

GNG1503

Rapport Final du Projet de Conception

[POMPE ARTERIELLE]

Soumis par:

[THE V PUMP, FC04, ÉQUIPE 4]

[CHEIKH MAKHFOUS,8757339]

[RONEL ADJAGBONI, 300090024]

[MAYAR WASSEL, 300068413]

[OMAR LARAQI LHOUSSEINI, 7984531]]

[PAUL-HERVE ANOUGBA, 300094943]

[MEMBRE DE L'ÉQUIPE, N° D'ÉTUDIANT]

15/04/19

Université d'Ottawa

Résumé

Un agent médico légal de la police d'Ottawa du nom de monsieur Ugo, nous a demandé à l'équipe FC04 du cours de génie de conception GNG1103 de concevoir une pompe artérielle sanguine peu coûteuse, portable et ayant un réservoir de 250 ml, capable de répliquer la circulation sanguine et les projections de perte de sang des artères coupées à des distances de 3-4 mètres. Ce dispositif va servir dans la reconstitution des patrons de scène de crime.

Les problèmes de conception sont généralement peu explicites, et n'ont pas une solution exacte. Pour donc résoudre ce problème, nous nous sommes servis de la pensée conceptuelle qui est une approche pour résoudre des problèmes de conception en comprenant les besoins du client et en développant des outils de conception nécessaires pour la résolution. Cette approche met l'accent sur l'empathie, le prototypage rapide et itératif.

A la fin, nous sommes parvenus à un produit final fonctionnel mais inachevé par faute de temps.

TABLE DES MATIERES

Résumé	i
Table des Matières	ii

Liste des Figures	iii
Liste des Tableaux	iv
1 Introduction	6
2 Identification des Besoins et Processus de Spécification du Produit	7
3 Conceptualisation	8
4 Plan du Projet, Suivi et Nomenclature des Matériaux	9
5 Analyse:	10
6 Prototypage, Essai et Validation du Client	11
7 Solution Finale	12
8 Conclusions et Recommandations pour Travaux Futurs	13
9 Bibliographie	14
APPENDICES	15
APPENDICE I: Manuel de l'Utilisateur	15
APPENDICE II: Fichiers de Conception	16

LISTE DES FIGURES

Figure I: Concept 1- Portabilite

Figure II: Concept 2- portabilite

Figure III: Concept 3- Portabilite

Figure IV: Concept 3- Tubes

Figure V: Concept 1- Reservoir

Figure VI: Concept 2- Reservoir

Figure VII: Concept 3- Reservoir

Figure VIII: Concept 1- Pompe

Figure IX: Concept 2- Pompe

Figure X: Concept 3- Pompe

Figure XI: Concept 1- Appareil circulatoire

Figure XII: Concept 2- Appareil circulatoire

Figure XII: Concept 3- Appareil circulatoire

Figure XIII: Concept 1- Fonctionnement general

Figure XIV: Concept 2- Fonctionnement general

Figure XV: Concept 3- Fonctionnement général

Figure XVI: Diagramme de Gantt

Figure XVII: Image du prototype initial

Figure XVIII: Image du prototype adaptée à la rétroaction du client

Figure XIX: Écran et branchements

Figure XX: Écran et branchements avec Clavier

Figure XXI: Disposition finale prévue

Figure XXII: Poche de la batterie

Figure XXIII: Branchements final avec le nouveau clavier

Figure XXIV: Disposition de l'écran et du clavier sur la montre

Figure XXV: Connexion des tubes à la pompe

Figure_XXVI: Prototype présenté lors du Design Day

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Interpretation des besoins

Tableau 2: Importance des besoin

Tableau 3: Conversion des besoins en criteres de conception

Tableau 4: Exigences fonctionnelles

Tableau 5: Exigences non-fonctionnelles

Tableau 6: Contraintes

Tableau 7: Modèles de Pompe avec spécifications cibles

Tableau 8: Etalonnage pour la pompe

Tableau 9: Résultats d'étalonnage

Tableau 10: Spécifications cibles- exigences fonctionnelles

Tableau 11: Spécifications cibles- exigences non- fonctionnelles

Tableau 12: Spécifications cibles- contraintes

Tableau 13: Concept 1- Tubes

Tableau 14: Concept 2- Tubes

Tableau 15: Étalonnage pour le choix de concept préliminaire

Tableau 16: Concept préliminaire choisi

Tableau 17: Plan du projet

Tableau 18: Coûts du projet

1 Introduction

Lors de la session d'hiver 2019, pour le cours de GNG 1503, la réalisation d'un projet nous a été confiée.

Ce projet vise à concevoir une pompe artérielle sanguine pour répliquer les projections de sang d'artères coupées à des distances de 3-4 mètres. Ce projet a débuté le 21 janvier lors de notre première rencontre avec notre client qu'était Monsieur Ugo, un agent médico-légal de la police d'Ottawa. Il a pris fin le 29 mars lors du design day.

Pour parvenir à la réalisation de ce projet, nous nous sommes servis des notions que nous avons acquises au cours et aux laboratoires, entre autre la pensée conceptuelle. Nous sommes partis de l'empathie jusqu'aux essais.

Dans la suite de document nous expliquerons les différentes étapes jusqu'à l'aboutissement de notre solution finale.

2 Identification des Besoins et Processus de Spécification du Produit

2.1 Interprétation des données

Énoncés du client	Besoins interprétés
Des batteries seraient utiles mais pas nécessaires	Fonctionnement à batteries
La pompe peut être portable ou pas	Pompe portative
Je dirai qu'un réservoir de 250 mL serait suffisant	La capacité du dispositif à propulser du sang

La pompe devrait avoir des artères de différentes tailles	La diversité de taille au niveau du diamètre des tubes
Le plus important est que la pompe fonctionne correctement	Un dispositif performant
Vous aurez un budget de \$100 à respecter	Le dispositif est peu coûteux
On aurait besoin d'une pompe qui puisse répliquer la circulation sanguine	Le dispositif est muni d'un circuit fermé comme celui des vaisseaux sanguins du corps humain.
Il faut que la pompe soit capable de réaliser des propulsions de sang à des distances de 3 à 4 mètres	Des distances de propulsions assez longues (3 à 4 mètres minimum)
On devrait pouvoir mesurer et contrôler la pression artérielle	La pression du dispositif peut être contrôlée

Tableau 1: Interpretation des besoins

2.2 Importance des besoins

Numero	Besoins interpretes	Importance
1	Fonctionnement à batteries	3
2	Pompe portative	2
3	La capacité du dispositif à propulser du sang	5

4	La diversité de taille au niveau du diamètre des tubes	5
5	Un dispositif performant	4
6	Le dispositif est peu coûteux	3
7	Le dispositif est muni d'un circuit fermé comme celui des vaisseaux sanguins du corps humain.	4
8	Des distances de propulsions assez longues (3 à 4 mètres minimum)	5
9	La pression et le rythme du dispositif peuvent être contrôlés	4

Tableau 2: Importance des besoins

2.3 Énoncé du problème

L'agent médico-légal de la police d'Ottawa a besoin d'une pompe artérielle à moteur, performante et facilement transportable, munie d'un circuit fermé semblable à l'appareil circulatoire, et étant capable de reconstruire des patrons sur les scènes de crime par simulation des propulsions de sang selon la pulsation (haute, basse ou moyenne).

2.4 Critères de conceptions

Numéro	Besoins interprétés	Critères de conception
1	Fonctionnement à batteries	Alimentation (Volts)
2	Pompe portative	Dimensions (m) / Poids (lb)
3	Le réservoir contient assez de sang pour réaliser une simulation des plus réalistes	Volume du contenant (mL)

4	La diversité de taille au niveau du diamètre des tubes	Diamètre des tubes (m)
5	Un dispositif performant	Durée de vie / Etanchéité de la pompe / Résistance.
6	Le dispositif est peu coûteux	Cout (\$)
7	Le dispositif est muni d'un circuit fermé comme celui des vaisseaux sanguins du corps humain.	Esthétique Assemblage
8	Des distances de propulsions assez longues (3 à 4 mètres minimum)	Distances de propulsion (m)
9	La pression et le rythme du dispositif peuvent être contrôlés	Rythme de la pompe / Pression artérielle (mm Hg) / Vitesse / Programmation / Sélection des valeurs

Tableau 3: Conversion des besoins en critères de conception

2.5 Exigences et contraintes

Ci-dessous est la liste des exigences fonctionnelles et non-fonctionnelles ainsi que les contraintes de notre projet. Certaines spécifications ont déjà été établis par notre client et d'autre par notre équipe.

Exigences fonctionnelles	Solution du client / d'équipe
Rythme de la pompe	60-150 bpm
Diamètre des tubes	4 - 10 mm

Pression artérielle (mm Hg)	60-180 mm Hg
Volume du contenant (mL)	250
Programmation	Arduino
Alimentation	Batterie
Vitesse	Fonction de la pression et du rythme
Fréquence des éjections (/s)	Fonction de la pression et du rythme

Tableau 4: Exigences fonctionnelles

Exigences non-fonctionnelles	Solution du client / d'équipe
Dimensions	Plus compacte que possible
Esthétique	Pas trop importante
Assemblage	Gilet
Durée de vie	2h pour une utilisation sans interruption (recharger la batterie ensuite)
Poids (lb)	Environ 10
Sélection des valeurs	Calculatrice
Résistance	Assez résistante aux chocs

Tableau 5: Exigences non-fonctionnelles

Contraintes	Solution du client / d'équipe
Coût	100\$ (client)
Temps	Journee de conception/ presentation finale

Tableau 6: Contraintes**2.6 Étalonnage****2.6.1 Pompe**

Nom / Spécifications	Modèle 1 (pompe péristaltique d'Angleterre)	Modèle 2 (pompe de Toronto)
Compagnie	Medela Freestyle Double Electric Breast pump	PP-101-SM Precision Peristaltic Pump
Coût (\$)	459.99	100+
Rythme de la pompe	45-120 cpm	300rpm
Pression	20-270mm Hg	750,062-2250,18 mm Hg
Volume du réservoir	150 mL	NA
Fonctionnement du système	Deux pompes électriques.	42 steppers Motors
Poids (g)	370g	NA

Tableau 7: Modèles de Pompe avec spécifications cibles**2.7 Évaluations des spécifications**

Chaque spécification est évaluée sur une échelle de 1 à 2 (valeur) pour déterminer qu'elle est le meilleur. (2 Fort, 1 Faible).

Nom / Spécifications	Modèle 1 (pompe péristaltique d'Angleterre)	Modèle 2 (pompe de Toronto)
Compagnie	Medela Freestyle Double Electric Breast pump	PP-101-SM Precision Peristaltic Pump
Coût (\$)	459.99	100+
Rythme de la pompe	45-120 cpm	300rpm
Pression	20-270mm Hg	750,062-2250,18 mm Hg
Volume du réservoir	150 mL	NA
Fonctionnement du système	Deux pompes électriques.	42 steppers Motors
Poids (g)	370g	NA

Tableau 8: Etalonnage pour la pompe

2.8 Résultats d'étalonnage

Après avoir priorisé les besoins, nous allons multiplier le poids (importance) de chaque spécification par sa valeur, puis nous allons faire la somme de ces valeurs pour chaque produit. Ensuite, nous comparerons la somme obtenue de chaque produit avec celle des autres produits.

