomètre, et enfin DEL, une rouge et une verte, indiquant quand les moteurs sont en vibration.

### 3.2.1.4 Marie-Frédérique

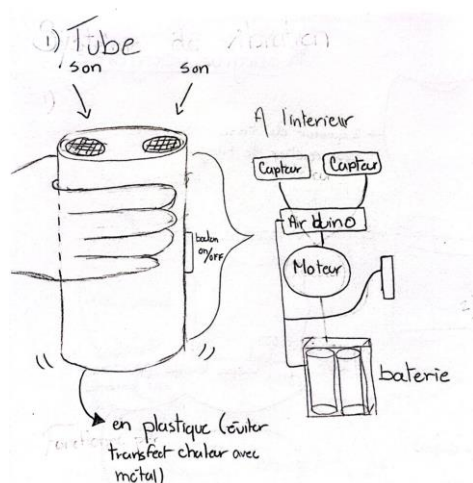


Figure 12 : Idée de conception du tuyau vibrant de Marie-Frédérique

Il s'agit d'un petit cylindre à tenir dans sa main qui bouge en fonction du son que les capteurs sur la face supérieure du cylindre soient situés. Celui-ci est alimenté par des batteries situées à l'intérieur du cylindre et s'active par un bouton de marche et d'arrêt situé sur le côté du cylindre.

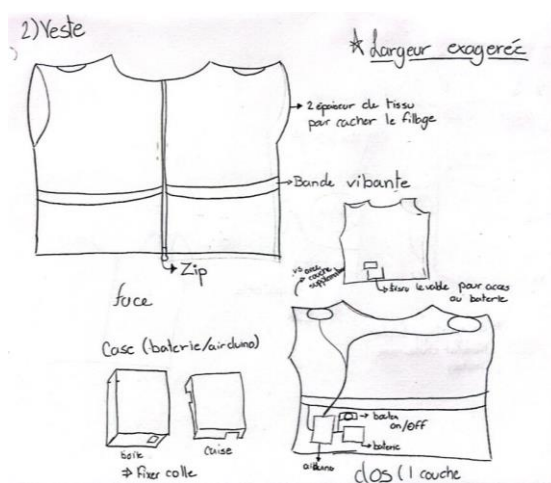


Figure 13 : Idée de conception de veste vibrante de Marie-Frédérique

La veste fonctionne avec deux systèmes séparés de capteur et de vibreur. Ainsi sur la veste on retrouve une bande Moteur qui vibre en fonction d'un signal qu'il reçoit. La partie principale du système est située dans le bas du dos de la veste. Il y a un bouton on/OFF pour allumer et fermer la veste. La veste se met comme une veste normale avec un Zip sur le devant.

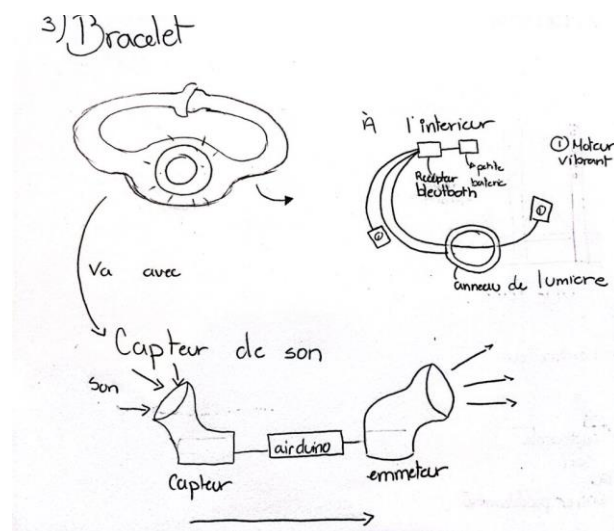


Figure 14 : Idée de conception de bracelet lumineux de Marie-Frédérique

Ceci est un petit bracelet bas trop large qui contient des mini moteurs et une lumière centrale de plusieurs couleurs qui suit le rythme de la chanson. Le système fonctionne avec du Bluetooth entre le capteur et le bracelet permettant de mettre le capteur de son ou on le désire dans les limites de l'émission qu'il a. Étant petit, il nécessite de la microtechnologie.

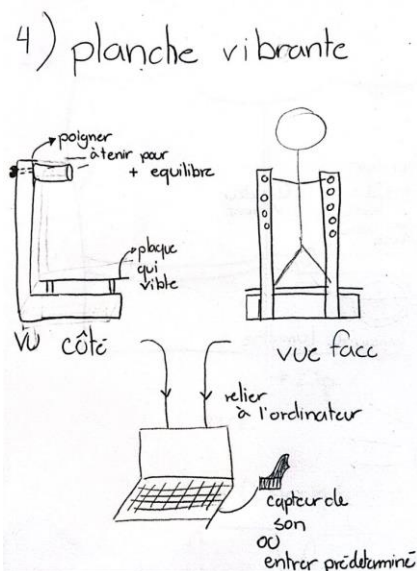
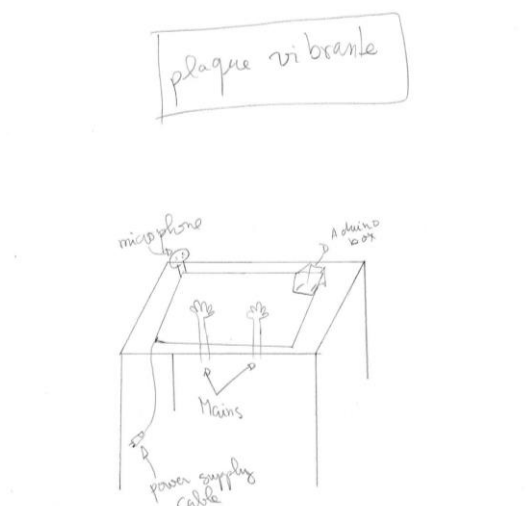


Figure 15 : Idée de conception « simulateur de séisme » de Marie-Frédérique

Le concept est une plaque au sol qui vibre au rythme des chansons qui jouent sur l'appareil qui lui est branché. On peut aussi connecter le capteur de son à l'ordinateur pour que ce soit le son environnant qui soit transformé en vibration. L'alimentation nécessaire est un branchement sur un mur. De plus, puisque l'équilibre peut être mis à l'épreuve, il y a des barres de hauteurs ajustables sur un côté pour se tenir.

## 5) Plaque vibrante



**Figure 16 : Idée de conception « plaque vibrante » de Mouhamadou et Ibrahim**

Cette idée consiste à déposer ses mains sur une plaque qui vibre au rythme de la chanson. La plaque fonctionne par un microphone situé au coin supérieur. L'alimentation du système est branchable au mur.

### 3.2.2 Remue-Méninges

Une séance de remue-méninge a eu lieu le jeudi soir 25 janvier à 19 h 30. On a commencé par présenter les différentes idées que chaque membre a eues pour ensuite faire un mélange de nos idées.

Pour Alexandre, il a présenté deux idées. Une sorte de bracelet futuriste comme on le voit dans l'image de sa section. La deuxième est une sorte d'oreillette déposée et prête de l'oreille.

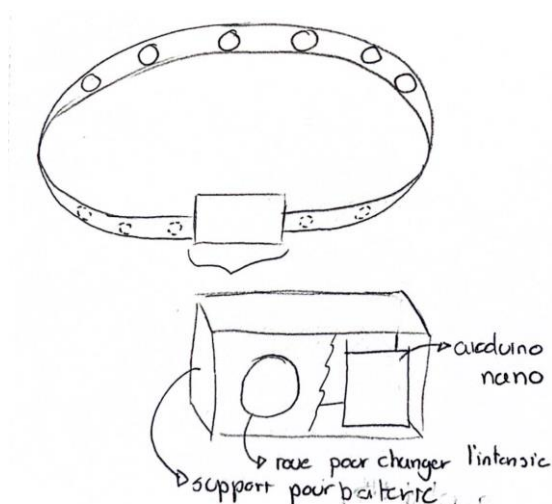
Pour Aleksa, il est venu avec l'idée d'avoir deux entités séparées, l'une qui capte le son et l'autre qui le reçoit et vibre. C'est la deuxième partie qui est en lien avec l'enfant. Ce concept peut être généralisé à plusieurs autres parties physiques qui vibrent.

Pour Aya, elle a présenté une veste qui a la possibilité d'avoir une vitesse ajustable. Aussi, la veste est ajustable pour s'arranger à la taille. Elle comporte aussi des lumières.

Pour Marie-Frédérique, elle a présenté 4 concepts dont certains n'ont pas été réalisés. Donc, voilà un peu ce qui est ressorti. Le tuyau est intéressant et il est simple à réaliser. Pour la veste, il est venu en tête de faire plutôt une ceinture abdomino-pelvienne.

Donc voici l'énumération des points positifs de chaque système qui a été :

1. bracelet futuriste : lourd, mais confortable et portable
2. dispositif à l'oreille : à la tête (plus risqué), discrète, complexe microtechnologie → à exclure
3. le gant : portable, léger (si capteur de son à part), facile à réaliser, par pratique, pas ajustable
4. veste : ajustable, lourd, limites les mouvements, faible intensité, mais potentiomètre (ajuster l'intensité)
5. tuyau : facile, solide, peu de sensation (pas précis), pas pratique (ne peut rien faire d'autre)
6. ceinture de cowboy (dérivé de la veste) - peut être un brassard ou autre : esthétique, ajustable, discrète, confortable, risque de solidité, risque sécurité



**Figure 17 : Idée de conception de la ceinture de cowboy après discussion**

7. bracelet lumière : trop petit (nanotechnologie ?), couteux, difficile à faire, léger
8. simulateur de séisme : pas portable, peu de mouvement de déplacement → à rejeter

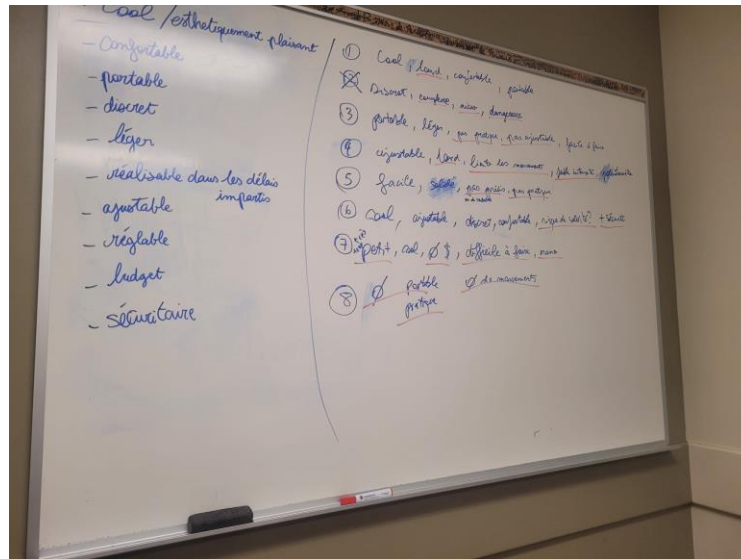


Figure 18 : Tableau d'échange d'idée durant remue-méninge

À retenir : esthétique, portable, discret, confortable, léger, réalisable avant de 4 avril (contrainte de temps), ajustable, réglable, budget (100 \$), sécuritaire.

Séparer le système en deux parties peut être applicable à tous les concepts. Cette boîte qui capte le son pourrait transmettre le signal vers plusieurs entités physiques. Cela aura l'avantage de rendre la partie qui est en contact avec les jeunes plus légères. Aussi, en cas de crise des jeunes ou autres, la partie qui vibre seulement sera à remplacer au lieu de risquer le microphone aussi qui est dispendieux.

On a décidé de retenir l'idée de séparer l'entité qui capte le son de l'entité de celui qui vibre et semble être le plus pratique.

### 3.2.2.1 Matrice décisionnelle de comparaison des solutions prometteuses

Dans la matrice, on exclut les spécifications liées au captage de son, car une boîte contenant le micro, l'Arduino et le transmetteur. Il y a aussi la possibilité de brancher pour recharger la boîte.

Pour la position de chaque idée, on a numéroté de position de 0 à 2 en fonction de ce qu'il possédait et de leur qualificatif de ce qui en donne le plus. Parfois certaines valeurs sont les mêmes pour les trois idées.

**Tableau 12 : Matrice décisionnelle pour les idées de conception**

		Ceinture de cowboy		Bracelet futuriste		Veste	
Spécification	Imp.						
Intensité de vibration	0,1	Au niveau pelvien	1	Sur l'avant-bras seulement	0	Sur l'ensemble de l'abdomen	2
Source d'énergie <sup>18</sup>	0,05	Batterie dans la boîte avant	1	Batterie dans la boîte	1	Batterie dans la boîte	1
Ajustabilité au corps	0,025	Ajustable comme une ceinture	2	Spécifique à la première fabrication	0	Ajustable avec velcros	2
Variabilité d'intensité	0,05	Potentiomètre	2	Potentiomètre	2	Potentiomètre	2
Sécurité	0,1	Reste encore à figurer comment protéger les composantes sur la ceinture	1	Coque solide et plusieurs couche	2	Beaucoup de composantes (seulement tissu entre surfaces et composante)	0
Solidité	0,075	Tissu cuir semi-solide	1	Coque imprimer 3D	2	Tissu pour chandail	0
Portabilité	0,05	Autour des hanches	1	Autour du poignet	1	Autour de l'abdomen	1
Esthétique	0,025	Style cowboy	1	Style agent de l'espace	1	Lumière supplémentaire	2
Facilité d'utilisation	0,05	Bouton on/off avec système Bluetooth	1	Bouton on/off avec système Bluetooth	1	Bouton on/off avec système Bluetooth	1
Cout	0,1	Case, ceinture, plus de composantes	1	Plusieurs couches, composantes	1	Case, tissu (ou chandail), composante et lumière	0
Temps de fabrication	0,15	Simple	2	Plus de couches	1	Plus de logistique	1
Poids	0,125	Peut-être un peu lourd avec la boîte, mais situé à une bonne place pour supporter le poids	1	Lourd sur l'avant-bras	0	Plus lourd avec plus de composantes	0
Autonomie	0,1	Pas encore déterminé à 100 % avec le type de source d'alimentation	-	Pas encore déterminé à 100 % avec le type de source d'alimentation	-	Pas encore déterminé à 100 % avec le type de source d'alimentation	-
<b>Total</b>		<b>1,125</b>		<b>0,875</b>		<b>0,7</b>	

Selon cette matrice, le meilleur concept à produire serait la ceinture de cowboy qui a obtenu un score de 1 125 est supérieur aux autres. Elle offre plusieurs avantages que nous expliquerons par la suite. Cependant, avant de commencer le prototypage, l'avis de la cliente sera pris en considération après la remise de ce Livrable pour être sûr de lui concevoir un produit qu'elle voudra.

<sup>18</sup> Comme adaptation si le temps nous le permettrait, on le rendrait branchable pour la recharge le rendant ainsi plus sécuritaire.



### 3.2.3 Décision finale sur la conception

Après notre séance de remue-méninge et la réalisation de la matrice décisionnelle, nous avons choisi le concept final d'une ceinture composée des sous-systèmes suivants :

#### Concept global :

1. *Lien entre la personne et le SV :*

Une ceinture ajustable, constituée de plusieurs couches de mousses permettant de dissimuler les fils et les moteurs vibrants. Une boîte centrale à l'avant de la ceinture abritera le reste du circuit.

2. *Le circuit :*

Notre concept nécessite deux circuits. Le premier est contenu dans la boîte de la ceinture, et le second se trouve dans une boîte séparée. Le premier circuit reçoit les informations du deuxième circuit et les transforme en vibrations. Il est composé d'un Arduino Nano, de fils pour les moteurs vibrants, de DEL, de résistances et d'un potentiomètre permettant à l'utilisateur de régler l'intensité des vibrations. Quant au deuxième circuit, il doit être placé par l'utilisateur le plus près possible de la source de musique, grâce aux capteurs de son connecté à un Arduino. Il transmettra les informations au premier circuit.