Légende :

- 5 - Critique
- 4 - Tres desirable
- 3 - Bien mais n'est pas nécessaire
- 2 - Pas important

1 - Indesirable

Nom / Spécifications	Modèle 1 (pompe péristaltique d'Angleterre)	Modèle 2 (pompe de Toronto)	Importance
Compagnie	1	2	5
Coût (\$)	1	2	3
Rythme de la pompe	1	2	5
Pression	1	2	4
Volume du réservoir	1	2	5
Fonctionnement du système	1	1	5
Poids (g)	2	1	2
Total	31	51	

Tableau 9: Résultats d'étalonnage

3 Conceptualisation

3.1 Exigences et contraintes

3.1.1 Exigences fonctionnelles

Numero	Criteres de conceptions	Relation (=, < ou >)	Valeur	Unités	Méthodes de vérification
1	Alimentation	=	oui	s.o	essai
2	<ul style="list-style-type: none"> ● Dimensions ● Poids 	>=	10	lb	Appareils de mesure
3	Volume du contenant	=	250	ml	Appareils de mesure
4	Diamètre des tubes	=	Variable (4 a 10)	mm	Appareils de mesure
5	<ul style="list-style-type: none"> ● Durée de vie ● Etanchéité de la pompe ● Résistance 	= = =	Oui Oui Oui	Années S.o s.o	Essai Essai essai
6	Coût	< ou =	100	\$	Estimation Vérification finale
7	<ul style="list-style-type: none"> ● Esthétique ● Assemblage 	= =	Oui Oui	S.o s.o	essai
8	Distances de propulsion (m)	>	3	m	essai
9	<ul style="list-style-type: none"> ● Rythme de la pompe ● Pression artérielle 		variable	mmHg	essai

Tableau 10: Spécifications cibles- exigences fonctionnelles

3.1.2 Exigences non-fonctionnelles

Numero	Criteres de conceptions	Relation (=, < ou >)	Valeur	Unités	Méthodes de vérification
1	Durabilité	=	Oui	année	essai

2	Esthétique	=	Oui	s.o	essai
3	Unicité	=	Oui	s.o	analyse
4	Légèreté	<			analyse
5	Dimensions	=			analyse

Tableau 11: Spécifications cibles- exigences non- fonctionnelles

3.1.3 Contraintes

Numero	Criteres de conceptions	Relation (=, < ou >)	Valeur	Unités	Méthodes de vérification
1	Cout	<	100	\$	Estimation, Vérification finale
2	Temps	=	95	jours	Analyse

Tableau 12: Spécifications cibles- contraintes

3.2 Sous-systèmes

3.2.1 La portabilité

Ici, l'objectif est de résoudre le problème de portabilité du produit. Le dispositif étant voué à une utilisation qui requiert la mobilité, il est important de prendre en compte les critères de poids, entreposage et maniabilité.

1. Concept 1: Pompe ayant la forme d'une maison parallélépipédique

- **Esquisse:**

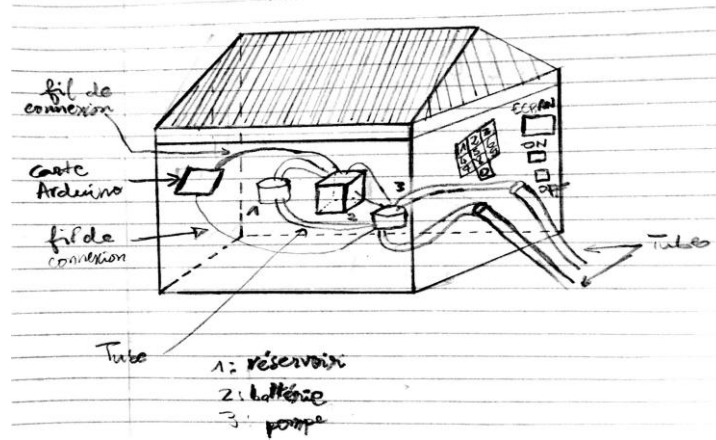


Figure I: Concept 1- Portabilité

2. Concept 2: Pompe en forme cylindrique

- Esquisse:

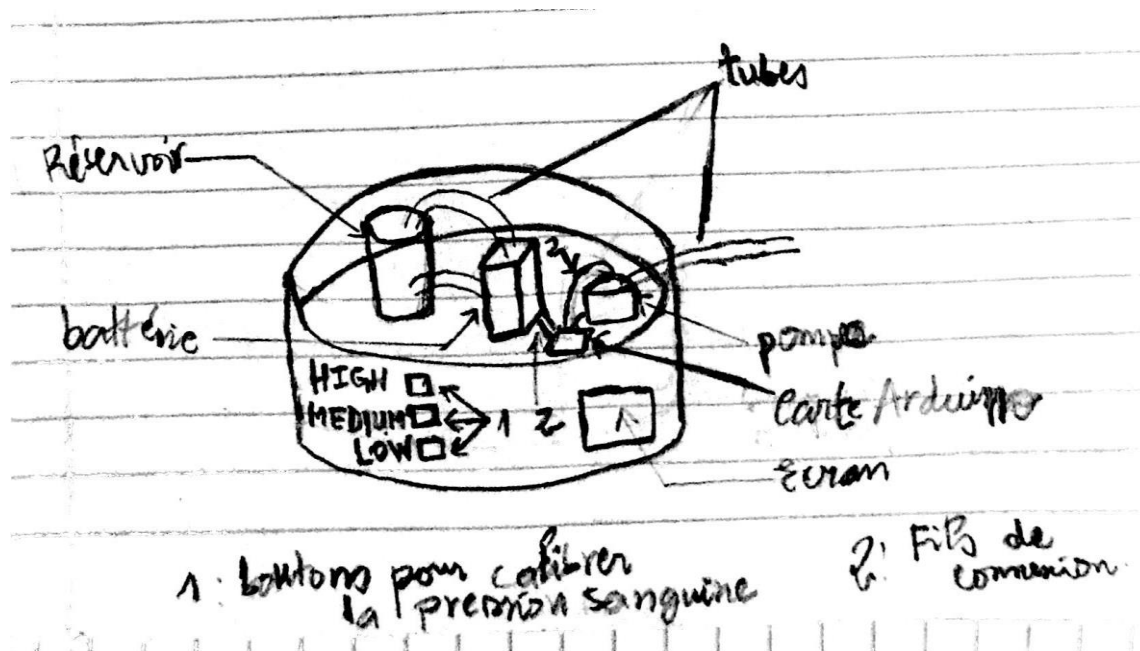


Figure II: Concept 2- portabilité

3. Concept 3: Pompe ajustée sur un gilet

- Esquisse:

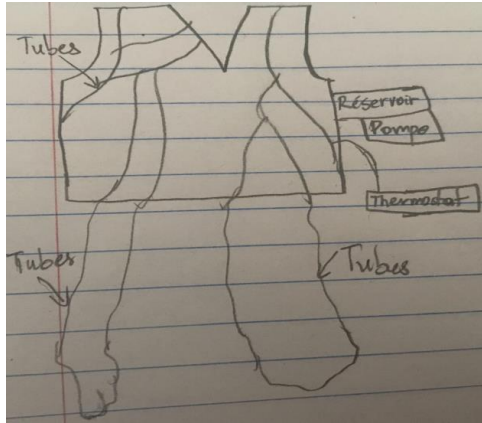


Figure III: Concept 3- Portabilité

- **Description:**

Le système sanguin sera monté sur un gilet ajustable. Les tubes seront fixés sur le gilet de telle sorte que même si l'utilisateur enlève le gilet, la position des tubes ne soit pas affectée. Le réservoir et la pompe seront insérés dans le gilet. Pour les vaisseaux sanguins en-dessous de la taille, des petites pinces permettent de fixer les tubes sur l'utilisateur.

3.2.2 Les tubes

Notre client a besoin de pouvoir reproduire des projections de sang artérielles de 3 à 4 mètres. Il souhaite avoir des tubes de différents diamètres qui représentent les artères de différentes grosseurs. Il veut aussi que les tubes soient interchangeables.

On proposera 3 concepts chacun prenant en considération le *diamètre*, l'*ouverture* et le *dommage aux tubes*.

Le sang provenant du réservoir sera pompé avec une certaine pression.

On sait que les diamètres normaux des artères des membres inférieurs varient de 4 mm à 24 mm. Cependant, notre client propose une gamme de 4 à 10 mm.

D'après la présentation du client, la grosseur de:

- l'artère poplitée varie de 4 à 6 mm;
- l'artère fémorale superficielle varie de 6 à 8 mm;
- l'artère fémorale commune varie de 7 à 9 mm; et
- l'artère iliaque externe varie de 8 à 10 mm.

Avec différents diamètres de tubes, on aura une variété de vitesse et de quantité de sang puisque ces dernières dépendent de la grosseur du tube et engendrent la distance de projection. En effet, plus le tube est petit, plus le sang circule à une vitesse élevée, mais sa quantité diminue, et plus sa distance de projection s'éloigne. Alors que, plus le tube est grand, moins le sang circule, mais sa quantité augmente, et moins sa distance de projection s'éloigne. Ce qui nous assure une variété de scénarios possibles.

1. Concept 1:

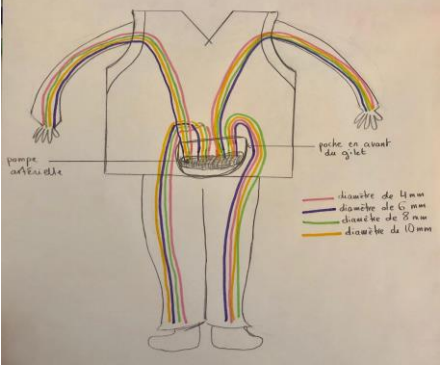
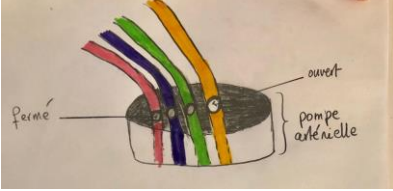
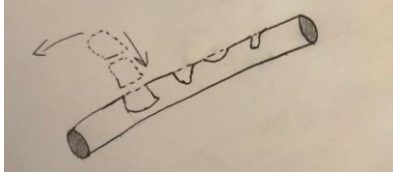
<i>Diamètre des tubes</i>	<i>Ouverture des tubes</i>	<i>Domage aux tubes</i>
 <p>— Diamètre de 4 mm — Diamètre de 6 mm — Diamètre de 8 mm — Diamètre de 10 mm</p>	 <p>● “Clou” qui pénètre ○ “Clou” enlevé</p>	
<p>La pompe artérielle est contenu dans une poche en avant du gilet. On aura 2 groupes de 4 tubes des diamètres choisis. Un groupe de 4 tubes passant par le bras et un autre passant par la jambe, et ceci sur chaque côté du corps humain (côté droit et gauche).</p>	<p>Les tubes sortiront par la pompe artérielle et seront manipulés par une simple ouverture. Ce sera comme un clou en plastique qui pénètre chaque tube. La personne pourra alors choisir le tube de diamètre souhaité juste en enlevant son “clou” correspondant (et bien sûr laisser les autres fermés) et le sang coulera alors.</p>	<p>Chaque tube aura plusieurs sections de formes différentes (dépendant de comment la victime a reçu le coup). Ces sections seront détachables. Comme ça, la personne pourra détacher la section souhaitée et le sang sera propulsé par cette section seulement, sachant que les autres sections seront intactes.</p>

Tableau 13: Concept 1- Tubes

Dans ce premier concept propose d’avoir 4 tubes de diamètres de 4 mm, 6 mm, 8 mm et 10 mm. En choisissant ces 4 différents diamètres de tubes (4, 6, 8 et 10 mm), on se rapproche de la réalité.