3. *Protection du circuit :*

Étant donné que le concept nécessite deux circuits, deux boîtes distinctes seront conçues et imprimées en 3D. La boîte 1 sera fixée sur la ceinture, nécessitant une optimisation de son volume pour ne pas gêner l'utilisateur. En revanche, la boîte 2 doit être stable, solide et facile à transporter.

#### Justification :

L'équipe estime que ce concept répond le mieux aux besoins de la cliente tout en respectant les contraintes de temps et budgétaires. La ceinture a été choisie, car elle est la plus simple à réaliser et couvrira une grande partie du corps, offrant ainsi une meilleure expérience à l'utilisateur. La séparation des circuits a été choisie pour alléger la ceinture et permettre aux capteurs de capter la musique plus précisément, éliminant ainsi les interférences sonores avec les bruits présents dans l'environnement. Le choix d'une boîte plate et petite est principalement esthétique, assurant le confort de l'utilisateur. En revanche, la stabilité et la robustesse de la deuxième boîte sont nécessaires, car elle peut être placée n'importe où et doit résister à différentes conditions.

## Représentation visuelle

Voici ci-dessous des représentations CAO de notre concept de ceinture et de l'idée de boîte d'Aleksa. La boîte contiendrait les capteurs de sons (microphones), une batterie, un microprocesseur ainsi qu'un émetteur de signaux. Les quatre cercles sont les entrées du ou des microphone(s), et le trou du milieu est un port pour chargeur, car, idéalement, on pourra recharger la batterie plutôt que de la remplacer. La boîte sur la ceinture contiendra un microprocesseur et les modules de vibration seront répartis tout le long de la ceinture.

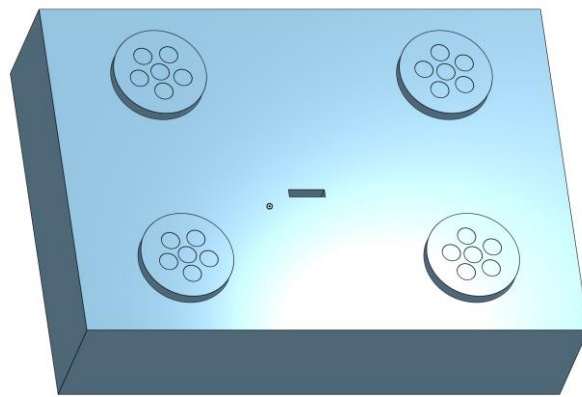


Figure 19 : CAO du capteur de son

Pour la ceinture, on peut se fier un peu à la description faite dans la partie dans le remue-méninge et la description. Il faut juste se rappeler qu'elle comprend les pièces clés de moteur pour la vibration, ceinture pour le support, Arduino pour le récepteur et autres servant la l'alimentation.

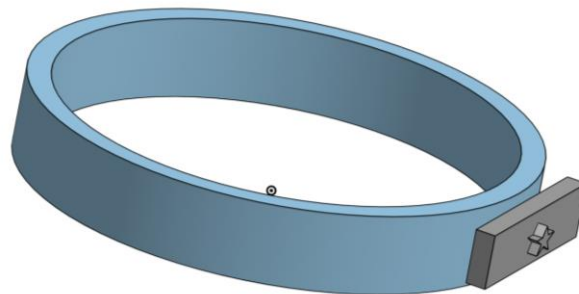


Figure 20 : CAO de la ceinture (première tentative)

## Description

Le choix de ce concept a été basé sur les besoins de la cliente et sur les spécifications cibles formulées précédemment, répondant en grande partie à toutes les exigences. :

#### *Avantages et rapport avec les spécifications cibles :*

Tout d’abord, la séparation des circuits garantit que la ceinture sera légère, confortable et ajustable. De plus, elle permet à l’utilisateur de régler l’intensité des vibrations, prenant ainsi en compte l’aspect esthétique de l’objet. L’ajout de DEL contribue également à satisfaire cet aspect visuel. Opter pour une ceinture au lieu d’une veste réduit considérablement les coûts des matériaux, respectant ainsi cette exigence budgétaire. La séparation des circuits assure non seulement la qualité de vibration, mais simplifie également la réalisation du concept, respectant ainsi la contrainte de temps.

#### *Désavantages :*

Cependant, notre concept présente un inconvénient majeur en termes de facilité d’utilisation. Bien que l’idée de séparer les circuits offre de nombreux avantages, elle complique l’expérience utilisateur. L’utilisateur devra rechercher la source de la musique, se déplacer pour déposer la boîte 2, connecter la ceinture à la boîte et s’assurer de respecter la limite de distance entre les deux.

### 3.3 Plan de projet

Lien vidéo du moment :

<https://sharing.clickup.com/clip/p/t9017160598/b404b2ae-08aa-4753-99c0-124355f36edb/screen-recording-2024-01-29-10%3A41.webm>

Lien ouvrant la vue :

<https://sharing.clickup.com/9017160598/g/h/8cqdwwp-417/642bb37dbc9ab7c>

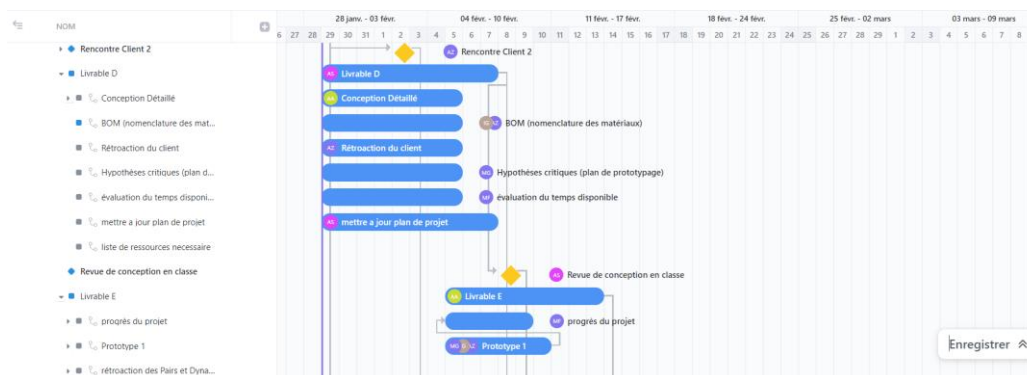


Figure 16 : Capture d’écran du site Click-Up 1

## 4. Conception détaillée et NDM

### 4.1 Résumé de la rencontre 2 avec le client

Nous sommes allés à la rencontre de notre cliente pour apprécier son environnement de travail et visualiser de plus près ses défis quotidiens avec ses élèves. Nous avons pu nous imprégner des différents types d'interaction enseignante-élève. Nous avons pu acquérir des données supplémentaires essentielles à notre conception et résumer dans le tableau ci-après.

**Tableau 13 : Information sur les enfants de la classe de la cliente**

<b>Nom</b>		Sophie	Ariane	Shawn
<b>Âge</b>		13 ans	13 ans	17 ans
<b>Particularité</b>		Tube gastrique au-dessus du nombril Appareil auditif Déficience intellectuelle	Complètement sourde Troubles liés à l'équilibre Déficience intellectuelle (peu d'autonomie en culotte d'incontinence)	Implant cochléaire Déficience intellectuelle
<b>Préférence</b>		Danse, chant et musique	Aime les lettres, l'alphabet et les numéros	Égouts et drains Numéro Forme circulaire
<b>Taille (cm)</b>	É-É	35	-	43
	É-V	30	-	28
	Ventre	76	80	80

Les trois jeunes font partie de la classe « papillon » de Katherine Hayashi (notre cliente). Elle nous a fourni son courriel afin de pouvoir la contacter directement afin d'avoir de l'information (katherine.hayashi@ccjl.ca).

Elle nous les présente comme des jeunes joyeux, participatif et curieux de tous. Cependant, ayant des troubles intellectuels, ils ont de la difficulté parfois avec la notion de faire attention. Comme il a été dit, ils sont curieux et touchent à tout notamment aux étiquettes de chandail. Il va donc falloir faire attention à ce qui pourrait dépasser de notre système et attirer l'attention.

Quand on intervient avec ces jeunes, on vise l'interaction positive (il faut...) au lieu de dire une interaction négative (il ne faut pas...). De plus, si on est dans l'obligation de faire une interaction négative, il faut expliquer pourquoi. Il faut toujours décrire et expliquer comment faire les actions, les diriger et les accompagner, car ils vont rapidement changer de route et tomber dans leur monde.

Aussi, ce sont des personnes qui ont généralement besoin d'assistance, le système n'aura donc pas besoin nécessairement de pouvoir être mis en mode autonome, mais ce sera un bonus.

L'objectif comme il a été dit est que ces élèves (utilisateurs) puissent utiliser le système dans un intervalle de 20 minutes à une heure dépendamment de l'intensité souhaitée de vibration, car ils ne peuvent pas nécessairement le garder longtemps. Ainsi, pendant un concert, ils peuvent ressentir les grands moments.

#### *Présentation des idées*

Après avoir discuté pour connaître les contraintes liées à chaque utilisateur, nous avons présenté les trois idées principales retenues à savoir le bracelet spatial, la ceinture de cowboy et le chandail.

Pour le bracelet et la ceinture, notre cliente nous a signalé son inquiétude vis-à-vis du fait qu'il serait trop accessible à ces étudiants qui risqueraient plus facilement de l'endommager.

Elle avait aimé l'idée d'avoir le capteur de son à part du système de vibration réduisant le poids sur les épaules des jeunes, mais pas plus, elle ne semblait pas faire un point d'honneur à ce que ce soit absolument comme cela. Elle est très ouverte à nous laisser carter blanc temps et aussi longtemps que l'on respecte les limitations liées à ses jeunes.

De plus, elle nous a présentés à deux intervenantes avec qui les jeunes interagissent. Il a été intéressant de discuter avec elles, car elles sont elles aussi sourdes, mais suffisamment présentes d'esprit pour nous donner leur opinion, ce qui était impossible avec les jeunes.

On leur a présenté les concepts qui ont été présentés à Katherine et elles nous ont fait une rétroaction sur leur point de vue de personnes vivant ces difficultés. En effet, quand on a présenté

les endroits où l'on voulait mettre les moteurs de vibration, elles nous ont signalé que les endroits où il risquait de plus les ressentir étaient en haut de l'abdomen au niveau du cou, clavicules et omoplates. Notamment, Ariane aimait bien le son et la vibration du « mmh ». Aussi, avec le tube d'Ariane, on doit éviter des ceintures ou autres qui pourraient entrainer une gêne à cet endroit.

## 4.2 Conception détaillée

### 4.2.1 Boite capteur de son

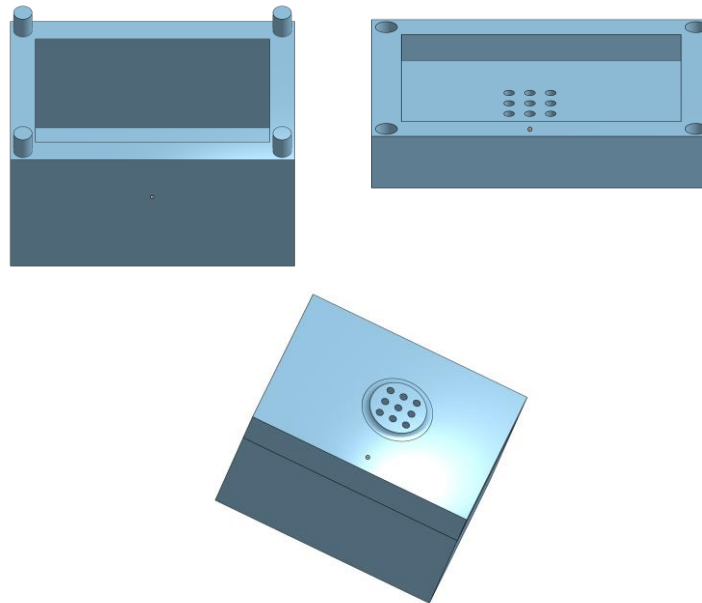


Figure 17 : CAO de la boîte capteur

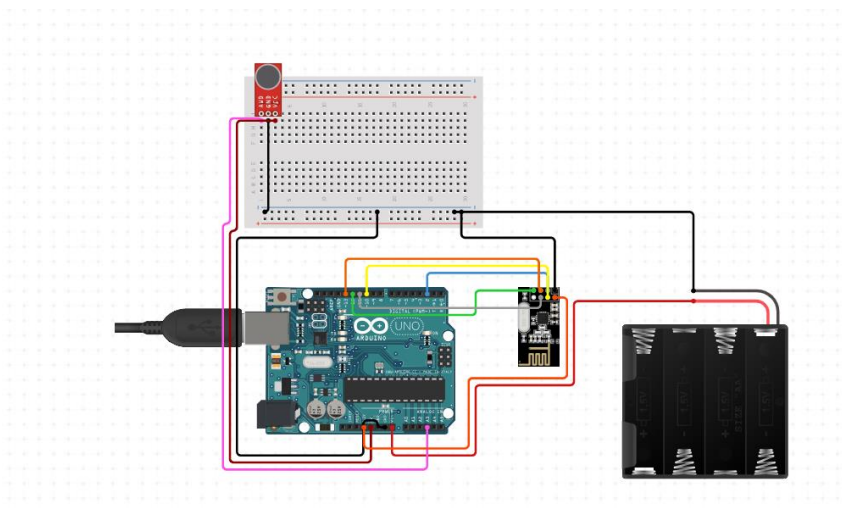


Figure 18 : circuit dans la boîte moteur

### *Description sous-systèmes*

#### 1. la boîte

Cette boîte sera soit imprimée en 3D, soit créée avec la découpe laser, selon ce que nous trouvons préférable. L'impression 3D nous donnera un modèle très solide et fiable, mais cela prendra beaucoup de temps. De plus, des problèmes peuvent facilement apparaître lors de l'impression 3D, contrairement à la découpe laser.

Cette boîte pourra être ouverte lorsque nécessaire afin de changer la batterie du circuit. Les trous et piliers sur les côtés de la boîte lui permettront de se fermer solidement. Nous allons nous assurer que ce mécanisme soit assez solide et robuste pour un usage régulier. Les trous qui se trouvent sur le dessus permettront au microphone de bien capter le son auquel il est exposé, tout en le protégeant de quelconques risques externes. Le microcontrôleur, l'émetteur RF et toutes les autres composantes se trouveront cachés et protégés par un matériau souple et absorbant, comme de la mousse. Les ondes RF peuvent traverser le plastique et le bois, donc nos deux possibilités de matériaux ne sont pas un problème.

#### 2. Le circuit

Une simulation réalisée sur Circuito permet de visualiser le branchement des composants nécessaires au fonctionnement de la boîte microphone. Tout d'abord, un capteur de son est utilisé pour capter les variations sonores et les convertir en signaux numériques, permettant ainsi à l'Arduino de les traiter. Ensuite, un module RF est employé en tant que transmetteur pour envoyer ces informations à la boîte Moteur. Des batteries de 9V sont intégrées pour alimenter l'Arduino, la boîte comprendra un interrupteur qui permet de couper le courant si l'utilisateur souhaite éteindre le dispositif. Enfin, un Arduino Uno est sélectionné comme microcontrôleur principal, permettant de gérer l'ensemble des composants.

Le code Arduino suivra la structure habituelle, incluant l'inclusion des bibliothèques nécessaires pour le module RF et le capteur de son, la déclaration des pins, l'initialisation du module RF dans la fonction setup (), et la boucle principale dans la fonction loop() qui lira la valeur du capteur de son, l'enverra via le module RF, puis attendra (delay) avant la prochaine lecture.

Ce dessin permet de visualiser le montage des composants essentiels pour le fonctionnement du deuxième circuit. Ce dernier comprend quatre moteurs vibrants, qui ont une intensité ajustable (ils ont un pin input comparé au moteur classique) ce qui leur permettra de vibrer en fonction de l'intensité de la musique et donc en fonction des informations reçues. Pour alimenter ces composants, une pile de 9V est incluse dans le circuit. Un Arduino Uno est également intégré en tant que microcontrôleur pour gérer les opérations et contrôler les moteurs. De plus, un module RF est utilisé comme récepteur pour recevoir les signaux transmis par le premier circuit.