2. Concept 2:

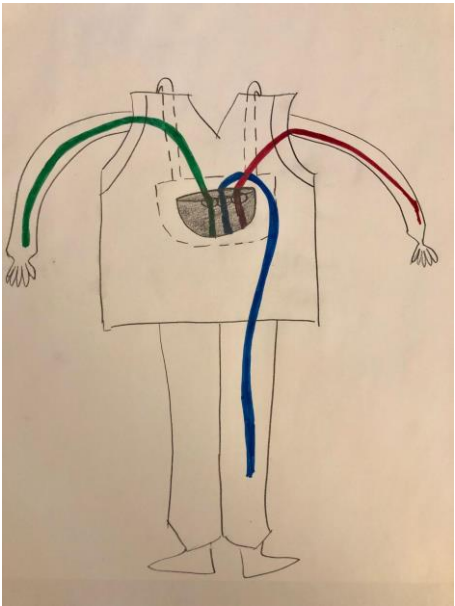
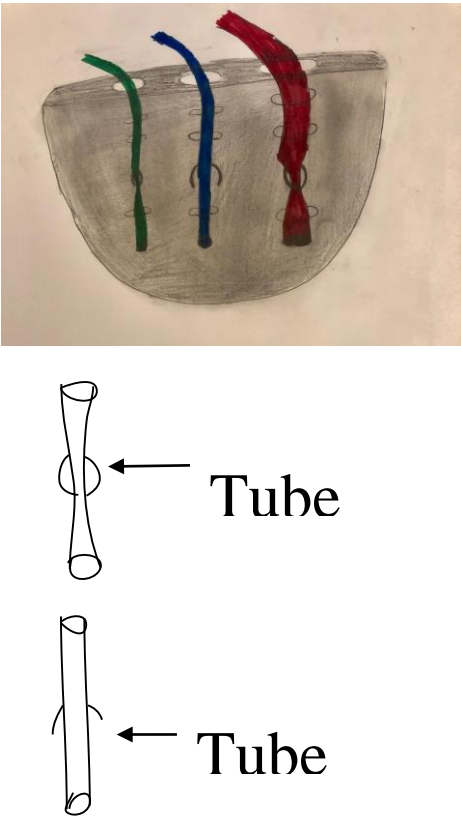
<i>Diamètre des tubes</i>	<i>Ouverture des tubes</i>	<i>Domage aux tubes</i>
 <p>— Diamètre de 4 mm — Diamètre de 7 mm — Diamètre de 10 mm</p>		
<p>La pompe artérielle est contenue dans une poche en arrière du gilet comme un sac à dos. On aura 3 tubes de diamètres choisis.</p>	<p>Un tube souhaité sera activé lorsqu'il est détaché de sa pince-attache: il sera relâché et le sang circulera alors. Comme ça, les tubes non souhaités seront serrés grâce à la pince-attache qui empêche le sang de circuler.</p>	<p>Ce concept donne la possibilité à la personne de sectionner son tube où elle le souhaite.</p>

Tableau 14: Concept 2- Tubes

Ce deuxième concept propose 3 tubes de diamètres 4 mm, 7 mm et 10 mm, qui représentent les paramètres standards: maximum, moyenne et minimum.

3. Concept 3:

- **Esquisse:**



Figure IV: Concept 3- Tubes

- **Description:**

Dans ce troisième concept, on s'inspire des deux premiers concepts.

La pompe artérielle est contenue dans une poche en avant du gilet: l'aide d'une autre personne à déplacer les tubes ne sera donc pas nécessaire.

Même si le dispositif ne comporte que 3 tubes de diamètres de 4 et 7 et 10 mm (respectivement: maximum, moyenne, minimum), la personne aura la possibilité de prendre si nécessaire des tubes de la réserve qu'on place dans la poche. Cette réserve comporte des tubes de diamètres de 5, 6, 8 et 9 mm. De plus, avec les valves installées, on peut reproduire des projections de sang d'une artère qui n'as pas été complètement sectionnée en l'ouvrant partiellement. On peut l'ouvrir complètement pour reproduire le cas contraire. De même, on peut l'ajuster comme l'on souhaite pour reproduire d'autres cas.

3.2.3 Le réservoir

1. Concept 1:

- **Esquisse:**

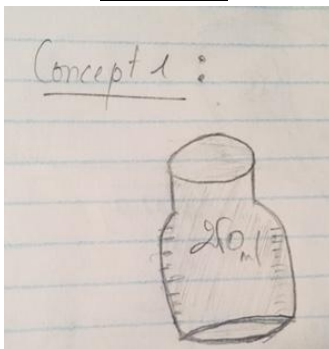


Figure V: Concept 1- Reservoir

- **Description:**

Dans ce concept notre objectif est de respecter l'un des critères essentiels pour le client : la capacité du réservoir. Un volume de 250 ml serait requis comme facteur premier pour le réservoir. On pencherait inévitablement pour un contenant ayant la nature d'une bouteille en plastique.

2. Concept 2:

- **Esquisse:**

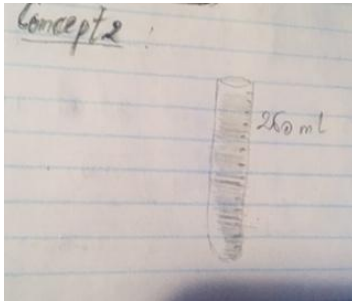


Figure VI: Concept 2- Reservoir

- **Description:**

On ferait une approche un peu plus réaliste et entrant en toute connivence avec la forme. Une fiole jaugée en plastique de 250 ml semble répondre un peu plus aux critères voulus.

3. Concept 3:

- **Esquisse:**

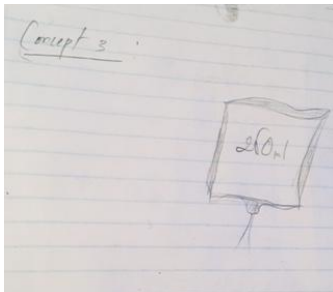


Figure VII: Concept 3- Reservoir

- **Description:**

Nous recherchons un contenant capable de répondre aux critères de la capacité volumique mais également épouser parfaitement la forme de notre support. En effet pour se dissimuler sans problème, il faudrait que le contenant puisse épouser les formes de notre gilet. Pour cela nous nous sommes inspirés des sachets en plastique utilisés dans les banques de sang. Ainsi nous aurons non seulement les critères liés à la capacité volumique, à l'étanchéité, mais surtout à la forme qui répond absolument aux normes tenues concernant la portabilité de notre dispositif.

3.2.4 La pompe

Concept 1: Pompe péristaltique

La pompe péristaltique est constituée d'une tête, le plus souvent de forme circulaire, à l'intérieur de laquelle se trouve un tube flexible où progresse le fluide à pomper. Ce tube est déformé par un rotor doté de rouleaux ou galets, qui le compriment contre la tête circulaire. Les galets qui obturent des portions du tuyau durant leur rotation vont déplacer le fluide retenu dans le même sens. L'aspiration du fluide à l'entrée de la pompe est possible du fait de l'élasticité du tuyau. (cf. wikipedia).

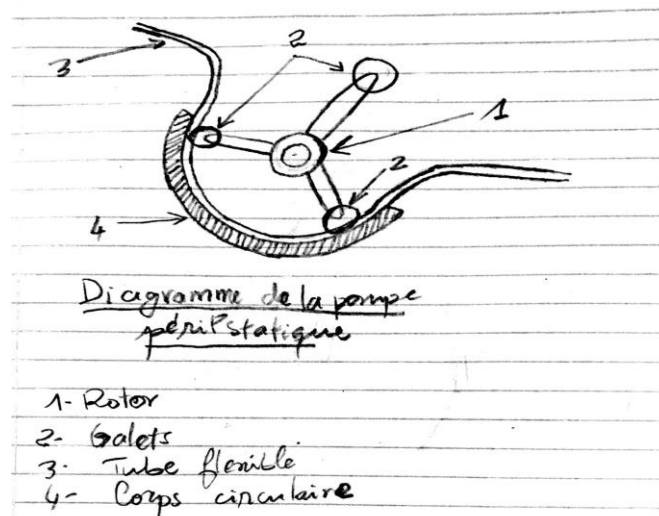


Figure VIII: Concept 1- Pompe

Concept 2: Pompe a engrenage externe

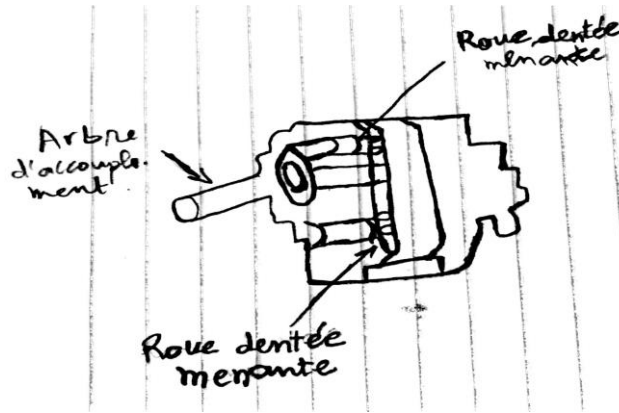


Figure IX: Concept 2- Pompe

Les pompes à engrenage externe tirent leur nom de la position de leurs roues dentées.

Ces roues sont placées l'une à côté de l'autre et s'engagent l'une dans l'autre par leurs dents se trouvant sur leur circonférence. Les pompes à engrenage externe comportent:

- une roue **dentée menée**
- La **roue dentée menante** reçoit son mouvement d'un moteur.

Ces roues tournent en sens opposé en s'engrenant l'une dans l'autre.

En face de l'orifice d'admission, les deux roues dentées se séparent en créant un vide partiel comblé par l'huile provenant du réservoir.

L'huile est ensuite transportée par les alvéoles formées par le creux des dents et le corps de la pompe.

Elle permet de transformer l'énergie mécanique de rotation en énergie hydraulique

Concept 3: Pompe a pistons radiaux

Une bielle-excentrique de forme particulière communique un mouvement alternatif aux pistons permettant ainsi les phases d'admission et de refoulement du fluide.

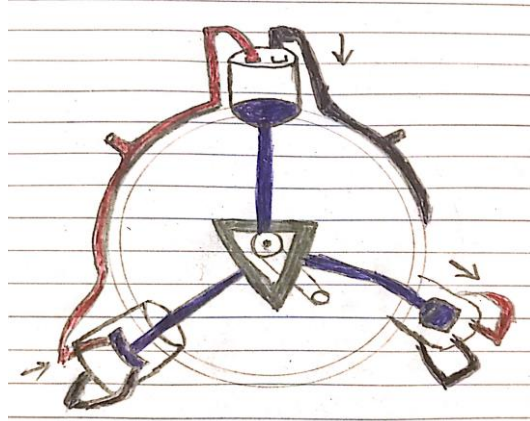


Figure X: Concept 3- Pompe

3.2.5 La réplique de l'appareil circulatoire

Pour ce sous-système, il est question du fonctionnement de la circulation du sang dans notre dispositif. Notre appareil devra répliquer la circulation sanguine en boucle comme dans l'organisme humain. Dans l'organisme humain la circulation est régie par les battements du cœur mais dans notre cas ce sera la pompe. A l'aide de valeur que nous rentrerons et traitée par le microprocesseur, la pompe exercera une pression. De ce fait nous proposons 3 concepts :

Concept 1 :

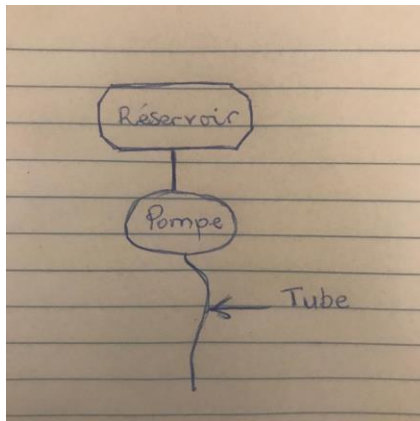


Figure XI: Concept 1- Appareil circulatoire

Ce concept étant le plus simple, nous utiliserons un tube pour relier la pompe au réservoir, et un autre tube qui servira à l'éjaculation du sang quand une artère est coupée.

Concept 2 :

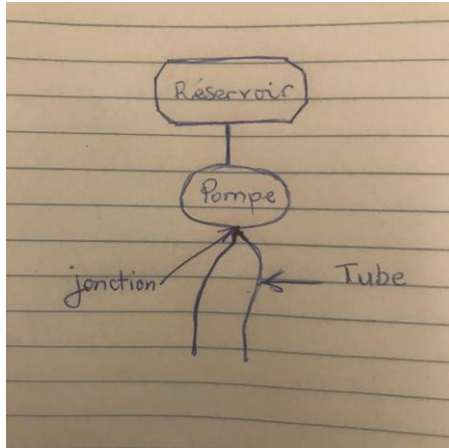


Figure XII: Concept 2- Appareil circulatoire

Ce concept est presque semblable au premier sauf que dans ce concept on dispose de deux tubes pour l'éjaculation du sang.

Concept 3 :

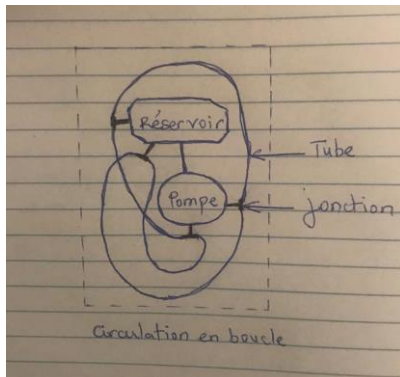


Figure XII: Concept 3- Appareil circulatoire

Ce concept met en avant la circulation sanguine en boucle dans notre dispositif. Nous utilisons plusieurs tubes reliés entre eux par des joints. En cas de section d'une artère il suffira de déconnecter un tube à l'endroit de la section de l'artère et l'éjaculation de fera.

3.2.6 Le fonctionnement general

Concept 1:

Dans ce concept, nous avons songé à l'utilisation d'une pompe manuelle (ventouse), un peu similaire au tensiomètre, qui permettrait de faire circuler le sang.

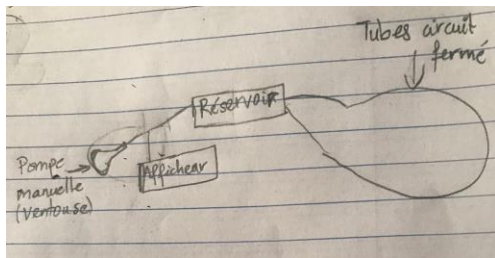


Figure XIII: Concept 1- Fonctionnement general

Dans les deux concepts suivants, nous avons choisi d'inclure les connaissances reçues jusqu'ici durant le cours. Notamment l'ajout d'un Arduino pour optimiser et faciliter le fonctionnement et l'utilisation du produit.

Le système sera composé d'un arduino et thermostat avec afficheur pour contrôler la pression artérielle et le rythme cardiaque. L'utilisateur pourra régler le rythme cardiaque et par ricochet la pression artérielle en fonction de la situation qu'il souhaite reproduire. Le signal électrique fourni par la batterie et transmis à la pompe sera donc converti en énergie mécanique et la pompe activera la circulation du sang.

Concept 2:

Dans cette région approche, l'ordinateur fera office de thermostat et d'afficheur

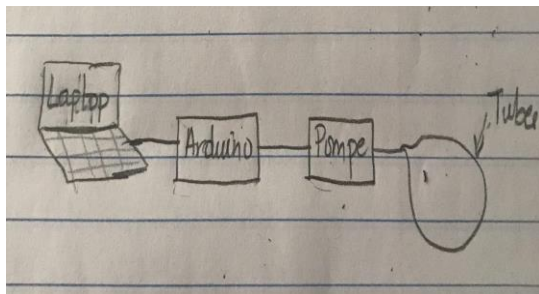


Figure XIV: Concept 2- Fonctionnement general

Concept 3:

Pour palier au problème de portabilité, nous avons songé à un thermostat qui sera fixable (telle une montre) au poignet de l'utilisateur. Le thermostat aura un écran qui permettra de lire la pression et le rythme cardiaque appliqué au système.

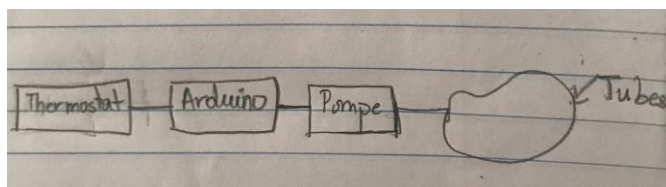


Figure XV: Concept 3- Fonctionnement général

3.3 Évaluations des spécifications

Vert: idée forte

Jaune: idée moyenne

Rouge: idée faible

	Prototype A	Prototype B	Prototype C
Portabilité	Pompe ayant la forme d'une maison parallélépipédique	Pompe en forme cylindrique	Pompe ajustée sur un gilet
Tubes	- 3 tubes de diamètres de 4 mm, 7 mm et 10 mm avec la réserve de tubes (5 mm, 6 mm, 8 mm et 9 mm) - Pompe placée en arrière du gilet ce qui implique l'aide d'une autre personne - "Pincettes" -	- 3 tubes de diamètres de 4 mm, 7 mm et 10 mm avec la réserve de tubes (5 mm, 6 mm, 8 mm et 9 mm) - Tubes avec valves - Tubes fixés et déplaçables grâce aux "pincettes" -	- 4 tubes (de diamètres de 4 mm, 6 mm, 8 mm et 10 mm), dirigés vers les 4 membres du corps humain - "Clou" enlevable pénétrant chaque tube pour bloquer la circulation sanguine - Différents types de sections détachables -
Réservoir	Réservoir en forme de bouteille en plastique	Réservoir en forme de sachet de sang.	Réservoir en forme de fiole jaugée.
Pompe	Pompe à engrenage externe	Pompe à pistons radiaux	Pompe peristaltique
Réplication de	Réplication avec un	Circulation non en	Circulation non en

l'appareil circulatoire	dispositif de circulation en boucle avec plusieurs tubes reliés par des joints	boucle, réplication à l'aide d'un tube	boucle, réplication à l'aide de deux tubes
Fonctionnement Général	Fonctionnement à l'ordinateur qui fera office de thermostat et d'un afficheur	Thermostat qui sera fixable (telle une montre) au poignet de l'utilisateur.	Fonctionnement d'une pompe manuelle (ventouse).

Tableau 15: Étalonnage pour le choix de concept préliminaire

3.4 Résultats

Solution retenue	Portabilité	Tubes	Reservoir	Pompe	Réplication de l'appareil circulatoire	Fonctionnement Général
Prototype alpha	Pompe ajustée sur un gilet	- 3 tubes de diamètres de 4 mm, 7 mm et 10 mm avec la réserve de tubes (5 mm, 6 mm, 8 mm et 9 mm) - Tubes avec valves - Tubes fixés et déplaçables	Réservoir en forme de sachet de sang.	Pompe peristaltique	Réplication avec un dispositif de circulation en boucle avec plusieurs tubes reliés par des joints	Thermostat qui sera fixable (telle une montre) au poignet de l'utilisateur.

Tableau 16: Concept préliminaire choisi

4 Plan du Projet, Suivi et Nomenclature des Matériaux

Avant toute implication, il est indispensable de mettre les choses au clair, de s'organiser et de définir les tâches et événements clés afin d'aboutir à un travail bien fait, non bâclé, et complet. Il s'agit de la planification.

C'est pour cela que nous serons amenés à développer un plan et un calendrier du projet pour nous assurer de pouvoir compléter nos trois prototypes d'ici la fin du semestre. Nous serons également amenés à fournir une estimation des coûts pour les matériaux et les composantes de notre projet.

4.1 Plan du projet

4.1.1 Liste des tâches

N	Description de la tache	Durée (En j)	Responsable	Prédécesseurs
1	Lister les tâches restantes	1	Toute l'équipe	
2	Établir un calendrier d'exécution	1	Toute l'équipe	1
3	Déterminer les pièces nécessaires pour le prototype 1 (dépourvu de composantes électroniques)	1	Toute l'équipe	2
4	Achat/Collecte des pièces	1	Léonarde	3
5	Réalisation du prototype 1	1	Toute l'équipe	4
6	Rédaction du livrable	3	Toute l'équipe	3, 4, 5
7	Rendu du livrable F: Prototype 1 et rétroaction du client	Echeance le 25/02/2019		6
8	Essai du prototype 1: améliorations et validation finale	1	Toute l'équipe	3, 4, 5, 6
9	Présentation du prototype 1 au client	1	Toute l'équipe	8
10	Conception du prototype 2 incluant les composantes électroniques	3	Toute l'équipe	11
11	Définir la liste du matériel requis pour le prototype 2	1	Cheikh et Ronel	9
12	Achat du matériel de programmation	1	Omar , Mayar et Ronel	10
13	Achat du matériel du système pour prototype 2	1	Mayar	12

14	Rédaction du programme Arduino pour le contrôle de la pression sanguine	4	Cheikh et Ronel	12
15	Vérification du programme par les assistants de l'enseignant	1		14
16	Construction du prototype 2 (dépourvu de la partie programmation)	1	Toute l'équipe	15
17	Analyse et autocritique du prototype 2	1	Toute l'équipe	16
18	Rédaction du livrable G	3	Toute l'équipe	17
19	Rendu du livrable G: Prototype 2 et rétroaction du client	Echeance le 04/03/2019	Toute l'équipe	18
20	Détermination des pièces nécessaires à l'amélioration du projet	1	Omar et Paul	19
21	Achat des pièces nécessaires pour le prototype 3 (si nécessaire)	1	Léonarde et Omar	20
22	Construction du prototype 3 (amélioration du prototype 2) Couture des différents composants dans le gilet	2	Leonarde et Mayar	23
23	Ajout de la programmation au prototype 3	2	Ronel et Cheikh	21
24	Tester le prototype 3	1	Paul,Cheikh er Ronel.	22
25	Rendu du livrable H: Prototype 3 et rétroaction du client	<u>Echeance le 24/03/2019</u>	Toute l'équipe	24
26	Améliorer la programmation	2	Ronel et Leonarde	24