Dans la conception du code Arduino, les bibliothèques nécessaires pour le module RF seront incluses, les pins seront déclarés, et la communication avec les moteurs vibrants sera configurée dans la fonction setup(). La boucle principale dans la fonction loop() attendra la réception des données RF et déclenchera les moteurs vibrants en conséquence.

#### 4.2.2 Harnais vibrant

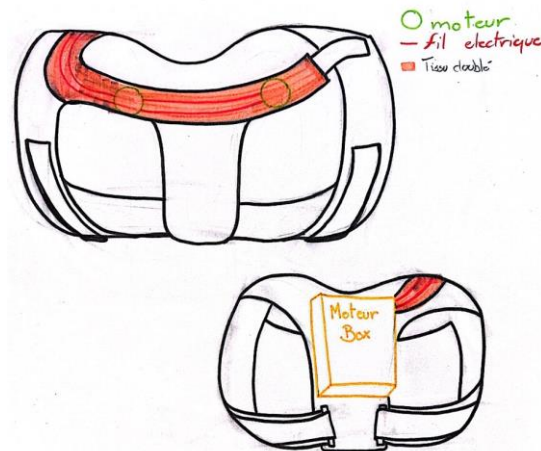


Figure 19 : Mise en place du harnais



Figure 20 : Harnais utiliser pour le prototype



### *Description sous-systèmes*

Le système servant à soutenir les moteurs et la boîte est représenté par les images ci-dessus. On partira d'un système similaire à celui d'un redresseur de position pour avoir la base qui s'ajuste grâce à des velcros au niveau des épaules, cela permettra à des personnes de différentes tailles de pouvoir le mettre. On ajoutera certains éléments à cela. Premièrement, il faut ajouter la boîte Moteur qui est expliquée en plus grande précision dans la section 4.2.3 qui suit. Celle-ci sera fixée avec l'aide de fil et de petit trou sur le harnais. Pour plus de solidité, on évaluera si d'autres éléments de soutien sont nécessaires.

Deuxièmement, l'ajout le plus important est la bande de tissu qui fait épaule à l'épaule et qui contient les moteurs qui vibrent. On a l'objectif de mettre 2 moteurs dans cette bande dépendant de l'intensité de celui-ci. Pour offrir un meilleur soutien au moteur, un fil de semi-souple sera ajouté de chaque côté de la bande dans une doublure. Cette bande de tissu comportera deux épaisseurs pour enfermer les composantes et que les jeunes n'y ont pas assez facilement. La bande de tissu se fixe de la même manière que l'ajustement avec des velcros au niveau de l'épaule, un des côtés étant complètement fixé au harnais avec des coutures. Elle sera faite de coton, car après discussion avec des personnes compétente (Justine) et recherches<sup>19</sup>, quand on utilise des composantes électriques et des tissus ensembles, ce qu'il faut, c'est surtout éviter les tissus synthétiques car ce sont eux qui prennent en feu plus facilement. De plus, pour optimiser notre système, les composantes directement attacher au tissu pourrait entrer dans la catégorie de « wearable technologie in smart clothes »<sup>20</sup>. Aussi, ils peuvent être optimiser avec des coutures qui se connecte avec du fil conducteur ou autre et des composantes adapter pour cela comme ce que la compagnie Adafruit fait. Il y a de l'information sur la technologie que l'on peut porter sur de nombreux site :

<https://www.fierceelectronics.com/sensors/smart-textiles-provide-better-way-to-connect-wearable-sensors>

---

<sup>19</sup> (Adafruit, 2024)

<sup>20</sup> (Mulko, 2021)

### 4.2.3 Boite Moteur (sur le Harnais)

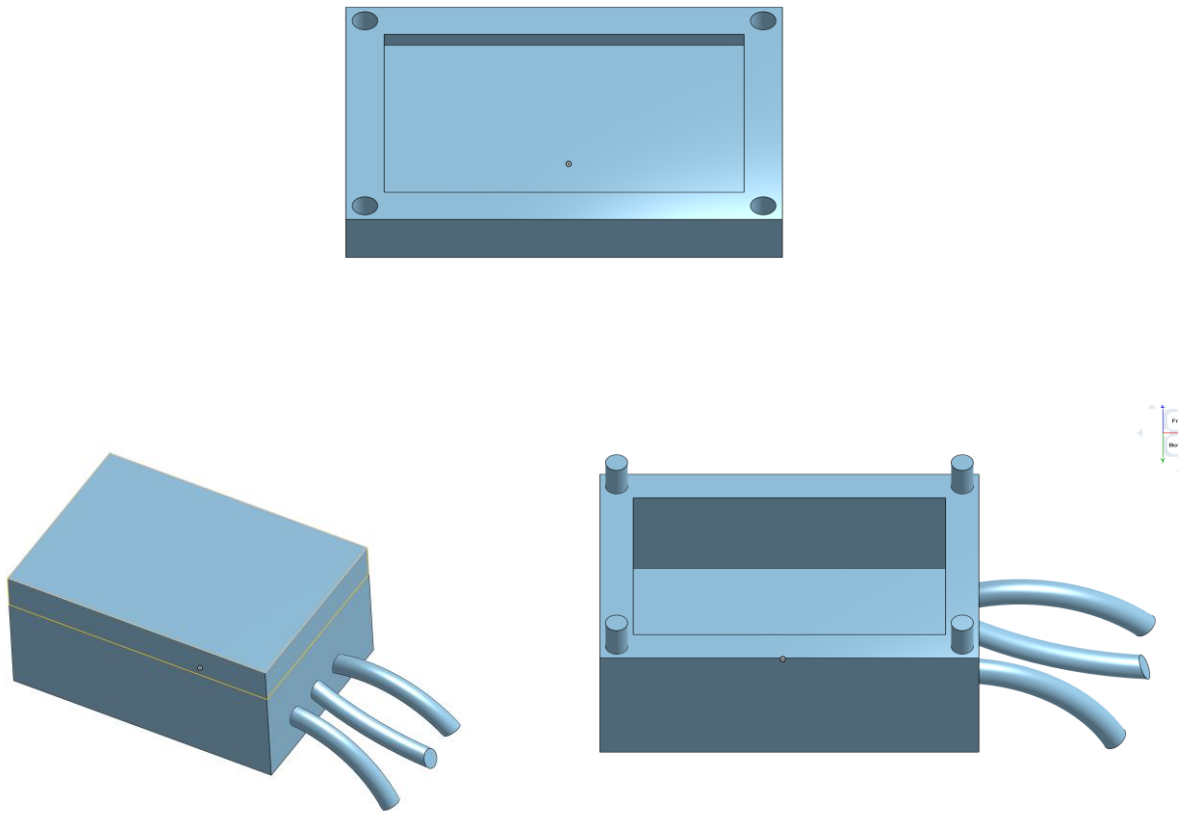


Figure 21 : CAO pour la boite Moteur

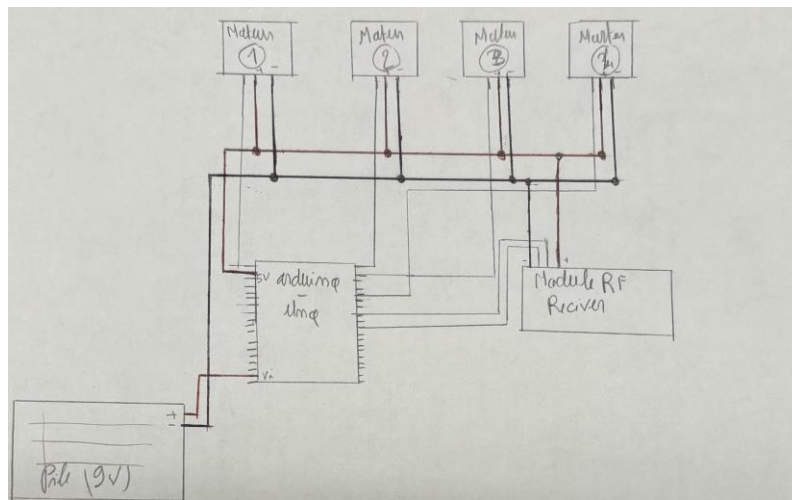


Figure 22 : Circuit dans la boite Moteur

### *Description sous-systèmes*

#### 1. La boîte

Cette boîte sera soit imprimée en 3D, soit créée avec la découpe laser, selon ce que nous trouvons préférable. L'impression 3D nous donnera un modèle très solide et fiable, mais cela prendra beaucoup de temps. De plus, des problèmes peuvent facilement apparaître lors de l'impression 3D, contrairement à la découpe laser.