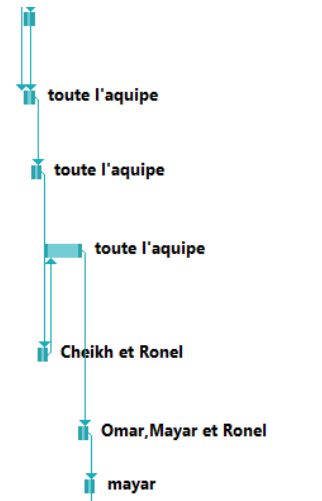
27	Présentation finale.		Paul et Omar	32
28	Rendu du livrable I: Matériels de présentation de la journée de conception	<u>Echeance</u> <u>le</u> <u>27/03/2019</u>	Toute l'équipe	26
29	Réunion du groupe pour se préparer à la présentation	2	Toute l'équipe	28
30	Rédiger le rapport J	4	Toute l'équipe	29
31	Rendu du livrable J: Présentation Finale	<u>Echeance</u> <u>le</u> <u>03/04/2019</u>	Toute l'équipe	30
32	Dernières réunions pour rédiger le rapport final du projet	5	Toute l'équipe	31
33	Rendu du livrable K : Rapport final	<u>Échéance</u> <u>le Jour de</u> <u>l'Examen</u> <u>Final</u> <u>(JEF)</u>		32

Tableau 17: Plan du projet

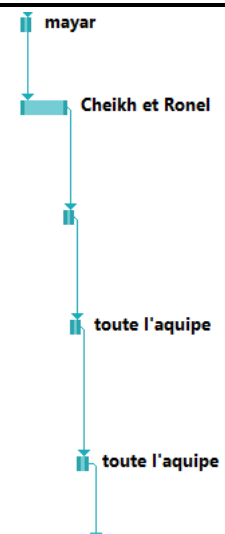
4.1.2 Diagramme de Gantt



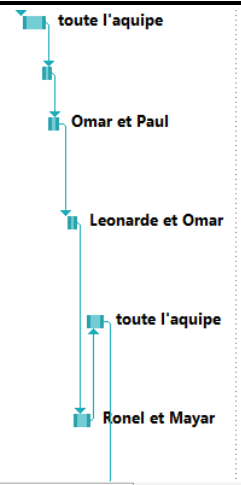
★	Rendu du livrable F: Prototype 1 et rétroaction du client	1 jr	Mar 26/02/19	Mar 26/02/19
★	Essai du prototype 1: améliorations et validation finale	1 jr?	Mar 26/02/19	Mar 26/02/19
★	Présentation du prototype 1 au client	1 jr	Mer 27/02/19	Mer 27/02/19
★	Conception du prototype 2 incluant les composants électroniques	3 jrs	Ven 01/03/19	Mar 05/03/19
★	Définir la liste du matériel requis pour le prototype 2	1 jr	Jeu 28/02/19	Jeu 28/02/19
★	Achat du matériel de programmation	1 jr	Mer 06/03/19	Mer 06/03/19
★	Achat du matériel du	1 jr	Jeu	Jeu



★	Achat du matériel du système pour prototype 2	1 jr	Jeu 07/03/19	Jeu 07/03/19
★	Rédaction du programme Arduino pour le contrôle du moteur	4 jrs	Jeu 07/03/19	Mar 12/03/19
★	Vérification du programme par les assistants de l'enseignant	1 jr	Mer 13/03/19	Mer 13/03/19
★	Construction du prototype 2 (dépourvu de la partie programmation)	1 jr	Jeu 14/03/19	Jeu 14/03/19
★	Analyse et autocritique du prototype 2	1 jr	Ven 15/03/19	Ven 15/03/19



★	Rédaction du livrable G	3 jrs	Lun 18/03/19	Mer 20/03/19	18	toute l'aquipe
★	Rendu du livrable G	1 jr	Jeu 21/03/19	Jeu 21/03/19	19	
★	Détermination des pièces nécessaires à l'amélioration du projet	1 jr	Ven 22/03/19	Ven 22/03/19	20	Omar et Paul
★	Achat des pièces nécessaires pour le prototype 3 (si nécessaire)	1 jr	Lun 25/03/19	Lun 25/03/19	21	Leonarde et Omar
★	Construction du prototype 3 (amélioration du prototype 2)	2 jrs	Jeu 28/03/19	Ven 29/03/19	24	toute l'aquipe
★	Ajout de la programmation au prototype 3	2 jrs	Mar 26/03/19	Mer 27/03/19	22	Ronel et Mayar



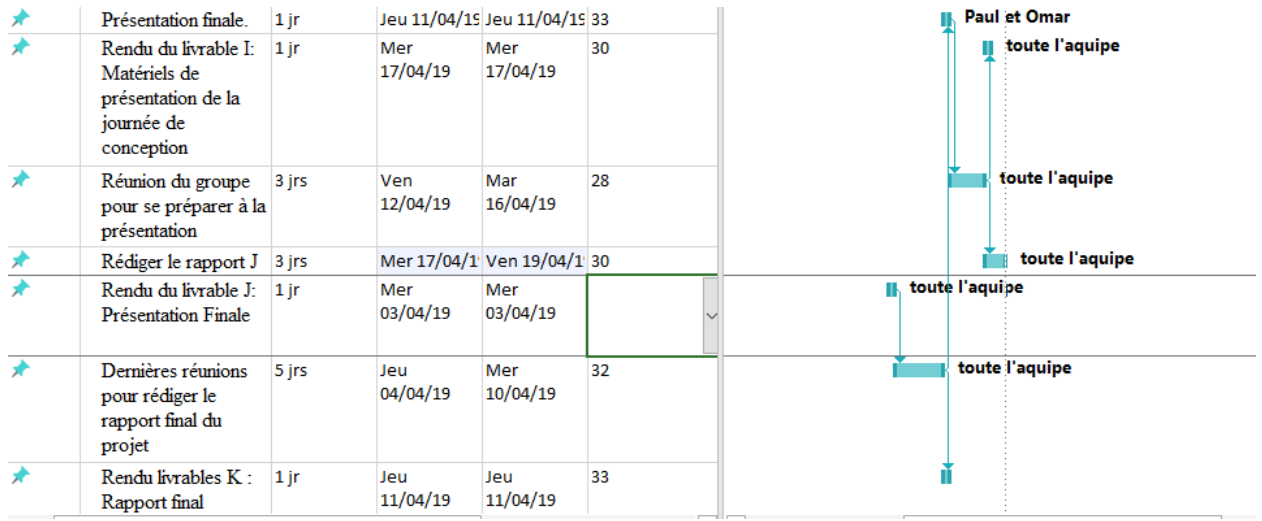


Figure XVI: Diagramme de Gantt

4.2 Coûts du projet

Numéro de l'article	Description	Quantité	Prix unitaire (\$)	Montant (\$)
1	Pompe à diaphragme	1	26.99	26.99
2	Ecran	1	10.15	10.15
3	Clavier	1	9.99	9.99

4	ENSEMBLE : Arduino + protoboard + Resistances + fils connecteurs + Cables + pin + mosfet	1	15.23	15.23
5	Tubes	3	6.66	19.98
6	Connecteurs de tubes	3	2.33	6.99
7	Batterie	1	20	20
8	Reservoir	1	5	5

Tableau 18: Coûts du projet

5 Analyse:

6 Prototypage, Essai et Validation du Client

Dans l'optique de nous rapprocher de plus en plus vers notre solution finale, nous avons eu à effectuer plusieurs prototypes tout le long du trimestre.

Prototype 1 et Analyse

Le prototype 1 nous a permis de proposer une bonne disposition de chaque composante du dispositif final (carte arduino, pompe, batterie, réservoir, tubes, ...) dans la boîte. Ainsi, à cette étape du projet, notre critère d'arrêt consistait en le fait qu'on puisse s'apercevoir que l'agencement de tous les éléments de la pompe, entre eu ainsi que dans la boîte, a été correctement réalisé. Nous avons utilisé à cet effet, des matériaux qui ne nous coûtent quasiment rien pour la réalisation de ce concept de base.

Suivant les recommandations du client, nous avons apporté à notre conception initiale des modifications, qui ont permis d'aboutir à la représentation suivante:

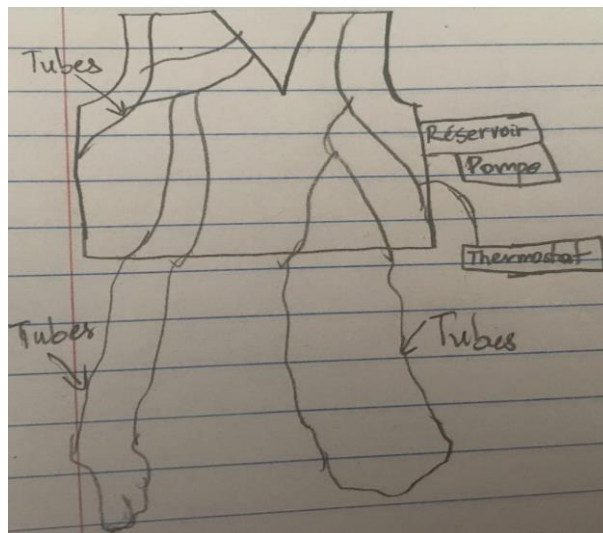


Figure XVII: Image du prototype initial

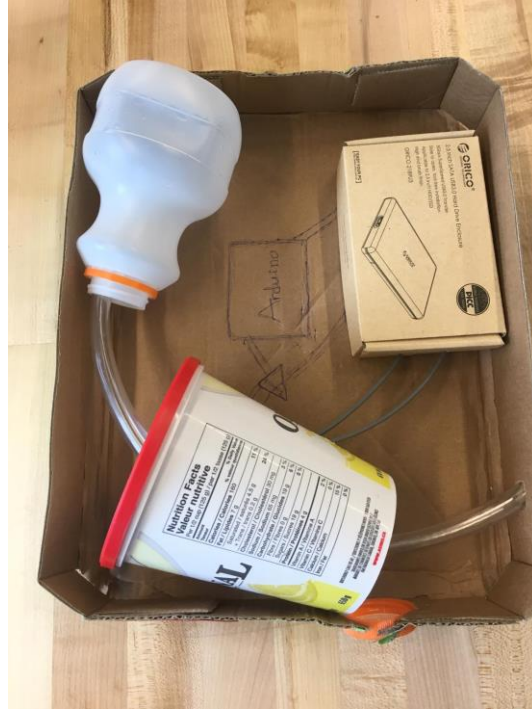
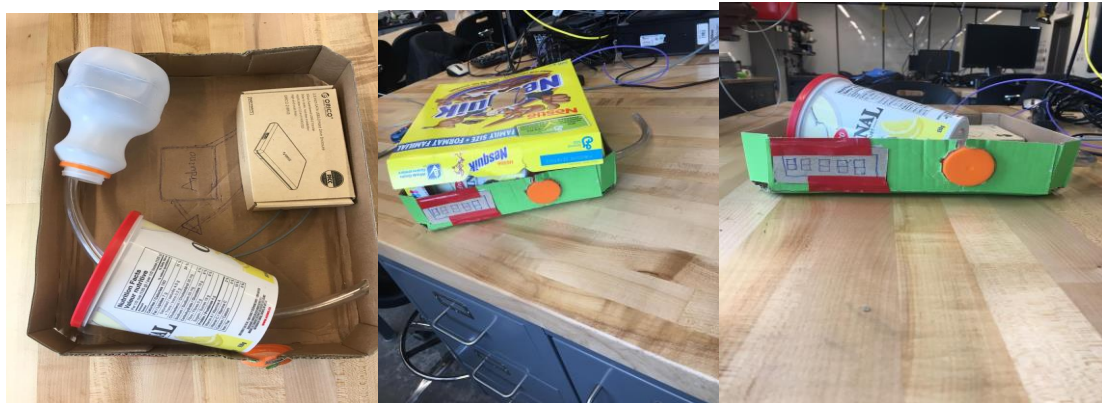


Figure XVIII: Image du prototype adaptée à la rétroaction du client



Analyse du prototype 1.