Cette boîte pourra être ouverte lorsque nécessaire afin de changer la batterie du circuit. Les trous et piliers sur les côtés de la boîte lui permettront de se fermer solidement. Nous allons nous assurer que ce mécanisme soit assez solide et robuste pour un usage régulier. Les fils qui sortent du modèle représentent les fils qui seront reliés aux moteurs qui se trouvent sur le harnais. Le microcontrôleur, l'émetteur RF et toutes les autres composantes se trouveront cachés et protégés par un matériau souple et absorbant, comme de la mousse. Les ondes RF peuvent traverser le plastique et le bois, donc nos deux possibilités de matériaux ne sont pas un problème.

#### 2. Le circuit

Ce dessin permet de visualiser le montage des composants essentiels pour le fonctionnement du deuxième circuit. Ce dernier comprend quatre moteurs vibrants entrant dans la catégorie de « wearable technologie » pour faciliter la mise en place, qui ont une intensité ajustable (ils ont un pin input comparé au moteur classique) ce qui leur permettra de vibrer en fonction de l'intensité de la musique et donc en fonction des informations reçues. Pour alimenter ces composants, une pile de 9V est incluse dans le circuit. Un Arduino Uno est également intégré en tant que microcontrôleur pour gérer les opérations et contrôler les moteurs. De plus, un module RF est utilisé comme récepteur pour recevoir les signaux transmis par le premier circuit.

Dans la conception du code Arduino, les bibliothèques nécessaires pour le module RF seront incluses, les pins seront déclarés, et la communication avec les moteurs vibrants sera configurée dans la fonction setup (). La boucle principale dans la fonction loop() attendra la réception des données RF et déclenchera les moteurs vibrants en conséquence.

## 4.3 NDM

Tableau 14 : Nomenclature des matériaux

#	Nom de l'item	Description	Quantité	Cout unitaire	Cout étendu	Lien	
1	Velcro	Fixation et ajustement à la taille du système	1	1,25	Gratuit	<a href="#">Bande auto-agrippant</a> (Dollorama)	
2	Harnais	Élément de base servant à fixer la partie moteur	1	9,99	9,99	<a href="#">Harnais de prototypage</a> (Amazon)	
3	Tissu	Nécessaire pour la doublure protégeant les composantes électriques et faire la bande de tissu additionnel	1	19,99	Gratuit	<a href="#">Tissu de coton</a> (Amazon)	
4	Fil métal semi-souple	Utilisation dans la bande de tissu ajoutée au harnais pour un meilleur soutien des moteurs (surface plus solide)	1 mètre	19,99 \$ pour 15 m	Gratuit	<a href="#">Fil de métal</a> (Amazon)	
5	Moteur vibrant PMW	Composant nécessaire pour la boîte Moteur	5	2,34	11,69	<a href="#">Moteur vibrant</a> (Amazon)	
6	RF Transmitter (Receveur émetteur)	Composant RF du circuit capteur et du circuit moteur permettant aux deux Arduino des circuits de communiquer les données	2	0,83	1,66	<a href="#">RF Transmetteur</a> (Alibaba)	
7	1 -Piles + Battery Holder	Sers à alimenter les deux circuits.	2	9,99	20	<a href="#">Support à Batterie</a> (Amazon)	
8	Pile AA 9 V	À mettre dans le support pour alimenter le système	2	3.20	Gratuit	<a href="#">Pile 9V AA</a> (Amazon)	
	-2 Microphone + ADC	Sers à écouter au son. Vu que l'on ne sait pas la sensibilité du microphone.	À déterminer	16	16 * n	<a href="#">Microphones</a> (Amazon)	
	Arduino nano	Contrôle chaque composante et activation du programme de conversion et transmission	2	15,25	30,50	<a href="#">Arduino Nano</a> (makerstore)	
	Boîtes Plastiques 3D	Contiens les composantes électriques	2	Gratuit	Gratuit	Makerspace	
	Potentiomètre	À régler l'intensité des moteurs	1	4,20	4,20	<a href="#">Potentiomètre</a> (eBay)	
	Driver Motor	À Contrôler les moteurs, chaque driver motor contrôle que 2 moteurs	2	1,95	3,90	<a href="#">Driver Motor</a> (eBay)	
					Total	97,95	

## 4.4 Préparation

### 4.4.1 Compétence nécessaire

Rappelons que notre proposition de valeur est une technologie de pointe permettant une reproduction de qualité des sons en vibrations. Pour un tel projet, nous avons identifié en plus de la gestion de projet et des compétences douces, quatre (4) compétences techniques indispensables à savoir la mise en place de circuits électriques, la connaissance des propriétés mécaniques des matériaux, la modélisation 3D et la simulation de systèmes électriques/électroniques.

En termes de ressources humaines, notre équipe est dotée d'un mix de compétences qui a des notions fondamentales sur tous les sujets cités précédemment. Nous regorgeons en notre sein des étudiants en génie électrique, en physique et en génie mécanique.

En termes de ressources financières, nous disposons d'un budget 100 \$ que nous arrivons jusque-là à gérer grâce à nos connaissances en économie de l'ingénierie. Cependant, vu la technicité du projet, nous projetons certainement des dépassements de budget que nous avons en interne sous fonds propres vu l'impact social de ce projet. Ce serait la contribution additionnelle financière de l'équipe de conception pour une cause noble.

En ce qui concerne les ressources informationnelles, nous entretenons fréquemment des rencontres client et des revues de conception en vue d'en apprendre davantage sur notre projet et réduire les incertitudes pour une solution finale qui réponde aux attentes de notre cliente.

Pour finir avec les ressources matérielles, nous disposons au sein de l'université d'Ottawa d'une variété d'équipements et de machines pour mener à bien ce projet. Notre solution finale ne présente pas pour l'instant des besoins qui sortent du cadre des ressources dont nous disposons. Ci-après une liste non exhaustive de quelques équipements à notre disposition :

Tableau 15 : liste de matériel et logiciel nécessaires au prototypage

Liste d'équipement (Matériel)	Description	Type	# du prototype	Source
Imprimante 3D	Pour la fabrication des boites (à voir)	Matériel temporaire	3	MakerSpace
Coupe Lazer	Pour la fabrication des boites (à voir)	Matériel temporaire	3	MakerSpace
Multimètre	Pour tous les tests liés aux composants et à l'énergie nécessaire (voltage)	Équipement	2	MakerLab
Plaque de prototypage	Pour les tests liés au prototype 2 et les circuits électriques	Matériel temporaire	2	MakerLab
Ordinateur	Pour effectuer les tests et programmer les Arduino	Équipement	1,2,3	Personnel
Liste Logiciel				
Logiciel de conception (onShape)	Pour créer notre modèle en 3D qui sera convertie en modèle physique	Logiciel	3	<a href="https://www.onshape.com">https://www.onshape.com</a>
Logiciel Matlab	Pour tester les circuits électriques et le signal RF	Logiciel	1	Le logiciel Matlab sur nos ordinateurs personnels
Excel	Pour les calculs (et NDM)	Logiciel	-	Le logiciel Excel sur nos ordinateurs personnels
Circuito	Pour la simulation du circuit	Logiciel	1,2,3	<a href="https://www.circuito.io/">https://www.circuito.io/</a>

#### 4.4.2 Plan de prototypage et hypothèse de travail

Il y a plusieurs parties du système et des sous-systèmes qui posent beaucoup de questions sur le fonctionnement du système et les sous-systèmes. Nous avons fourni des hypothèses sur le fonctionnement de plusieurs choses dans la conception détaillée, mais il reste maintenant à vérifier si le tout fonctionne, voici une liste exhaustive de tout ce qu'il y a à vérifier ainsi que la séquence de prototypage à faire :

### 1. Boite Capteur

L'hypothèse est que le système RF de transmission fonctionne et transmet le signal sur une grande distance malgré les obstacles (à vérifier en vrai et en simulation).

L'hypothèse est que la batterie nécessaire est une pile AA 9V

L'hypothèse est que le microcontrôleur permettra de transformer les ondes sonores en ondes mécanique malgré les bruits intrus grâce à des bibliothèque déjà existante<sup>21</sup>

L'hypothèse est que les microphones fonctionnent avec le Arduino

L'hypothèse est que la grosseur de la boîte permettra de contenir toutes les composantes et l'accessibilité facile à ceux-ci en cas de besoin

### 2. Boite Moteur

L'hypothèse est qu'il faudra 4 moteurs au endroits stratégique pour faire vivre une situation sensoriel minimum.

L'hypothèse est qu'il faudra un contrôleur de moteur pour les 4 moteurs

L'hypothèse est que la batterie nécessaire est une pile AA 9V

L'hypothèse est que la grosseur de la boîte permettra de contenir toutes les composantes et l'accessibilité facile à ceux-ci en cas de besoin.

### 3. Harnais

L'hypothèse est que le tissu à utiliser est le coton, car il est naturel, facile à utiliser et peu dispendieux

L'hypothèse est que le système de velcro fonctionne et sera suffisant pour tenir le harnais et toutes les composantes en place

L'hypothèse est que les coutures sur la boîte Moteur seront suffisantes pour soutenir la boîte

Tableau 16 : Plan de prototypage 1

Prototypes				Tests			
N°	Type	Objectif	Fidélité	Objectif	Méthode	Résultat	Durée
1	Analytique ciblé	Apprentissage et vitesse du circuit électrique	Faible	Vérifier la liaison entre toutes les composantes du système électrique	En utilisant Matlab, on va simuler le circuit électrique	On veut voir si le circuit est réalisable dans le transfert de RF	1 semaine (5 février au 11 février)

<sup>21</sup> (Arduino, s.d.)

Tableau 17 : Plan de prototypage 2

Prototypes				Tests			
N°	Type	Objectif	Fidélité	Objectif	Méthode	Résultat	Durée
2	Physique ciblé	Compréhension et performance du circuit de la partie capteur	Moyenne	Vérifier le fonctionnement et la distance d'émission du Système RF	Avec une plaque de prototypage et les composantes, nous allons essayer de créer un lien entre le capteur et le receveur	Notre but est de tester l'efficacité, la précision, et la distance maximale de transmission possible	2 semaines (17 au 27 février)
				Vérifier le fonctionnement du branchement et des microcontrôleurs dans le circuit	Avec une plaque de prototypage et les composantes, en ayant construit le circuit, on va tester expérimentalement le fonctionnement du microcontrôleur	On veut voir si le microcontrôleur est fiable et s'il est efficace	2 semaines (17 au 27 février)
				Calculer le voltage nécessaire et le nombre de batteries pour que le système du capteur fonctionne	Nous allons, en utilisant des calculs mathématiques, vérifier la durée de vie de la batterie et la quantité nécessaire	On veut voir si la durée de vie de la batterie est assez longue et la quantité nécessaire	2 semaines (17 au 27 février) *calcul fait pour le 19 (avant pour voir ce qui est nécessaire)
				Vérifier si le microphone est fonctionnel et branché avec quoi pour bien fonctionner	Avec une plaque de prototypage et les composantes, nous allons tester l'efficacité et la qualité du microphone avec un simple circuit	Le but est de vérifier que le microphone est à la hauteur de nos exigences	2 semaines (17 au 27 février)
3	Physique ciblé	Compréhension et performance du circuit de la partie moteur	Moyenne	Déterminer le programme et les bibliothèques nécessaires au transfert du son en vibration	On va créer le programme et le tester avec les composantes	Le but est de déterminer si le code permet au système de fonctionner	2 semaines (17 au 27 février) *calcul fait pour le 19
				Déterminer l'intensité des moteurs afin de déterminer le nombre nécessaire et les emplacements	Avec une plaque de prototypage et les composantes, on va tester les moteurs avec un simple circuit	On veut vérifier s'ils sont efficaces, et tester leur intensité pour vérifier que les enfants vont bien les sentir	2 semaines (17 au 27 février)
				Déterminer les branchements nécessaires pour que le contrôleur de moteur soit efficace au maximum	Avec une plaque de prototypage et les composantes, on va tester le contrôleur des moteurs avec les moteurs	L'objectif est de vérifier son bon fonctionnement et son efficacité	2 semaines (17 au 27 février)
				Calculer le voltage nécessaire et le nombre de batteries pour que le système du moteur fonctionne	Avec une plaque de prototypage et les composantes, nous allons, en utilisant des calculs mathématiques, vérifier la durée de vie de la batterie et la quantité nécessaire	On veut voir si la durée de vie de la batterie est assez longue et la quantité nécessaire	2 semaines (17 au 27 février) *calcul le 17 (avant pour voir ce qui est nécessaire)



Tableau 18 : Plan de Prototypage 3

Prototypes				Tests			
N°	Type	Objectif	Fidélité	Objectif	Méthode	Résultat	Durée
4	Physique ciblé	Mesure et compréhension de la boîte pour la partie capteur	Haute	Déterminer la grandeur de la boîte capteur et les trous nécessaires au circuit	On va créer notre boîte avec la méthode la plus appropriée (impression 3D, découpe laser)	Le but est d'avoir une boîte assez grande, solide, et efficace	1 semaine (4 au 15 mars)
				Déterminer l'assemblage final du circuit capteur dans la boîte et la disposition des composantes	On va assembler le microcontrôleur, le microphone, la batterie, et l'émetteur RF pour créer notre circuit	L'objectif est d'avoir un prototype physique qui fonctionne sans problème et qui peut être intégré à la boîte	1 semaine (4 au 15 mars)
5	Physique ciblé	Mesure et compréhension de la boîte pour la partie moteur	Moyenne	Déterminer la grandeur de la boîte Moteur et les trous nécessaires au circuit et au support	On va créer notre boîte avec la méthode la plus appropriée (impression 3D, découpe laser)	Le but est d'avoir une boîte assez grande, solide, et efficace	1 semaine (4 au 15 mars)
				Déterminer l'assemblage final du circuit Moteur dans la boîte et la disposition des composantes	On va assembler le microcontrôleur, le contrôleur des moteurs, les moteurs, et le receveur RF pour créer notre circuit et voir les dimensions nécessaires pour la boîte de protection	L'objectif est d'avoir un prototype physique qui fonctionne sans problème et qui peut être intégré à la boîte	1 semaine (4 au 15 mars)
6	Physique complet	Compréhension et apprentissage sur la mise en place du harnais	Haute	Bande de tissu	Nous allons ajouter la bande de tissu après avoir effectué des recherches sur le type de tissu à utiliser et tester sa solidité et la mise en place en ajoutant un peu de colle sur le tissu et sur le harnais	Le but est de déterminer si cela tient toujours même en l'ayant sur une personne et si cela est stable malgré les mouvements. Aussi, de déterminer la	1 semaine (17 au 20 février)
				Boîte Moteur et composante	Ajouter la boîte Moteur au harnais et tester les moyens de la fixer. Une fois sûrs des circuits, nous allons ajouter les moteurs nécessaires aux endroits clés.	Vérifiez les fixations et l'accessibilité à la boîte se fait sans aucun risque avec l'utilisateur et l'utilisation	1 semaine (18 au 22 mars)
				Prototype final	Si le système est considéré comme suffisamment sécuritaire, nous allons aussi effectuer un test avec les personnes clés (les élèves).	Le but est de voir si la vibration des moteurs fonctionne malgré la pression et l'emplacement. Aussi nous voulons voir si le système fonctionne sur une personne.	1 semaine (18 au 22 mars)

Tableau 19 : Plan de contingence

<b>Risques</b>	<b>Plan de contingences</b>
<i>Transmission RF impossible</i>	Modification du système pour tout réunir sur le harnais
<i>Retards de livraison des matériaux</i>	Prévoir un plan B avec des matériaux accessibles mêmes si le rendu est différent. Faire des analyses analytiques en attendant. Modifier le plan de gestion.
<i>Imprimante 3D défectueuse</i>	Prévoir une autre imprimante de remplacement ou deux moments d'impression si le premier ne fonctionne pas
<i>Pièces non-adaptées (fragile ; dimensions...)</i>	Choisir des densités raisonnables pour les impressions et faire attention aux dimensions.
<i>Pièce commandée défectueuse</i>	Recommander la pièce ou trouver un système alternatif
<i>Mauvaise estimation des prix</i>	Mettre à jour la nomenclature des matériaux
<i>Surcharge de travail.</i>	Bonne répartition des tâches avec un suivi et travailler le plan de gestion de projet (click-up) constamment
<i>Démision d'un membre de l'équipe</i>	Répartition de ses tâches entre les membres restants

## 4.5 Plan de projet

Lien Click-Up vidéo:

<https://sharing.clickup.com/clip/p/t9017160598/61474a47-dab4-455c-91ed-df4590802614/screen-recording-2024-02-09-22%3A58.webm>

Image de Click-Up :

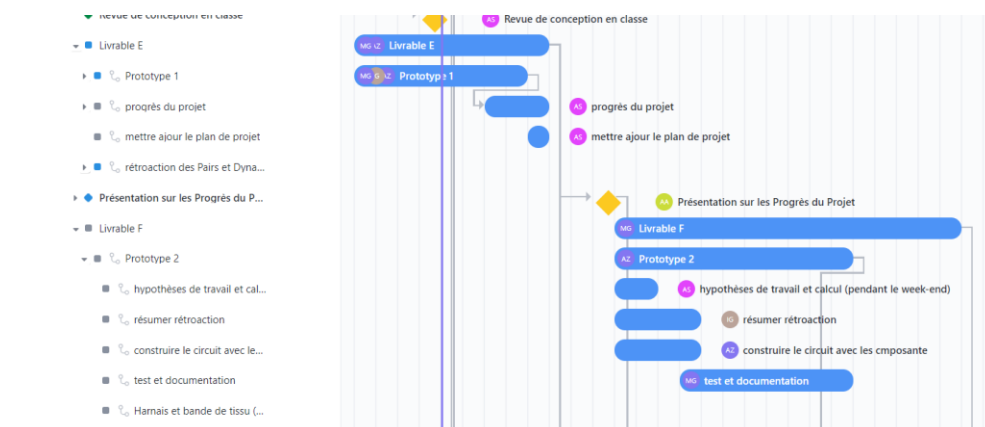


Figure 23 : Capture d'écran du site Click-Up 2

## Conclusions

Ce premier document a servi à ramasser le plus d'information possible sur la réalisation d'un système de vibration pour les sourds et, dans le cas de notre client, qui est aussi atteinte de déficience intellectuelle. Ainsi, on a commencé dans la première à partir par décrire les objectifs personnels de l'équipe sur la réalisation du projet avec les CPX et un modèle d'affaires. Une fois définie et le client rencontrés une première fois, nous avons commencé par compléter une liste de besoins qui ont mené aux spécifications du produit. Ces derniers ont aussi servi à faire un étalonnage technique de produit similaire et déjà existant sur le marché. Une fois une idée faite sur le marché, nous avons créé différents concepts préliminaires et échangé nos idées lors d'un remue-méninge pour arriver à trois choix à présenter au client pour une deuxième rencontre. Cette deuxième rencontre a permis de mettre en lumière d'autres problématiques et considérations à prendre en compte lié aux conditions de potentiels utilisateurs. Cela nous a amenés à créer, dans la dernière section, une conception détaillée de ce que nous allons concevoir dans le cadre de ce projet. Cette partie comprenait une description en image et texte du produit, une nomenclature des matériaux et un plan de prototypage.

Ce dernier document nous permet donc de commencer à tester les différents systèmes et sous-systèmes sur lesquels nous avons fait de nombreuses hypothèses de travail sur le fonctionnement de ce dernier. Ainsi, dans les semaines à venir, jusqu'au 4 avril, nous allons tester différentes parties. Celle qui nous servira à confirmer et modifier la conception détaillée jusqu'à avoir un prototype final fonctionnel.

Maintenant que l'on a notre idée de conception et qu'elle semble convenir au client, il reste juste à voir une chose : le produit fonctionnera-t-il ?

## Bibliographie

Adafruit. (2024). *LearnPage*. Récupéré sur Adafruit: <https://learn.adafruit.com/>

Arduino. (s.d.). *Libraries*. Récupéré sur Arduino: <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/>

CuteCircuit . (2023). *Soundshirt*. Récupéré sur CuteCircuit.com:  
<https://cutecircuit.com/soundshirt/>

Dal'Secco, E. (2016, avril 5). *Sourd : un bracelet pour communiquer par vibration*. Récupéré sur Handicap.fr: <https://informations.handicap.fr/a-bracelet-vibrant-surdite-8734.php>

Honda, T., Baba, T., & Okamoto, M. (2022, juillet ). *Antenna: Design and Social Implementation of Auditory Information Transmission Devices Using Tactile and Visual Senses*. Récupéré sur ReservhGate:  
[https://www.researchgate.net/publication/361676804\\_Antenna\\_Design\\_and\\_Social\\_Implementation\\_of\\_Auditory\\_Information\\_Transmission\\_Devices\\_Using\\_Tactile\\_and\\_Visual\\_Senses](https://www.researchgate.net/publication/361676804_Antenna_Design_and_Social_Implementation_of_Auditory_Information_Transmission_Devices_Using_Tactile_and_Visual_Senses)

Kjær, B. &. (s.d.). *Mesure de vibration*. Récupéré sur bksv.com:  
<https://www.bksv.com/fr/knowledge/blog/vibration/human-frequency-vibration#:~:text=La%20premi%C3%A8re%20recommandation%20internationale%20publi%C3%A9e%20concernant%20les%20vibrations,sensible%2C%20%C3%A0%20savoir%201%20Hz%20%C3%A0%2080%20Hz.>

Mulko, M. (2021, décembre 16). *What is Smart Clothing Technology and How Does it Work?* Récupéré sur Interesting Engineering: <https://interestingengineering.com/innovation/what-is-smart-clothing-technology-and-how-does-it-work>

Neosensory. (s.d.). *Neosensory Buzz*. Récupéré sur neosensory.com: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/<https://neosensory.com/wp-content/uploads/2020/10/Neosensory-Buzz-Tech-Sheet.pdf#:~:text=Neosensory%20Buzz%20Technical%20data%20sheet%20Band%20Weight%20-,operating%20temp%20%28C%29%2060%20Water%20resista>

Pujol, R. (2018, juin 6). *Champs Auditif humain*. Récupéré sur cochlea:  
<https://www.cochlea.org/entendre/champ-auditif-humain#:~:text=L%27oreille%20humaine%20capte%20des%20niveaux%20d%27intensit%C3%A9%20acoustique%20compris,fort%20qui%20puisse%20%C3%AAtre%20support%C3%A9%20par%20l%27oreille%20humaine.>

Rogeret, C. (2019, mai 25). *Sourds : des caissons vibrants pour ressentir la musique* . Récupéré sur Handicap.fr: <https://informations.handicap.fr/a-sourds-caissons-vibrants-musique-11906.php>

S.A. (2024, janvier 24). *Indice de protection*. Récupéré sur Wikipedia :  
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Indice\\_de\\_protection](https://fr.wikipedia.org/wiki/Indice_de_protection)

Usabilis. (2018, juillet 2). *définition de usabilité et utilisabilité* . Récupéré sur Usabilis:  
<https://www.usabilis.com/definition-utilisabilite-usabilite/>