Le prototype 1 ainsi réalisé nous a permis de statuer sur les dimensions de notre produit final, sa cohérence, et surtout sa faisabilité. Notre système est compact et raisonnablement léger; il est amovible et fonctionne correctement.

Il correspond donc dans l'ensemble aux objectifs que nous avons fixés mais surtout à la rétroaction du client. Il nous servira à présenter de manière plus concrète et palpable notre concept au client.

Rétroaction client

Au cours de la rencontre précédente avec le client, le caractère innovant de notre prototype a été soulevé et fortement apprécié par le client. En effet, notre approche a été axée non seulement

sur l'efficacité, mais surtout sur la portabilité et même la facilité de manipulation du produit. Nous avons choisi de rendre notre pompe compact en installant tout le système sur un gilet, avec un choix de composante légères et performantes, ce qui facilitera alors la mobilité, la maniabilité et l'entreposage.

Le système serait composé d'un Arduino, d'une pompe, d'une interface permettant de contrôler les valeurs de pression artérielle et rythme cardiaque, de batteries, d'une poche de sang en guise de réservoir, de tubes interchangeables, et bien évidemment d'un gilet ajustable.

La pompe, les batteries, le réservoir et l'Arduino seraient des composantes internes au gilet, c'est-à-dire qu'elles seraient insérées et fixées dans la doublure du gilet de manière à assurer une bonne isolation; les tubes et l'interface quant à eux seraient extérieurs au gilet notamment fixés à la surface du gilet et au poignet de l'utilisateur respectivement. De cette manière, l'utilisateur aurait un choix plus large quant à la position qu'il souhaiterait adopter ou encore la distance qu'il souhaiterait parcourir.

Le client a cependant souligné le caractère osé de cette initiative en ce qu'il serait un peu plus complexe d'atteindre l'objectif de portée recherché, soit 3 à 4 mètres de distance. En effet le choix du gilet exigeait incidemment une sélection particulière de composantes sur les critères de poids, les puissances consommées et dégagées, et enfin et surtout le coût. Un budget plafonné à 100\$ rendait une telle réalisation quasiment impossible, sinon très complexe. De ce fait, nous avons apporté des modifications à notre prototype conformément aux commentaires apportés par notre client, notamment la suppression temporaire du gilet.

Prototype 2 et analyse

A l'étape actuelle de notre projet, cet essai nous permettra de nous assurer que notre sous-système critique de la solution finale (prototype 2), constitué de l'association des composantes réelles, fonctionnera correctement (tout en ayant à l'esprit notre contrainte budgétaire). Nous allons également vérifier le bon dimensionnement de notre système, monté avec certains constituants de la solution finale.

L'objectif phare est la rédaction d'un programme arduino adapté, afin de tester la fonctionnalité et la faisabilité des composants électroniques tels que le clavier, l'écran, d'une part de façon séparée et d'autre part lorsqu'ils sont interconnectés.

Notre deuxième prototype nous permettra entre autres de :

- Rédiger un programme arduino efficace afin de garantir la faisabilité de notre système;
- Vérifier le bon fonctionnement du sous-système électronique en s'assurant que les composantes électroniques (clavier, écran) marchent correctement aussi bien séparément qu'étant interconnectés;
- Justifier nos choix au client et s'assurer qu'ils répondent à ses besoins;
- Expliquer nos résultats et obtenir la rétroaction du client.

Le prototype II nous permettra de confirmer qu'on peut effectivement entrer des valeurs numériques de la pression et du rythme à partir du clavier, et que celles-ci s'affichent chacune sur les deux lignes de l'écran. En d'autres termes, l'utilisateur pourra être en mesure d'entrer les données souhaitées.

On pourrait s'attendre à plusieurs résultats possibles:

- Les paramètres: la pression et le rythme cardiaque entrés par l'utilisateur s'affichent correctement;
- Les valeurs rentrées par l'utilisateur ne s'affichent pas correctement ou pas du tout

Dans cette partie de notre projet, la validation du prototype se fait progressivement sur chaque étape. En d'autres termes, chaque étape d'assemblage pour la construction du prototype 2 sera conditionnelle à la validation de celui-ci. Notre plan de réalisation est tel que certaines étapes sont préalables à d'autres; de ce fait, la réalisation de ces étapes dépendra du fonctionnement de celles dont elles dépendent.

De manière générale, le critère de succès de notre prototype est l'affichage sur l'écran des paramètres P et R entrés par l'utilisateur à partir du clavier.

Le critère de faillite quant à lui est l'affichage de valeurs P et R différentes de celles entrées par l'utilisateur.

Execution de l'essai

Nous avons d'abord branché l'écran lcd tout seul à la carte arduino pour être convaincus qu'il fonctionnait parfaitement. Au bout de plusieurs essais, la solution à laquelle nous avons abouti est la suivante:

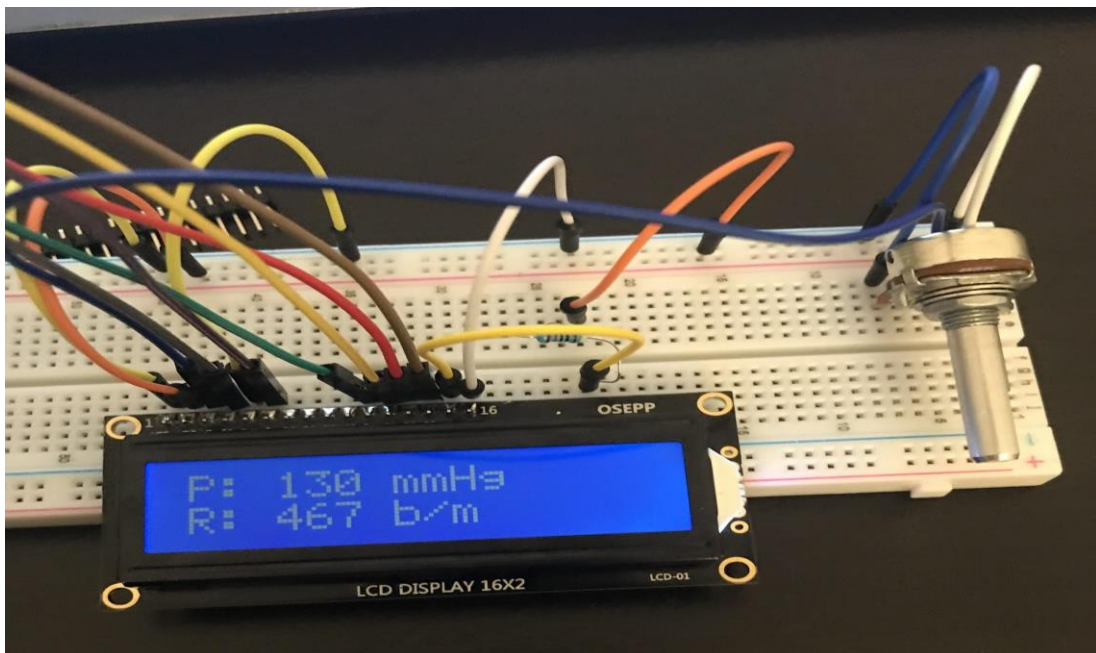


Figure XIX: Ecran et branchements

Par la suite, nous avons connecté le clavier 4*3 et l'écran lcd 16*2 sur l'arduino , à l'aide de notre breadboard pour vérifier que les deux fonctionnaient bien une fois associés.

Voici l'image illustrant cet essai:

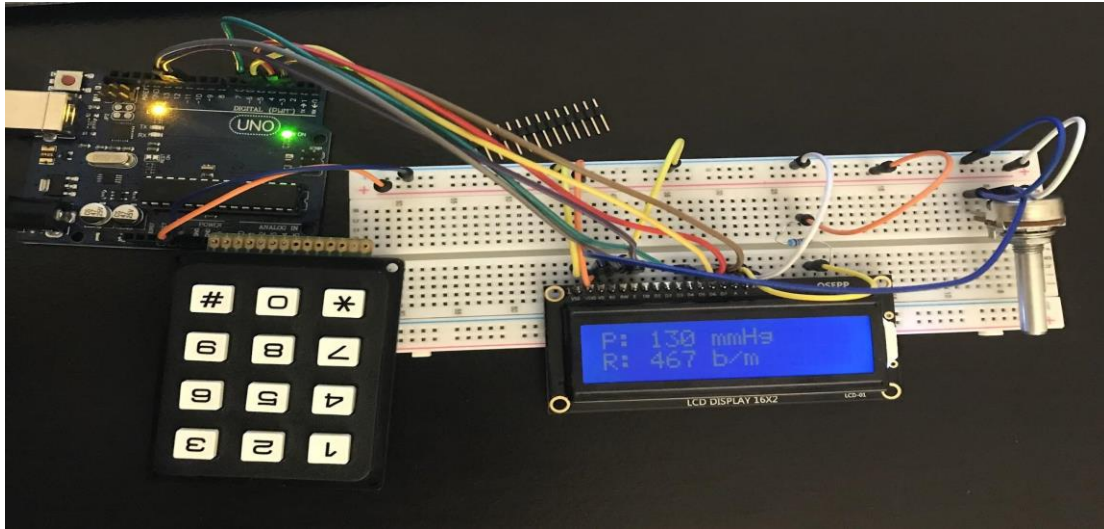


Figure XX: Ecran et branchements avec Clavier

Mesure des attributs importants, observation et enregistrement des résultats

Ainsi on entre la pression et le rythme a partir du clavier. Ces deux grandeurs s'affichent sur l'écran comme illustré plus haut. La touche "*" est utilisée pour 'reset' l'écran et la touche '#' pour effacer la touche précédemment appuyée.

Notons qu pendant le test de l'écran lcd uniquement, au départ l'écran s'allumait sans rien afficher. Cela est dû au fait qu'on avait pas utilise de résistance. On a donc mis une résistance de 10 kilo ohms en série pour limiter le courant afin de remédier à ce problème. Mais après ca, l'écran affichait seulement des carrés et non le message souhaité c'est à dire le rythme et la pression. Ceci était dû à un problème de téléversement après la compilation. En effet, on avait choisi un mauvais port série dans la partie 'Port série' de 'Outils' dans le Blink. On a donc configurer notre code sur le port "COM3" et la pression et le rythme se sont affichés.

Retroaction du client :

Notre dernière rencontre avec le client a porté sur la présentation de notre prototype 1, avec ses critères de validation et d'arrêt. Mais aussi, nous avons édifié le client sur les étapes à venir dans la conception de notre pompe, notamment le prototype 2 et ses attributs. Ainsi, le client a pu

découvrir les modifications apportées à notre concept conformément à sa rétroaction lors de la présentation du modèle initial.

En effet, le client nous avait fait mention de la complexité utile, mais pas nécessaire de notre idée de base: une pompe montée sur un gilet. Alors nous avons pour le prototype 1, simplifiée l'apparence de notre produit en le présentant dans une boîte rectangulaire à dimensions fixes. Nous avons cependant précisé lors de cette présentation que la boîte rectangulaire n'était qu'une substitution, car nous souhaitions premièrement avoir un produit final fonctionnel, puis esthétique.

Par la suite nous lui avons présenté les grandes lignes directrices de la construction de notre prototype 2, que sont une liste non exhaustive des composantes électroniques sélectionnées pour ladite construction, les critères d'arrêt et de validation, ainsi que le fonctionnement souhaité.

Cette initiative a été accueillie positivement par le client qui a souligné son excitation à découvrir notre produit final.

Prototype 3 et analyse:

Avec le troisième prototype, on peut s'assurer du bon fonctionnement de notre dispositif après avoir assemblé les différentes parties. Pour s'assurer du bon fonctionnement, nous pratiquons un essai. Cet essai vise à s'assurer que la pompe est prête à être utilisée et fonctionne correctement c'est-à-dire lorsqu'on la branche au breadboard sur lequel est aussi relié l'arduino, elle se met en marche et pompe l'eau selon les valeurs du rythme et de la pression entrées. La batterie sert d'alimentation. Pour cet essai, nous optons pour le prototype physique ciblé. Nous faisons ce choix parce que d'abord avec ce prototype on tend vers une approximation tangible du produit, et ce type favorise la mise en oeuvre de plusieurs ou de tous les attributs d'un produit, ce qui correspond à notre premier objectif spécifique.

Pour permettre à une tierce personne de nous de construire et d'essayer le prototype, nous allons suivre les étapes ci-après :

1. Réaliser les branchements des différentes composants entre eux sur le breadbord (voir image) ; les composants sont : un écran LCD 16*2, un breadbord, des fils de connexion, un transistor, 4 résistances, un clavier 4*4, 1 condensateur, une carte arduino, deux tubes (un du réservoir vers la pompe, l'autre de la pompe vers éjaculation) et une pompe à diaphragme, une batterie de 12V et de 7000 mAh.
2. Téléverser le programme informatique écrit sur la carte arduino : ce programme sert à l'utilisateur de pouvoir rentrer à l'aide d'un clavier des valeurs pour le rythme et la pression. Ces valeurs peuvent être lues sur un écran LCD. Pour se faire, appuyez la touche A sur le clavier pour entrer la pression et appuyez la touche D une fois la pression entrée pour valider; Appuyez de nouveau sur la touche B pour entrer le rythme et appuyez la touche D une fois le rythme entré pour valider. Pour restaurer l'écran, appuyez la touche *.
3. Disposez d'une batterie de 12 V et de 7000 mAh pour pouvoir alimenter les composants et la pompe. Connectez respectivement les bornes + et - de la batterie aux bornes + et - d'un connecteur d'alimentation femelle. Branchez alors la batterie à l'arduino pour alimenter le montage.

4. Connectez correctement les tubes à la pompe, de manière qu'il y ait un retour au réservoir, puis la sortie d'où est éjecté le sang.

Après avoir suivi ces étapes, la tierce personne devrait être à mesure de réaliser le prototype et faire l'essai.

Nous allons observer si la manière de disposer les éléments dans le gilet, choisie par le groupe est faisable ou présente des limites et des danger, puisque du point de vue électronique, le système fonctionne et arrive à faire les projections en fonction du rythme et de la pression sans être mis dans le gilet. On pourra donc documenter les dimensions cohérentes pour l'association des éléments dans le système ainsi que les améliorations à envisager pour la solution finale.

Pour ce prototype, après s'être assurés que le système est parfaitement opérationnel de tous les points de vue, nous allons les disposer dans le gilet. Dans le cas où l'assemblage dans le gilet ne sera pas faisable, on disposera notre système (déjà correctement fonctionnel) sur une plaque en bois ou en métal, comme nous en a fait part le client au sujet de ses exigences et de ses besoins.



Figure XXI: Disposition finale prevue



Figure XXII: Poche de la batterie

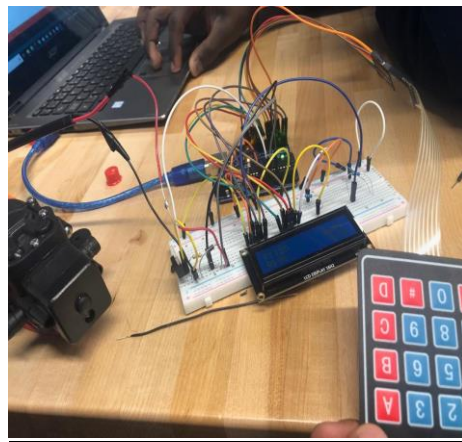


Figure XXIII: Branchements final avec le nouveau clavier



Figure XXIV: Disposition de l'écran et du clavier sur la montre

En ce qui concerne le design de notre prototype 3, nous avons pu matérialiser notre idée conceptuelle de base à savoir l'installation sur un gilet. Idéalement, nous avons opté pour des composantes légères et compactes pour que notre produit final soit léger et harmonieux. Les pompes, réservoir et clavier s'insèrent donc facilement dans les poches déjà disponibles sur le gilet. En ce qui concerne la batterie, faute de temps, nous avons été contraints d'utiliser une batterie plus lourde et plus large que ce que nous désirions, ce qui nous a imposé de rajouter une poche arrière à notre gilet. Il est important de noter ici que la batterie utiliser dans notre prototype 3 n'est en réalité qu'une substitution en raison du budget et de la disponibilité des composantes.

S'agissant du clavier et de l'écran, nous avons fait imprimer un brassard en 3D de manière à ce qu'il puisse contenir ces deux composantes; le brassard est muni de sangles qui permettront à l'utilisateur de le porter sur un bras et d'effectuer les manipulations avec l'autre bras. De cette manière, l'utilisateur pourra se mouvoir librement avec la pompe avec notre batterie rechargeable d'une autonomie d'environ 2h, et il pourra en plus jouir pleinement de ses bras sans avoir à s'inquiéter du poids du système.

Notre conception vise à s'adapter et à répondre aux problèmes ergonomiques que la reproduction de patrons de scènes de crime peuvent imposer. En effet, dans certains cas, l'utilisateur peut être amené à courir, se coucher, sauter, plusieurs mouvements qui seraient quasiment impossibles à effectuer avec les mains condamnées par le poids d'un système matérialisé dans une boîte.

ANALYSE DE NOS RÉSULTATS

Au cours de nos essais nous avons remarqué pas mal d'imperfections au niveau de la réalisation de notre système final. En effet, plusieurs séquences relevant de la conception du prototype 3 se voyaient obstruées par un dysfonctionnement quelconque au niveau de la réalisation.

Il s'est avéré nécessaire de réviser les différentes parties des sous systèmes qui constituent notre prototype. Allant de l'électronique à l'interconnexion des composants, nous avons su réajuster en conséquence. La partie électronique, qui constitue la majeure partie de notre prototype a posé le plus de problèmes. On avait une grande difficulté à contrôler la pompe par nos entrées de valeurs de rythme ainsi que de pression. Une fois que la batterie était connectée au arduino, la pompe s'enclenchait automatiquement sans pour autant qu'on ait pu mettre de valeur au niveau du clavier

et pourtant le code était correct. Il fallait donc canaliser la puissance qui était transmise depuis la batterie vers la pompe, de ce fait, avoir une réaction de cette dernière lorsque c'est demandé. Nous avons eu recours au mosfet, ainsi donc le contrôle de notre pompe était assuré. En essayant de nouveau à chaque fois, nous avons remarqué que le contrôle de la pompe devenait de plus en plus impossible, le mosfet semblait effectivement ne plus faire effet. La raison de ceci demeure dans le fait que, pour une raison que l'on ignorait, le mosfet était en surchauffe. Deux hypothèses s'offraient à nous : soit le mosfet était exposé à la pleine puissance de notre batterie (et/ou) soit les grounds(terre) n'étaient pas connectés convenablement. En tenant compte de ces deux hypothèses, notre problème persiste toujours malgré que l'on ait eu un prototype fonctionnel(vidéo à l'appui). Ce problème est à l'origine de l'absence de soudure de nos composants et la version finale de notre prototype. En attendant de le régler définitivement, vous avez ci dessus la manière dont le tout va être connecté dans notre gilet.



Figure XXV: Connexion des tubes à la pompe

7 Solution Finale

L'idée pour laquelle nous avons opté au départ était celle du gilet. Mais petit à petit, surtout à quelques jours de la journée de conception, nous nous sommes rendus compte des dangers que les

vibrations de la pompe et de la batterie peuvent causer à tout individu portant ce gilet sur lui. De plus comme certains fils de notre système étaient non-soudés, pendant le port du gilet, il survenait des déconnexions de fils, rendant plus complexe cette solution. Après concertation, nous nous sommes donc focalisés sur une boîte parallélépipédique qui contiendrait toutes les composantes de notre pompe artérielle. Quant au fonctionnement, il reste exactement le même que celui sus-explique pour notre prototype 3. Voici en image, la solution finale qui a été présentée lors de la Journée de Conception:

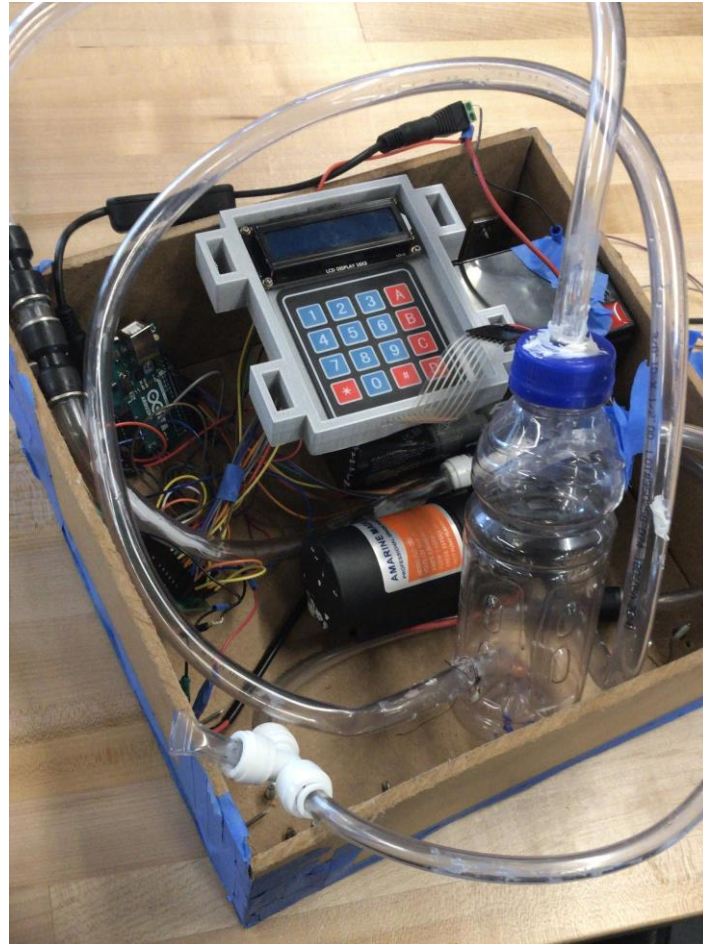


Figure XXVI: Prototype présenté lors du Design Day

8 Conclusions et Recommandations pour Travaux Futurs

En conclusion , toute cette expérience qu'on a acquis durant notre projet de conception nous servira de référence et d'appui pour la réalisation de travaux et projets futurs . Néanmoins le parcours détenait des hauts et des bas mais on a pu surpasser tous les défis et avancé vers les objectifs de notre projet.

Pour finir , l'achèvement et la réalisation de notre projet a la fin n'était que le fruit de l'application des concepts d'ingénierie qu'on a acquis durant nos lectures et laboratoires.

9 Bibliographie

- (1) Lecture GNG 1503 - Contenu - Lecons
- (2) Livrables precedents
- (3) Pompe à diaphragme -
https://www.amazon.ca/gp/product/B00WYMC492/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o04_s00?ie=UTF8&psc=1
- (4) Ensemble arduino, protoboard, resistances, fils connecteurs, cables, pin et mosfet -
https://www.banggood.com/fr/UNO-R3-With-Mini-Breadboard-LED-Jumper-Resistor-Kit-For-Basic-Arduino-Starter-p-1065026.html?gmcCountry=CA¤cy=CAD&createTmp=1&utm_source=googleshopping&utm_medium=cpc_bgs&utm_content=frank&utm_campaign=pla-mix-ca-pc-0630&gclid=Cj0KCQjwj9LkBRDnARIsAGQ-hUdImwEcO4c9NR6Zf1sox75j1J4Tt-0EM35GxYZSWwRx0typCwKjjBAaAhJoEALw_wcB&cur_warehouse=CN
- (5) Conneceteurs de tubes -
https://www.amazon.ca/gp/product/B00X6RA5LI/ref=ppx_yo_dt_b_asin_title_o00_s00?ie=UTF8&psc=1
- (6) Notre projet sur MakerRepo - <https://makerepo.com/mwase018/gng1503-fc04-pompe-arterielle>

APPENDICES

APPENDICE I: Manuel de l'Utilisateur

Caractéristiques :

- Taille pompe à diaphragme : 5.246 x 9.746 x 15.746 po
- Batteries : 12V et 7000 mAH autonomie de 2h de temps
- Tuyau nécessaire : 6 et 10mm de diamètre
- Matériaux : Plastique imprimé en 3D, tuyau de 6 et 10mm, bouteille environ 250 ml.

Fonctionnement : Cette pompe fonctionne de manière accès facile. Tout d'abord il faudrait s'assurer qu'il ya du sang ou un liquide quelconque qui pourrait occasionner les projections.

Après cela tout le reste de la manipulation réside au niveau de la télécommande fait exprès pour cela. Commençons par appuyer sur le switch qui laissera passer la puissance de la batterie afin d'allumer notre pompe. L'écran s'allumera ainsi et vous verrez la pression et le rythme (P et R respectivement), alors soyez prêt à entrer les valeurs souhaitées du moment ou elles appartiennent à la plage allant de 60 à 180 pour les deux paramètres. Au niveau de la pression appuyer sur le bouton "A", ensuite entrer la valeur pour enfin valider par "D". Refaire exactement le même processus pour le rythme mais au lieu du bouton "A" c'est le bouton "B". Si par ailleurs vous voulez changer les valeurs des paramètres appuyer sur "*", cela arrêtera la pompe pour que vous puissiez prendre les nouvelles valeurs ainsi de nouvelles tendances du fonctionnement de la pompe.

Notre dispositif à été fait dans l'optique de copier plus ou moins le fonctionnement du coeur. A cet effet nous aurons des terminaisons tubulaires à l'instar des vaisseaux sanguin. La pompe à diaphragme ira puiser dans le réservoir les faire passer par les tubes parfaitement étanche par le biais des valves. Des projections du sang dans le réservoir se fera aux extrémités des tubes avec des diamètres différents.

Maintenance : Pour la maintenance il faudrait seulement s'assurer de la propreté du réservoir.

Pour le système de nettoyage, nous avons opté une méthode assez simpliste. En effet dès que le réservoir se vide de son sang, il faudrait tout de suite le nettoyer après utilisation en le remplissant d'eau et actionner le fonctionnement habituel de la pompe. Ceci permettra de rincer le dispositif et de nettoyer partout où il pourrait avoir du sang. Toutefois il faudrait faire très attention à ne pas laisser le sang sécher sur les parois avant de mettre de l'eau. Si cela arrive par ailleurs juste mettre un liquide décoagulateur quelconque, le laisser faire effet avant de mettre de l'eau.

APPENDICE II: Fichiers de Conception

La conception de notre dispositif repose essentiellement au niveau de la partie électronique. En effet le reste du procédé qui n'est que basique car il faut juste une interconnection de tous les sous systèmes. Il ya des images à cet effet plus haut lors des étapes de la procédure de conception.

Nous allons donc dans cette partie vous montrer le code de programmation dans Arduino utilisé pour la bonne marche de notre dispositif.

Le code est le suivant:

```
#include <LiquidCrystal.h>
//#include <Keyboard.h>
#include <LiquidCrystal.h> // Inclusion de la librairie pour afficheur LCD
#include <Keypad.h> // inclusion de la librairie pour clavier matriciel
//--- Constantes utilisées avec le clavier 4x4
const byte LIGNES = 4; // 4 lignes
const byte COLONNES = 4; //4 colonnes
```

```

//--- Définition des touches
char touches[LIGNES][COLONNES] = {
    {'1','2','3','A'},
    {'4','5','6','B'},
    {'7','8','9','C'},
    {'*','0','#','D'}
};

// tableaux de lignes et colonnes
byte BrochesLignes[LIGNES] = {13,12,7,6}; //connexions utilisées pour les broches de lignes du
clavier
byte BrochesColonnes[COLONNES] = {5,4,3,2}; //connexions utilisées pour les broches de
colonnes du clavier
char touche; // variable de stockage valeur touche appuyée
int ix; // index pour changer de l'endroit du curseur
int i; // index pour compter le nombre de fois qu'on appuie sur une touche
char lignes[2][5];
int nbr_lignes;
int ixch;
double pression;
double rythme;
double *valPtr[]={&pression, &rythme};
int pump = A0; // Le pin qu'il utilise
double l; // le rythme qui est calculer
int x ; // analogue qu'il utilise pour la pompe.

// --- Déclaration des objets utiles pour les fonctionnalités utilisées ---

```

```
LiquidCrystal lcd(0, 1, 8, 9, 10, 11); // Création d'un objet LiquidCrystal = initialisation LCD en
mode 4 bits

// création d'un objet keypad = initialisation clavier

Keypad clavier = Keypad( makeKeymap(touches), BrochesLignes, BrochesColonnes, LIGNES,
COLONNES );

void setup() { // debut de la fonction setup()

nbr_lignes=0;

ixch=0;

lignes[0][0]=lignes[1][0]='\0';

// --- ici instructions à exécuter au démarrage ---

lcd.begin(16,2); // Initialise le LCD avec 20 colonnes x 4 lignes

//Serial.begin(9600);

delay(10); // pause rapide pour laisser temps initialisation

// Test du LCD

lcd.print("  BONJOUR" ); // affiche la chaîne texte - message de test

//lcd.setCursor(0,1);

//lcd.print("");

delay(2000); // pause de 2 secondes

lcd.clear(); // // efface écran et met le curseur en haut à gauche

delay(10); // pour laisser temps effacer écran

lcd.print("P:      mmHg");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("R:      b/m");

lcd.setCursor(2,0);

pinMode(pump, OUTPUT);
```

```
analogWrite(pump, 250);
delay(2000);
pinMode(pump, OUTPUT);
analogWrite( pump, 0) ;
} // fin de la fonction setup()

// la fonction loop() s'exécute sans fin en boucle aussi longtemps que l'Arduino est sous tension
void loop(){ // debut de la fonction loop()

// --- ici instructions à exécuter par le programme principal ---
touche = clavier.getKey(); // lecture de la touche appuyée
EvaluateTouche(touche);

// Instructions pour la pompe
l = getrythme(rythme); // calcul pour trouver le rythme pour la fonction delay
if( pression<60)
analogWrite(pump,128);//besoin le voltage
else if (pression < 80)
analogWrite(pump,136);//besoin le voltage
else if ( pression< 100)
analogWrite(pump , 144);//besoin le voltage
else if( pression < 120)
analogWrite(pump, 150);//besoin le voltage
else if ( pression< 140)
analogWrite(pump,156);//besoin le voltage
else if( pression< 160)
analogWrite(pump,161);//besoin le voltage
else if(pression< 180)
analogWrite(pump,166);//besoin le voltage
```

```

delay(l/2);// rythme du coeur

analogWrite(pump,0);

delay(l/2);

} // fin gestion de la touche appuyée

// fin de la fonction loop() - le programme recommence au début de la fonction loop sans fin

void EvaluateTouche(char touche)

{

if (touche != NO_KEY){ // si une touche a été frappée -- gestion de la touche appuyée

if (touche=='*')

{

lignes[0][0]='\0';

pression=0;

lignes[1][0]='\0';

rythme=0;

lcd.clear();

lcd.print("P:      mmHg");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print("R:      b/m");

lcd.setCursor(2,0);

}

if (touche=='D')

{

*valPtr[nbr_lignes]=atof(lignes[nbr_lignes]);

}

}

```

```
if (touche=='A')
{
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("P:      mmHg");
    lcd.setCursor(2,0);
    ixch=0;
    nbr_lignes=0;
    lignes[0][0]='\0';
}
if (touche=='B')
{
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("R:      b/m");
    lcd.setCursor(2,1);
    ixch=0;
    nbr_lignes=1;
    lignes[1][0]='\0';
}
if (touche != '*' && touche != 'A' && touche != 'B' && touche != 'D' && touche != 'C' && touche
!= '#')
{
    if(ixch<3)
    {
        lignes[nbr_lignes][ixch]=touche;
        ixch=ixch+1;
        lignes[nbr_lignes][ixch]='\0';
    }
}
```

```
    lcd.print(touche);  
}  
    delay(300); // pause entre 2 appuis  
    //Serial.println(touche);  
    // Serial.println(lignes[0]);  
    // Serial.println(pression);  
    // Serial.println(lignes[1]);  
    //Serial.println(rythme);  
}  
}  
}  
  
int getrythme(double rythme)  
{// besoin de lire les donnee du clavier  
    int p;// le rythme qui est calculer  
    p= (60/rythme)*1000;  
    return (p);  
}
```

En ce qui concerne les branchements électronique, notre schéma demeure inachevé car on était plus concentré sur comment bien faire les branchements de façon réelle qu'on en a oublié le schéma. Par contre on a pu trouver exactement un schéma identique à celui de notre procédé. Elle présente sensiblement les mêmes caractéristiques de branchement que la nôtre.

En image:

