

Dispositifs pour les enquêtes médico-légales

Soumis par:

No Name, FC 5

Jad Haddad, # 300068573

Mathieu Lacelle, # 300053397

Marc-Antoine Mayer, # 300052042

Ahmed Oueslati, #300082392

Mohamed Yassine Bouhamidi, # 300093945

Date: 14 Avril 2019

Université d'Ottawa

Sommaire

Nous avons été approchés par la police d'Ottawa, plus précisément le département médico-légal à travers Sergent Ugo Garneau, afin de créer un dispositif pour reproduire des patrons de sang propulsé provenant d'artères sectionnées. Ainsi, le client a été très spécifique sur ce dont il recherchait dans un prototype qui occupe un tel rôle dans ses tâches quotidiennes.

Notamment, on peut considérer l'adaptation de nombreux différents diamètres de tubes ainsi que de coupures multiples, le contrôle de rythme et de pression sanguine multiple afin de reproduire des événements criminels et retracer les pas des individus impliqués. Dans de telles situations on fait appel à des valeurs souvent considérées aberrantes de pression et de rythme sanguin dû aux traumas des événements qui auraient choqué le corps humain. Or, le dispositif remplacera l'ancienne technique policière d'un tube et d'un soufflet qui améliorera la précision ainsi que l'efficacité des patrons de sang reproduits.

Table des Matières

Sommaire.....	2
Table des Matières.....	3
Liste des Figures.....	4
Liste des Tableaux.....	5
Liste des Acronymes.....	5
Introduction.....	6
Identification des Besoins et Processus de Spécification du Produit.....	7
Conceptualisation.....	13
Plan du Projet, Suivi et Nomenclature des Matériaux.....	33
Analyse.....	36
Prototypage, Essai et Validation du Client.....	36
Solution Finale.....	38
Conclusion et Recommandations pour Travaux Futurs.....	40
Sommaire.....	40
APPENDICES.....	41
APPENDICE I : Manuel de l'Utilisateur.....	41
APPENDICE II : Fichiers de Conception.....	46
APPENDICE III : Figure du circuit électrique Arduino avec LCD et potentiomètres.....	47
APPENDICE IV : Code Final pour Arduino IDE.....	47

Liste des Figures

- Figure 1: Réservoir - Design 1
- Figure 2: Réservoir - Design 2
- Figure 3: Réservoir - Design 3
- Figure 4: Pompe Connexion - Design 1
- Figure 5: Pompe Connexion - Design 2
- Figure 6: Pompe Connexion - Design 3
- Figure 7: Liaison des Tubes - Design 1
- Figure 8: Liaison des Tubes - Design 2
- Figure 9: Liaison des Tubes - Design 3
- Figure 10: Système Complet (Mathieu) - Design 1
- Figure 11: Système Complet (Mathieu) - Design 2
- Figure 12: Système Complet (Mathieu) - Design 3
- Figure 13: Système Complet (Yassine) - Design 1
- Figure 14: Système Complet (Yassine) - Design 2
- Figure 15: Système Complet (Yassine) - Design 3
- Figure 16: Système Complet (Marc-Antoine) - Design 1
- Figure 17: Système Complet (Marc-Antoine) - Design 2
- Figure 18: Système Complet (Marc-Antoine) - Design 3
- Figure 19: Système Complet (Jad) - Design 1
- Figure 20: Système Complet (Jad) - Design 2
- Figure 21: Système Complet (Jad) - Design 3
- Figure 22: Prototype 1
- Figure 23: Prototype 2
- Figure 24: Prototype 3
- Figure 25: Design Day testage de la pompe avec du sang
- Figure 26: Circuit électrique avec Arduino, LCD et potentiomètres
- Figure 27: Interrupteur on/off général
- Figure 28: Réservoir 250 ml
- Figure 29: Potentiomètre pour Arduino
- Figure 30: Ecran LCD pour Arduino
- Figure 31: Pompe à diaphragme
- Figure 32: Arduino
- Figure 33: Batterie de 12 volts

Liste des Tableaux

Tableau 1: Organisation et priorisation des besoins

Tableau 2: Critères de conception

Tableau 3: Étalonnage pour la pompe

Tableau 4: Étalonnage pour la source d'énergie

Tableau 5: Spécifications de concept

Tableau 6: Division de la pompe en sous-systèmes

Tableau 7: Plan du projet

Liste des Acronymes

<u>Acronyme</u>	<u>Définition</u>
MDF	Fibres à Densité Moyenne

Introduction

Les analystes de sang sont des spécialistes en morphe-analyse des traces de sang, c'est-à-dire qu'ils étudient la taille, la forme, l'emplacement et la distribution de traces de sang pour interpréter les mécanismes à l'origine de leur création. Les traces de sang peuvent être classées en trois catégories, soit les traces passives, les transferts et les projections. Dans le cadre de ce projet, nous nous intéressons plus aux projections de sang. Les projections ont lieu lorsque le sang est propulsé du corps à partir d'une entaille dans les vaisseaux sanguins.

Afin de reconnaître les patrons plus facilement, les analystes font des simulations dans des laboratoires. Cela est très efficace pour les transferts et les patrons passifs, mais plus difficile pour les projections puisqu'il n'existe pas vraiment de simulateurs efficaces qui peuvent recréer une multitude de situations, soit en variant les coupures, en variant le rythme du cœur ou la pression du sang dans les vaisseaux sanguins. C'est là que nous rentrons en jeu.

Grâce à toutes les ressources qui nous sont accessibles, soit l'espace Makerspace, l'espace Makerlab, l'espace Brunsfield, un cours de conception en génie et l'expertise et l'aide d'assistants d'enseignements et de gestionnaires de projet, nous sommes en mesure de développer un produit capable de résoudre le problème des analystes de sang. L'analyste avec qui nous avons affaire est le sergent Ugo Garneau de la police d'Ottawa.

Identification des Besoins et Processus de Spécification du Produit

Identification des besoins

L'identification des besoins est un processus qui introduit le concept de l'empathie qui est le cas de départ dans notre processus de conception suivi dans notre cours. Nous avons eu un 1er contact avec notre client lors de la rencontre client du 21 janvier 2019, où nous avons pu appréhender les besoins du client.

Pour une utilisation typique du produit, le client considère que :

- Il a besoin d'un dispositif qui lui permettra de reproduire plusieurs patrons sanguins artériels. Le besoin interprété est : Le dispositif reproduit plusieurs patrons de sang propulsé. Ce besoin aura une importance de 5 dans notre projet.

Le client aimerait bien que :

- La hauteur des projections puisse atteindre une hauteur de 3 à 4 mètres avec une possibilité de varier les diamètres des tubes et les tailles d'incisions. Le besoin interprété est : Le dispositif est performant et les tubes sont de différents diamètres et incisions. Ce besoin aura une importance de 4 dans notre projet.

Le client n'aimerait pas que :

- La pression soit faible. Le besoin interprété est : Le dispositif a une pression réglable et pour un temps déterminé. Ce besoin aura une importance de 4 dans notre projet.
- Aucun appui visuel pour afficher la pression et le rythme cardiaque en temps réelle ne soit disponible. Le besoin interprété est : Le dispositif présente les données de pression artérielles et de rythme cardiaque sur un écran interactif. Ce besoin aura une importance de 3 dans notre projet.
- Le produit est un coût très élevé. Le besoin interprété est : Le dispositif est peu coûteux. Ce besoin aura une importance de 3 dans notre projet.

Le client nous a aussi suggéré que :

- Ce serait avantageux si le dispositif avait une batterie comme source d'énergie et de grandeur portable. Le besoin interprété est : Le dispositif est portable et compact. Ce besoin aura une importance de 1 dans notre projet.

Tableau 1: Organisation et priorisation des besoins

<i>Numéro</i>	<i>Besoin</i>	<i>Importance</i>
1	Le dispositif reproduit plusieurs patrons de sang propulsé (provenant notamment des artères).	5
2	Le dispositif peut se faire avec des artères artificielles de différents diamètres, longueurs et tailles d'incisions.	4
3	Le dispositif a une pression et un rythme réglable et pour un temps déterminé.	4
4	Le dispositif est performant avec un liquide 3 à 4 fois plus visqueux que l'eau.	4
5	Le dispositif présente les données de pression artérielles et de rythme cardiaque sur un écran interactif.	3
6	Le dispositif est peu coûteux.	2
7	Le dispositif est muni d'un circuit fermé comme celui des vaisseaux sanguins du corps humain.	2
8	Taille compacte pour faciliter le transport et l'application.	1
9	Source d'énergie suffisante et à batterie.	1

Notre budget pour ce projet était de 100\$ avec une date d'échéance du 29 Mars 2019.

Enoncé du problème

Notre client a besoin d'un dispositif qui permet de recréer des patrons de sang éjectés, contrôler la pression, observer les données pertinentes en temps réel qui sera idéalement compacte et peu coûteux.

Critère de conception

Nous avons essayé dans le tableau suivant d'assigner un critère de conception pour chaque besoin interprété afin de pouvoir continuer notre processus de conception.

Tableau 2: Critères de conception

<i>Question</i>	<i>Besoin interprété</i>	<i>Critères de conception</i>
Utilisation typique	Le dispositif reproduit plusieurs patrons de sang propulsé	Quantité de patrons différents Assemblage (étanche)
Ce que vous aimez	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Le dispositif est performant et les tubes sont de différents diamètres et incisions.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Le réseau de tubes est un circuit fermé comme dans le corps humain.</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Diamètre (mm) Longueur (m)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Forme des tubes Liaison des tubes</div>
Ce que vous n'aimez pas	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Le dispositif a une pression réglable et un débit (bpm) réglable</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Le dispositif peut être contrôlé et transporté.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Le dispositif présente les données de pression artérielles et de rythme cardiaque sur un écran interactif.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Le dispositif est peu coûteux.</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Pression (atm) Amplitude de la pression (atm) Rythme cardiaque (bpm)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Programmation (Arduino) Masse (kg) Dimensions maximales (cm*cm*cm)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 2px;">Pression (atm) Rythme cardiaque (pulsations/sec) Grandeur de l'affichage numérique (cm²)</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Coût (\$)</div>
Amélioration suggérée	Source d'énergie suffisante et à batterie	Énergie (mAh) Temps de fonctionnement (sec)

Pour notre projet, nous pouvons subdiviser les critères de conception en plusieurs parties:

1. Exigences fonctionnelles :
 - Rythmes de la pompe
 - Diamètre des tubes
 - Volume
 - Pression
 - Programmation
 - Etanchéité

2. Contraintes :
 - Coût
 - Temps (29 Mars 2019 : Design Day)

3. Exigences non-fonctionnelles :
 - Esthétiques
 - Durée de vie
 - Bruit
 - Batterie rechargeable
 - Arduino reprogrammable
 - Assemblage
 - Portabilité

Étalonnage

Pour la partie étalonnage, nous avons fait l'étalonnage pour les 2 composantes que nous avons jugé très importantes qui étaient la pompe et la batterie. Comme vous le verrez ci-dessous, nous avons comparé les différentes pompes et batteries selon leur caractéristique mais aussi leur coût afin de subvenir à nos besoins.

*Pondérations: Vert = 3, Jaune = 2, Rouge = 1

Tableau 3: Étalonnage pour la pompe

Critères	Pondération	SeaFlo Diaphragm Pump	Amarine-made Diaphragm Pump	SAILFLO diaphragm Pump
Coût	5	45,78 \$ (CAD)	27,99 \$ (CAD)	37.99 \$ (CAD)
Pression de base	4	70 PSI	35 PSI	80 PSI
Voltage	4	12 V	12 V	12 V
Débit	3	4.2 L/min	4.3 L/min	4.1L/min
Dimension	2	18.3 x 10.6 x 6.5 cm	17,78 x 10,16 x 5,08 cm	19.2 x 11.4 x 6.6 cm
Masse	1	0.6 kg	0,45 kg	0.721 kg
	Total:	43	53	48

Tableau 4: Étalonnage pour la source d'énergie

Critères:	Pondération	Piles Energizer A23	Amazon Basics AA	Firmerst Flat plug extension
Coût (par pile)	5	3.52 \$ (CAD)	2.50 \$ (CAD)	11.50\$ (CAD)
Durée d'utilisation (année)	3	2	5	≈20
Rechargeable	3	Non	Oui	N/A
Voltage	4	12 V	2 V	125V
Masse	1	31,8 g	27, 25g	499 g
Taille	2	1,3 cm	1,3 cm	7,4 cm
	Total:	36	39	30

Après avoir comparé les différentes composantes, nous avons établi des spécifications cibles pour notre produit.

Tableau 5: Spécifications de concepts

Critère	Valeur cible	Unité	Méthode de vérification
Masse	< 30	kg	Analyse, Essai
Rythme de la pompe	< 190 > 40	bpm	Analyse, Essai
Diamètre du tube	(1; 2; 3; 4)	mm	Analyse
Réservoir	250	ml	Analyse, Essai
Distance de projection	=< 4	m	Essai
Diamètre des artères	=< 10 => 4	mm	Analyse, Essai
Temps de fonctionnement	< 10	sec	Essai
Programmation	=	N/A	Analyse, Essai
Étanchéité	=	N/A	Essai
Contraintes			
Coût	< 100	\$	Estimation
Temps pour remise	< 29 mars	jours	Estimation
Exigences non-fonctionnelles			
Esthétique	=	N/A	Analyse, Essai
Dimension	<	cm ³	Analyse
Durée de vie	> 1	ans	Estimation
Résistance	=	N/A	Essai
Bruit	< 90	décibels	Essai

Conceptualisation

Dans cette partie, on mettra l'accent sur les différentes solutions et idées pour concrétiser une pompe capable de subvenir au besoin de notre client. Pour cela, nous avons divisé notre système de pompe en plusieurs sous-ensembles afin de mieux cerner notre dispositif et aboutir aux meilleurs résultats possibles.

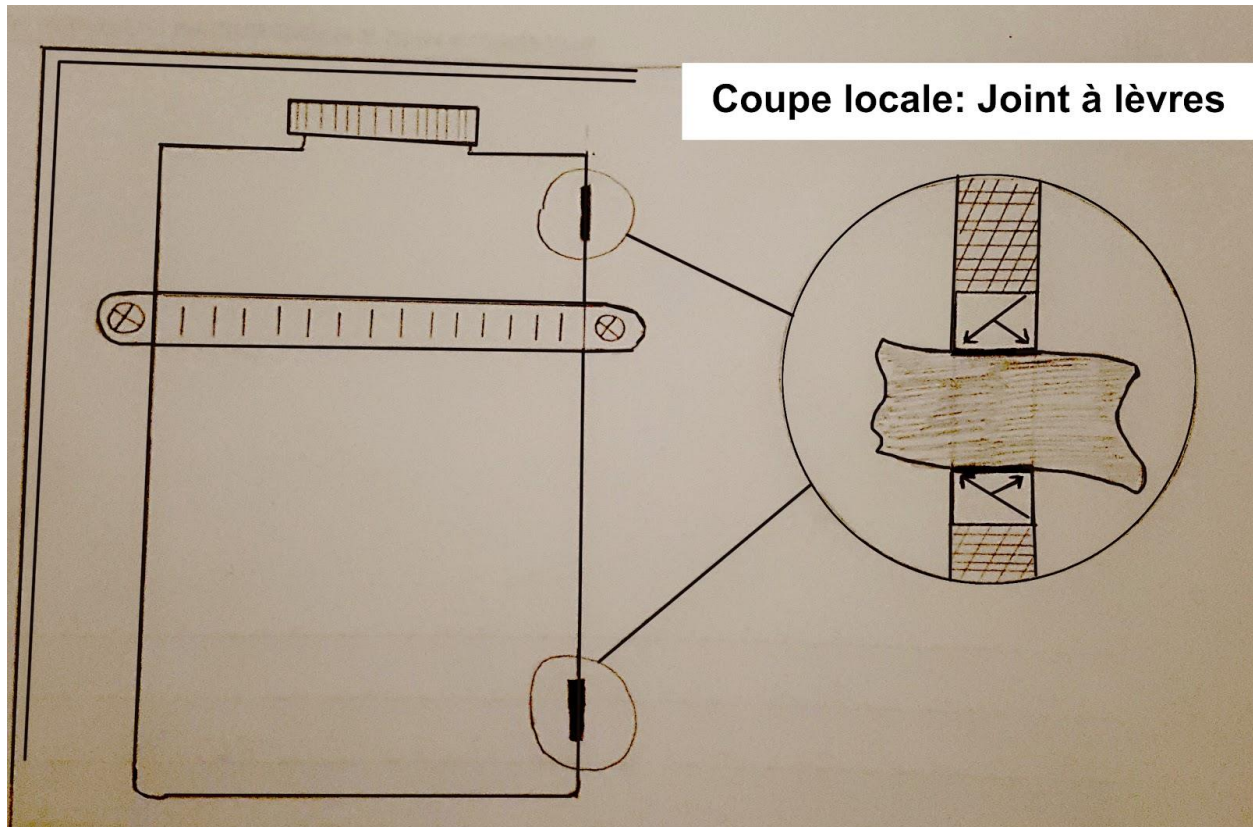
Tableau 6: Division de la pompe en sous-systèmes

Pompe qui réplique les patrons de sang à partir d'une artère coupée			
Pompe	Tubes	Patrons de sang	Réservoir
<ul style="list-style-type: none"> - Assemblage de la pompe. - Types de pompe. - Orientation de la pompe. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diamètres de tubes. - Formes des tubes. - Connexions entre les tubes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Affichage des données. - Entrée des variables par l'utilisateur (pression, rythme...) 	<ul style="list-style-type: none"> - Taille du réservoir. - Formes du réservoir

Pour parvenir à maximiser l'efficacité de tous les sous-systèmes nous avons procédé avec une certaine systématique concrète. Premièrement, chaque individu du groupe était chargé de concevoir de façon indépendante 3 systèmes complets qui chacun avait des variations multiples. Ensuite, nous nous sommes rencontrés en tant que groupe pour choisir les trois meilleurs designs qui nous ont été suggérés notamment par un vote démocratique. Ensuite, nous avons choisi les meilleures composantes des trois systèmes choisis pour en faire un système qui englobe les meilleures idées des trois designs afin de favoriser l'efficacité et le fonctionnement du prototype final. Plus nous avons avancés dans le projet, plus ils nous étaient clair la faisabilité des nombreuses exigences fonctionnels et nous avons ainsi porté changement au dernier design en conséquence à ces derniers.

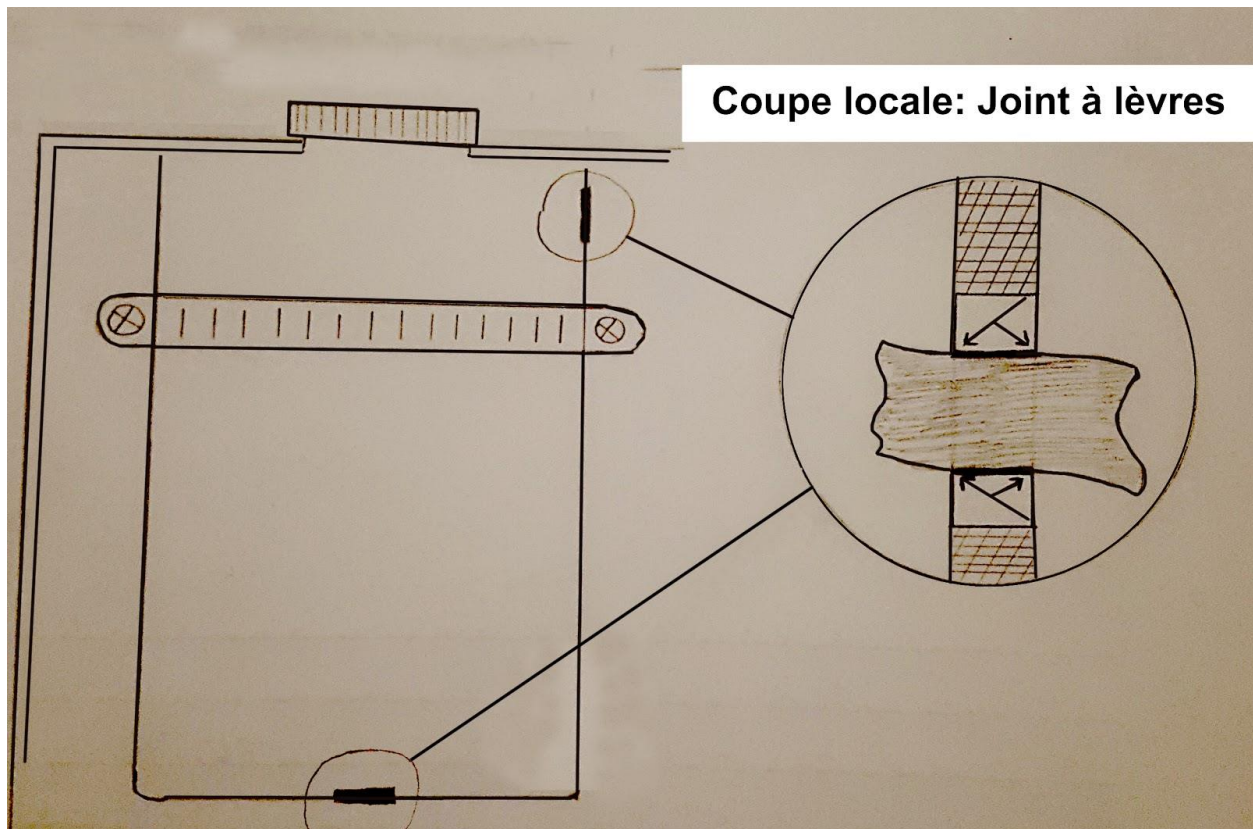
Réservoir

Design 1 (A. Oueslati)



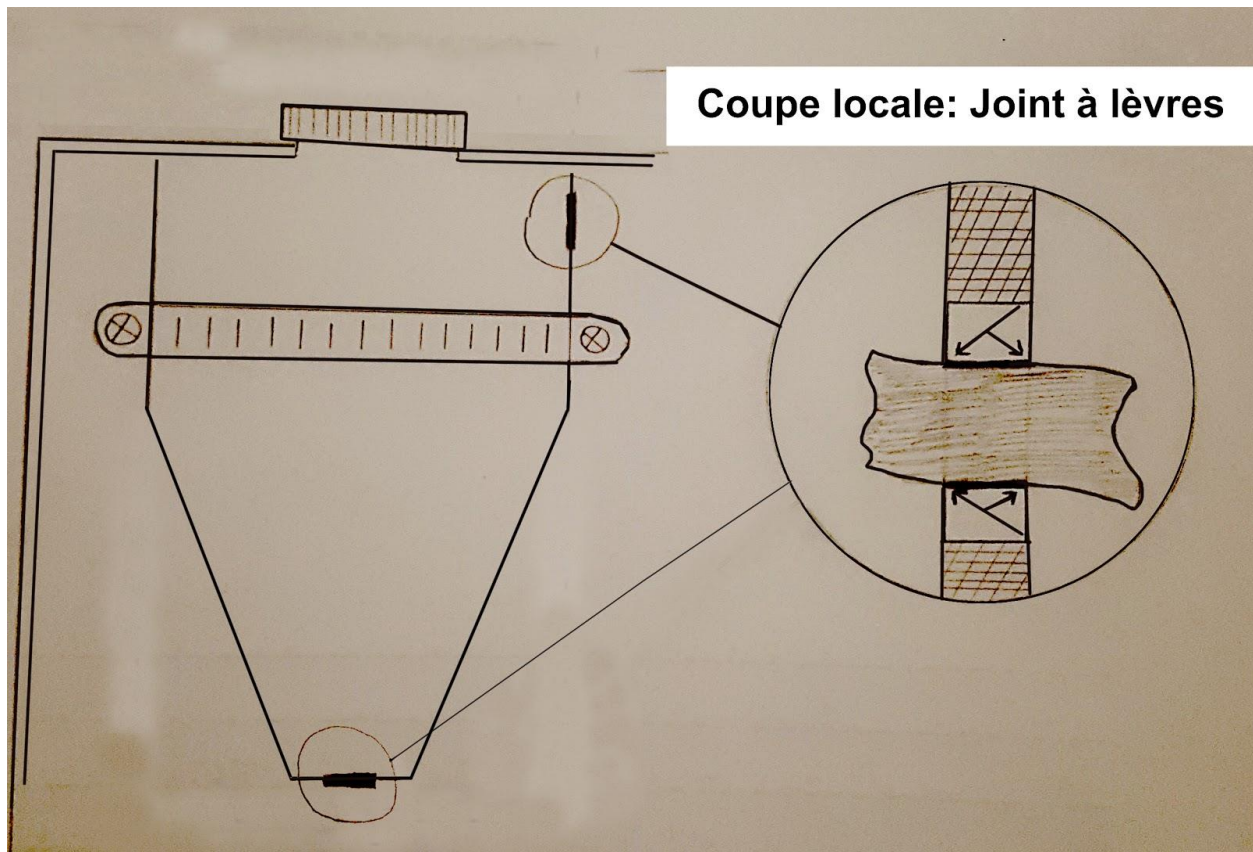
Ce réservoir du sang est une bouteille plastique qui comprend deux orifices étanches au moyen d'un joint à lèvres qui empêche le liquide de couler. L'orifice supérieur à droite est pour le retour du sang et celui l'inférieur est pour la sortie du sang. La bouteille est encastrée totalement dans la boîte.

Design 2 (A. Oueslati)



Ce design à l'orifice de sortie du sang au bout de la bouteille ce qui améliore et facilite le déplacement du liquide naturellement grâce aux forces de gravité. Ainsi le bouchon de la bouteille est à l'extérieur de la boîte ce qui facilite le remplissage ou contrôle de la quantité du liquide sans avoir à ouvrir la boîte.

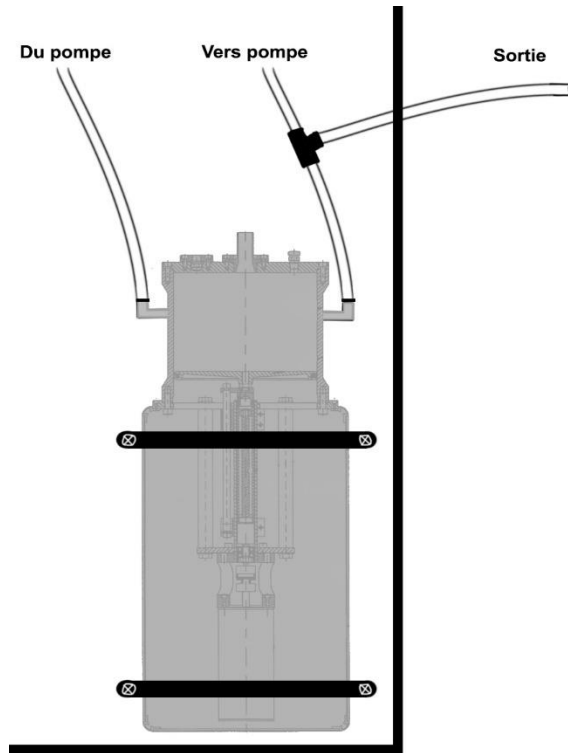
Design 3 (A. Oueslati)



Y inclus tous les bénéfices du design précédent (bouchon à l'extérieur et sortie au bout) , la forme conique du réservoir améliore encore l'écoulement du liquide et aide à augmenter la pression.

Pompe: connexion

Design 1 (A. Oueslati)



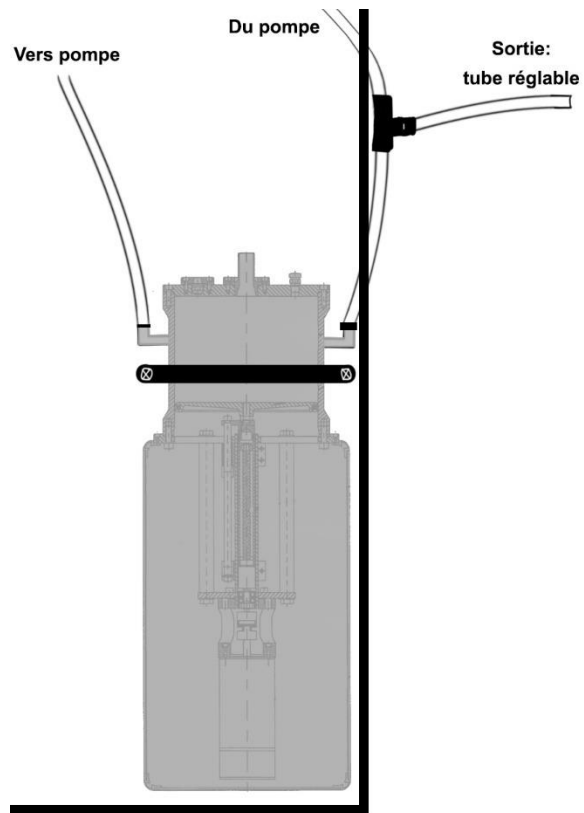
La pompe est bien encastrée dans la boîte au moyen de deux bandes visées. Le côté gauche de la pompe est généralement l'entrée, le côté droit est la sortie.

La sortie est ensuite divisée à l'aide d'une valve en T:

*Une partie pour la sortie de l'utilisateur (diamètre et forme non réglables)

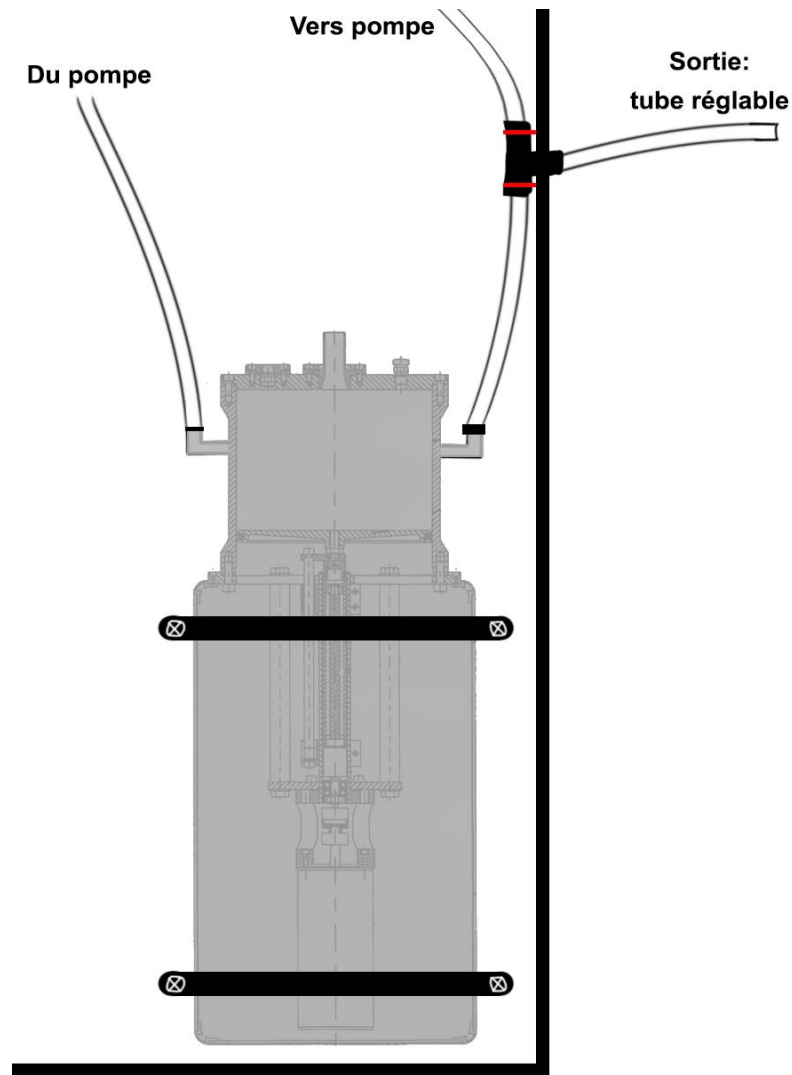
*Une autre pour fermer le circuit (retour)

Design 2 (A. Oueslati)



Pour customiser la sortie en fonction du diamètre et forme de l'artère, le tube de sortie peut être substitué par d'autres tubes de formes et diamètres différents. La valve en T est maintenant à l'extérieur pour permettre à l'utilisateur de le changer. Les côtés de la pompe (de/vers pompe) ont été inversés ce qui va diminuer la pression finale.

Design 3 (A. Oueslati)



Pour ce dernier design, le boucle de retour a été caché dans la boîte puisqu'il est inutile pour l'utilisateur et encombrera la façade du produit. Alors on a bien attaché la valve en T de façon que seulement le tube de sortie est visible à l'extérieur et le tube peut être encore customisé par l'utilisateur. Ainsi les côtés du moteur sont corrects pour assurer une pression maximale.

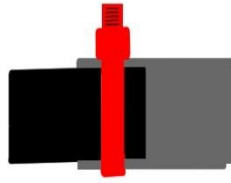
Liaison des tubes

Design 1 (A. Oueslati)



Ce design présente simplement deux tubes (gris et noir) collés entre eux par les forces d'adhérences.

Design 2 (A. Oueslati)



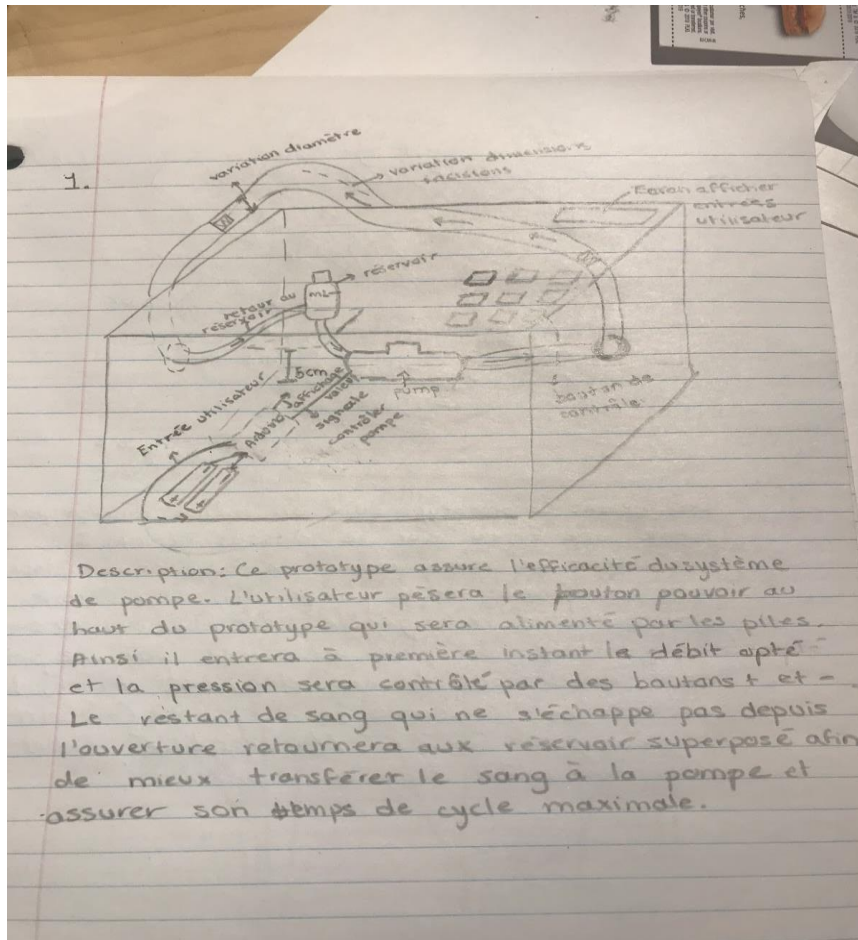
Pour améliorer l'étanchéité entre les deux tubes, on a utilisé des cordes zip qui maintiendront un contact plus ferme. Cette méthode n'est pas pratique pour changer des tubes puisqu'elle est semi-permanente.

Design 3 (A. Oueslati)

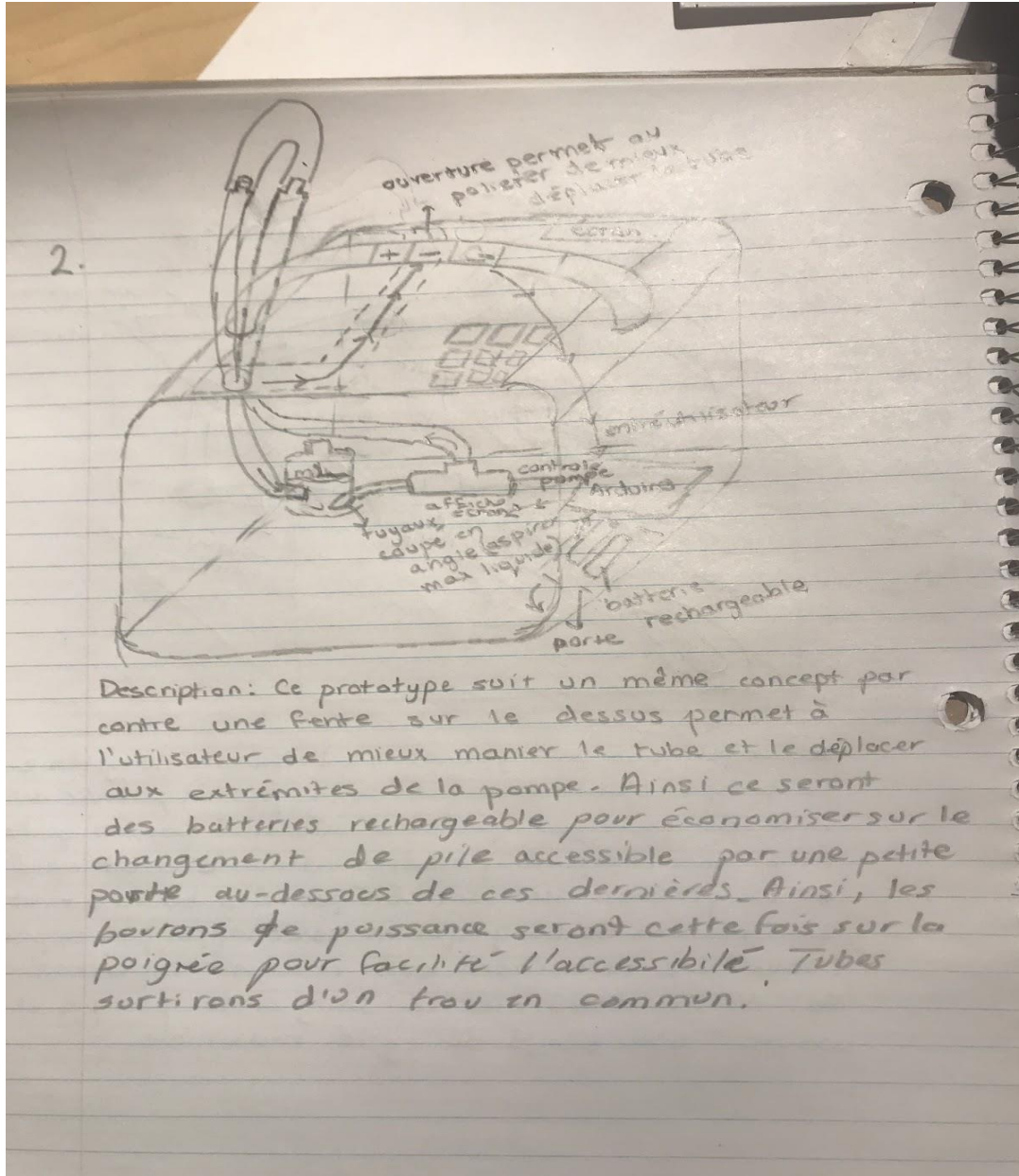


Des valves plastiques avec des entrées et sorties étanches qui assurent un contact parfait avec le tube sans aucune fuite, surtout en augmentant la pression ce qui augmente aussi les risques des fuites et écoulement du liquide qui peut détruire le circuit Arduino. Ces valves ont aussi un petit robinet qui permet de contrôler le débit et l'état du tube (ouvert/fermé) et c'est utile pour le tube de sortie.

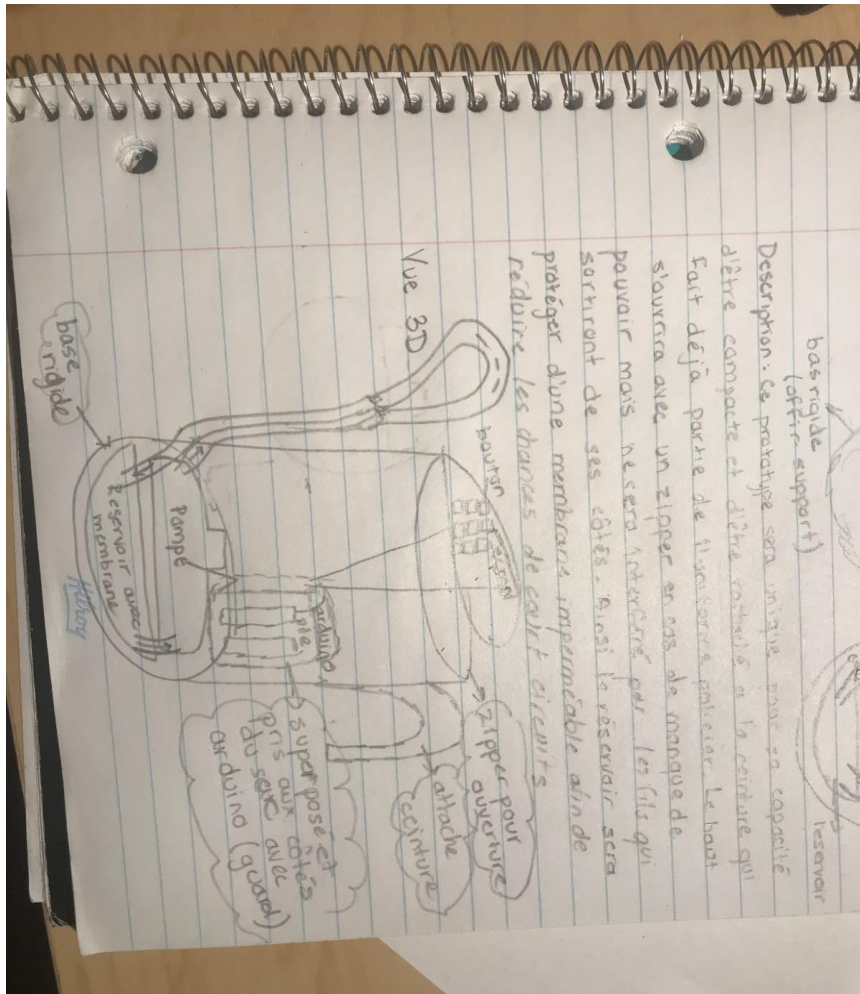
Mathieu 1:



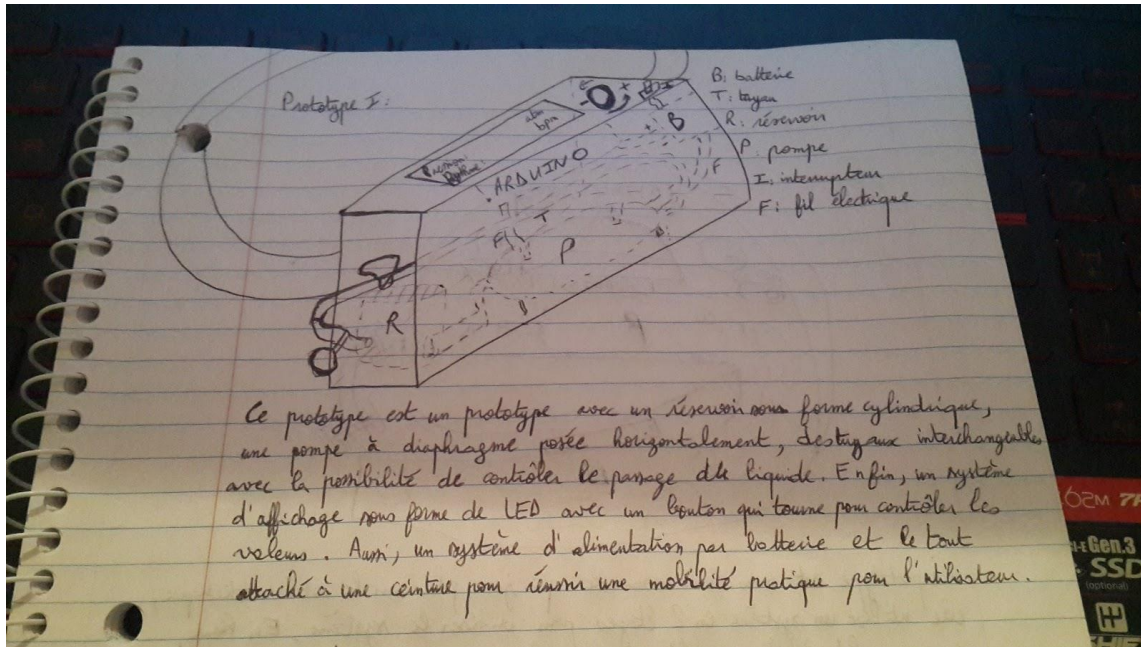
Mathieu 2:



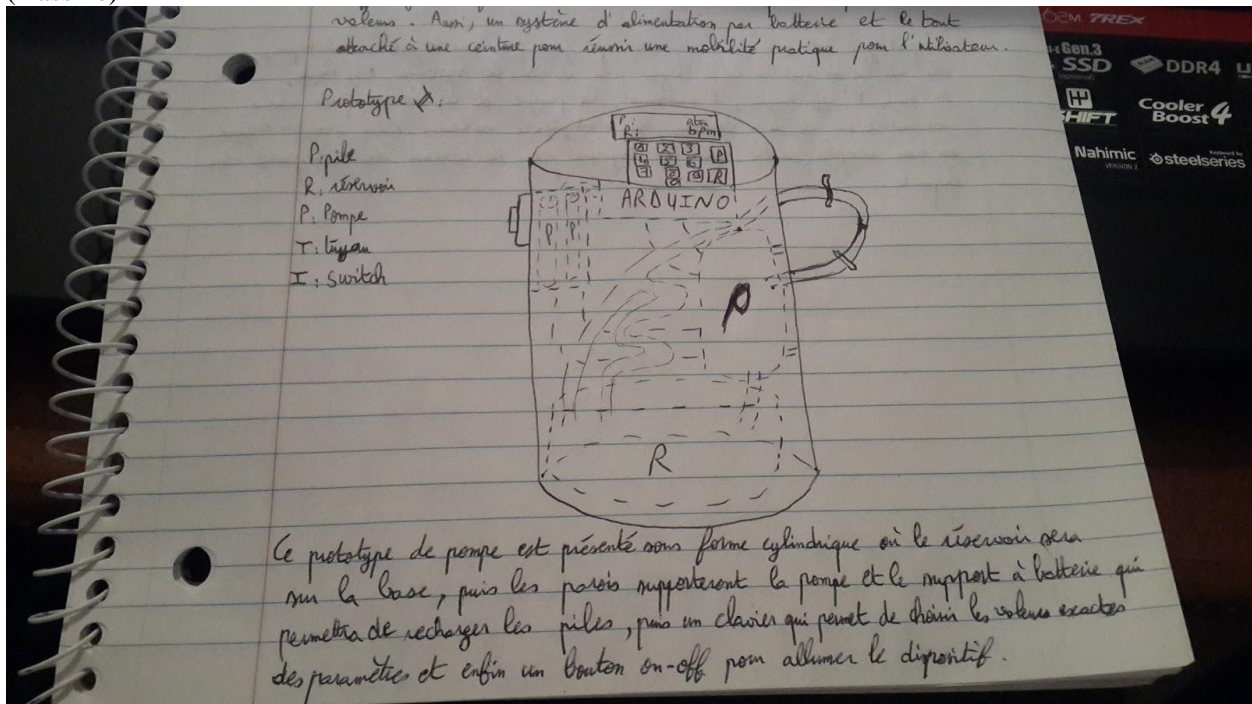
Mathieu 3:



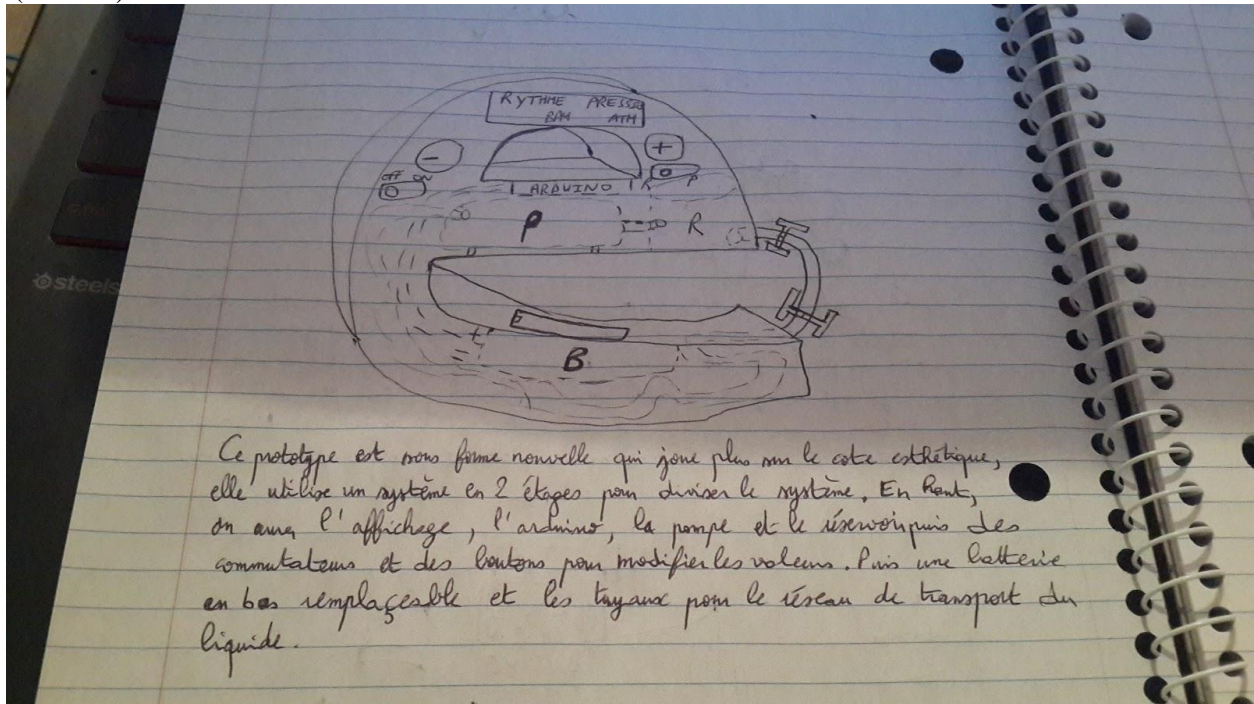
(Yassine)



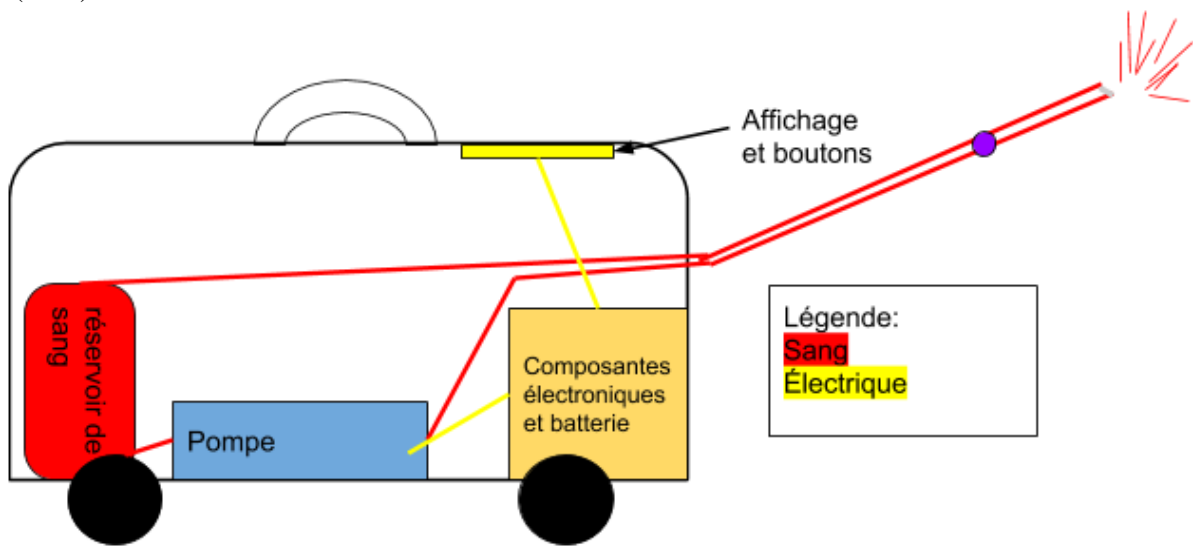
(Yassine)



(Yassine)

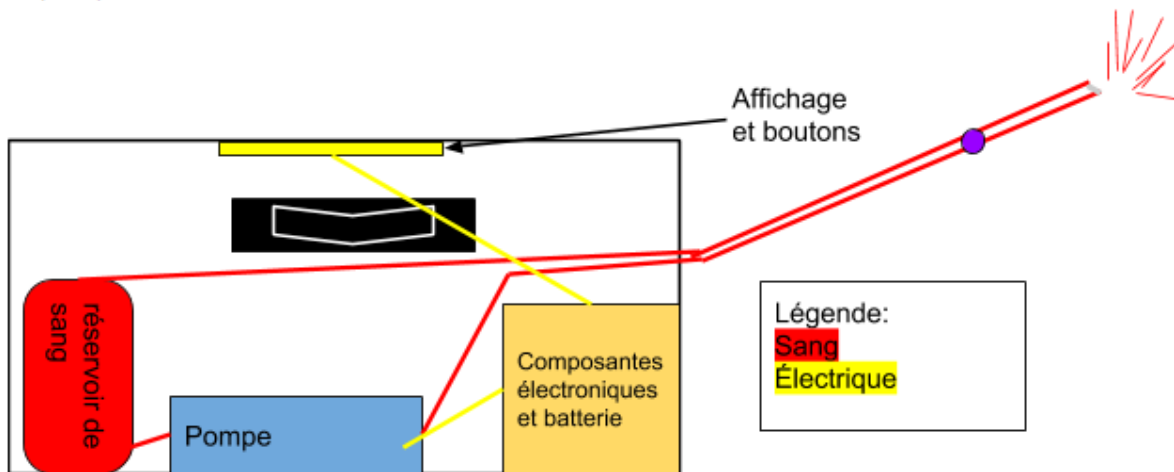


- (M-A)



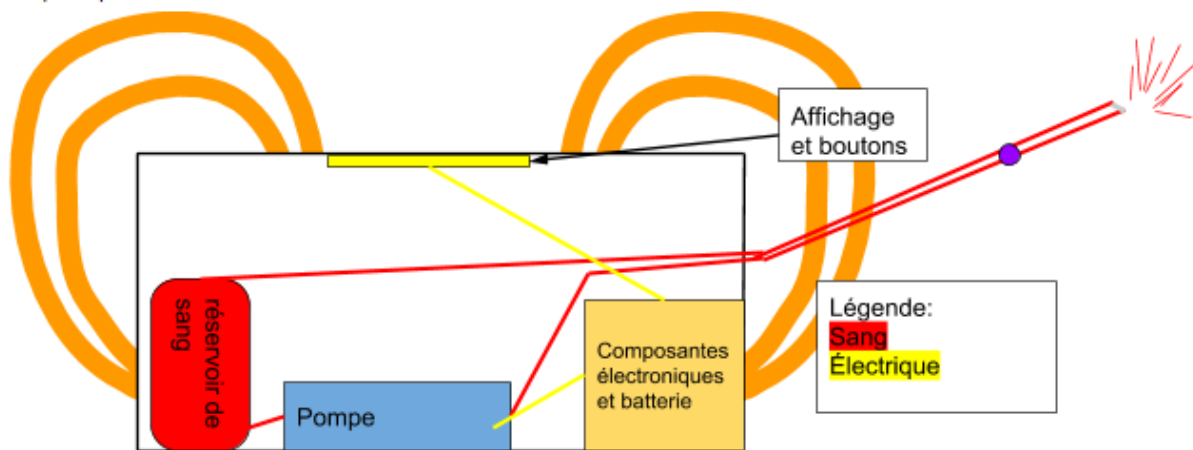
(vue de côté) Ce prototype serait une pompe roulante qui peut se faire tirer. Le tuyau extérieur peut être changé au point mauve. La partie entrée et sortie du tuyau extérieur est collée ensemble pour avoir plus de contrôle sur le tuyau.

- (M-A)

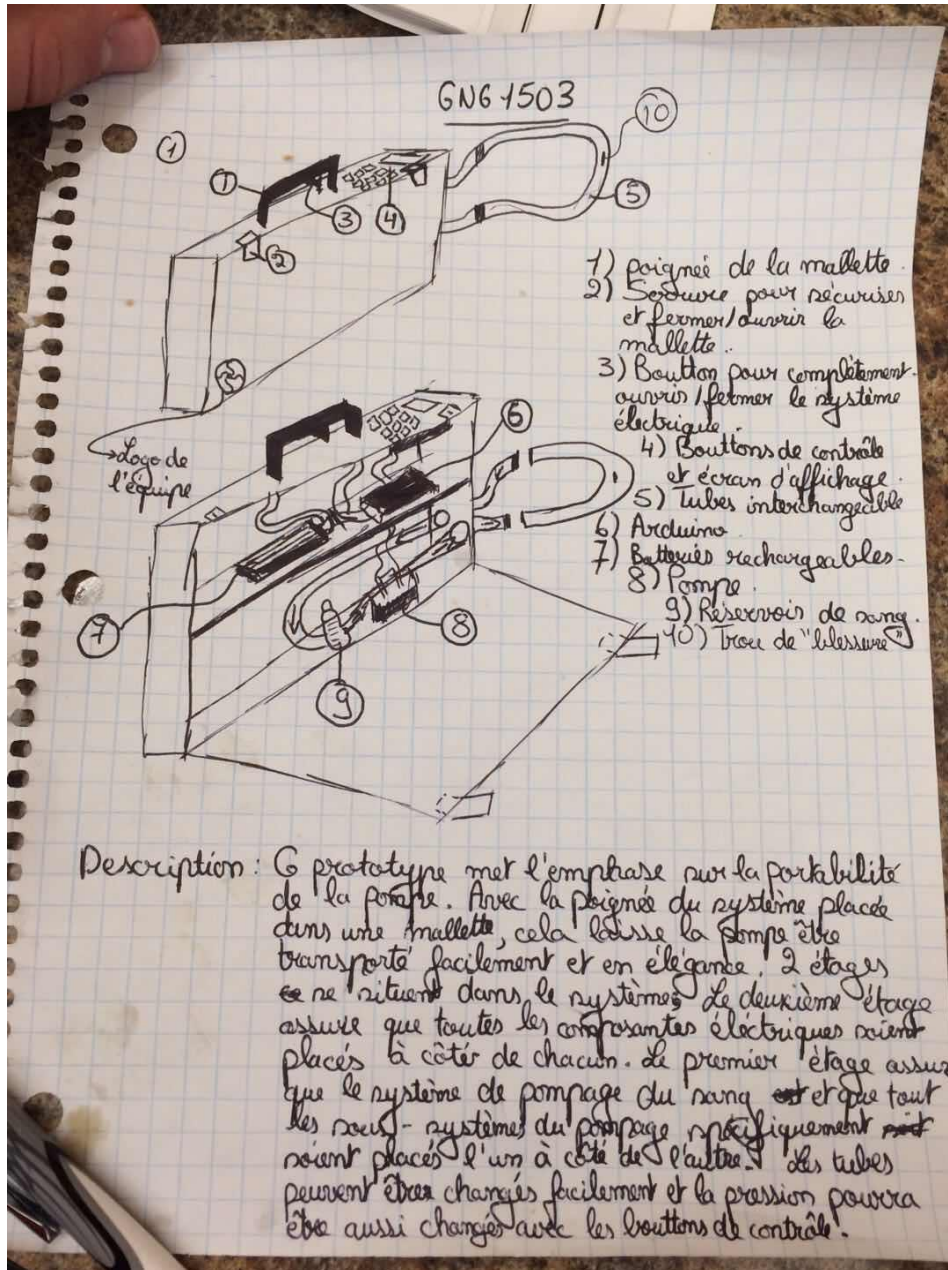


(vue de côté) Même principe que le 7 pour le tuyau. Le carré noir est un "clip" ou accroche ceinture placé sur l'un des côtés de la boîte pour attacher le dispositif à une ceinture.

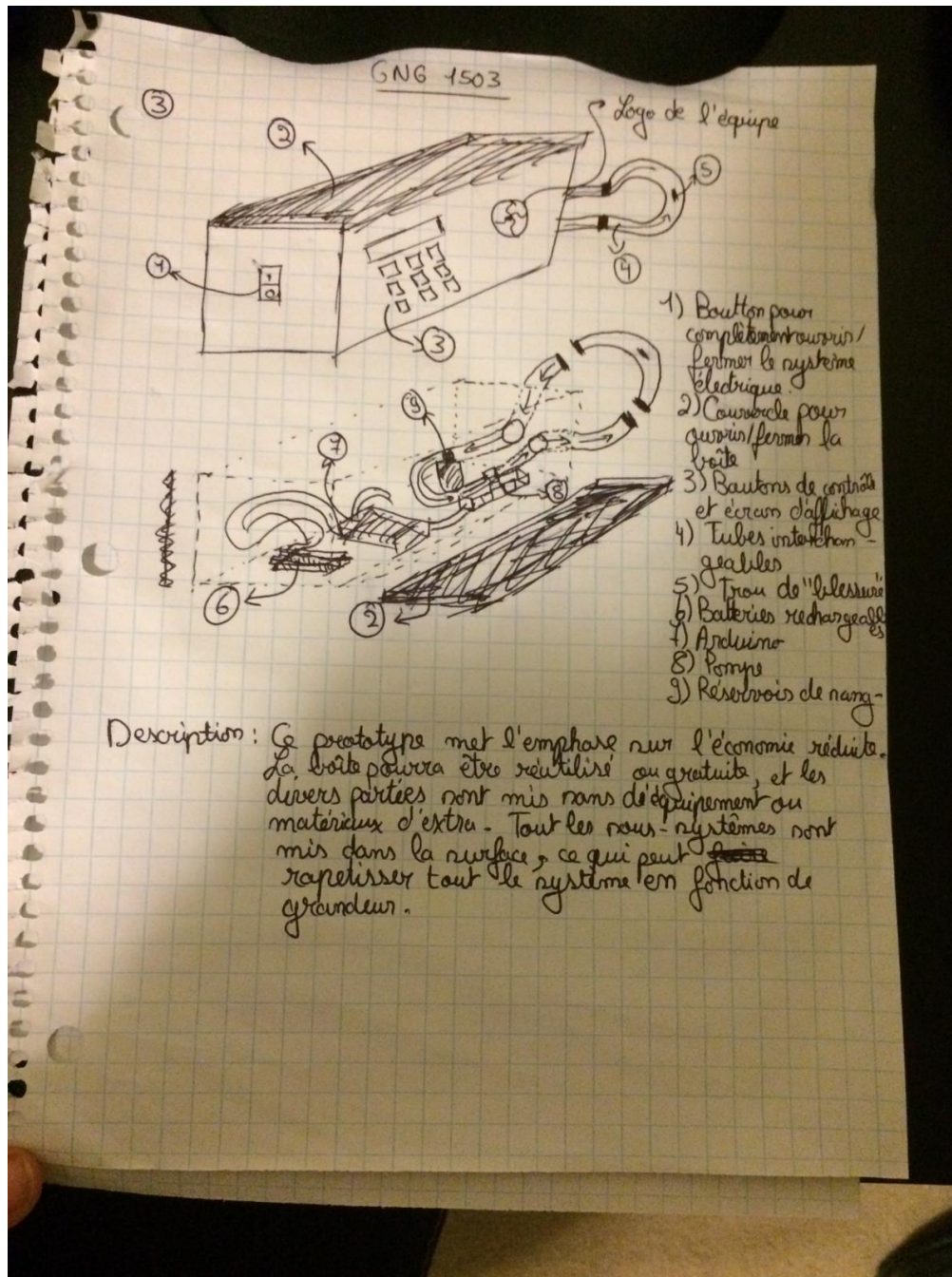
- (M-A)



(vue de côté) Ce concept est identique au précédent mais au lieu d'utiliser un clip, il y a des bretelles de sac à dos. Le dispositif peut être monté comme un sac à dos, soit sur le dos ou sur le ventre pour un utilisation plus facile.



- (Jad)



GNG 1503

Logo de l'équipe

- 1) Sac à dos recyclé ou utilisé déjà
- 2) Bouton pour complètement ouvrir/fermer le système électronique
- 3) Boutons de contrôle et écran d'affichage
- 4) Tubes interchangeables
- 5) Traç de "bleedure"
- 6) Batteries rechargeables
- 7) Arduino
- 8) Réservoir de sang
- 9) Pompe
- 10) Zip pour fermer/ouvrir le sac

Description : Ce prototype met l'accent sur la portabilité de la pompe. En utilisant un sac à dos recyclé ou réutilisé, les coûts seront réduits et aussi l'opérateur de la pompe aura la facilité de la transporter chez sa destination. Le système de pompe sera mit/collé vers le bas tandis que le système électronique sera collé dans le dos du sac puisque ils sont légers et aussi pour assurer que tout les parties des systèmes électriques soient misés l'un à côté de l'autre. Les tubes peuvent être changés facilement et la pression pourra être modifiée avec les boutons de contrôle, qui pourraient être utilisés pendant que l'opérateur porte le sac. Le tube peut être contrôlé avec la main aussi.

Pour déterminer quel concept feront partie du top 3, nous avons mis en place un système de pointage par vote. Dans ce système, chaque membre choisi ses trois concepts préférés et les place dans le tableau ci-dessous. Le premier choix de chaque membre reçoit 3 points, le deuxième choix en reçoit 2 et le troisième en reçoit 1. Par la suite, on fait le total des points pour chaque concept et les classons. Voici les votes et les résultats.

	Premier choix (3pts)	Deuxième choix (2pts)	Troisième choix (1pts)
Marc-Antoine	Jad 1	Marc-Antoine 2	Yassine 2
Jad	Marc-Antoine 2	Mathieu 1	Jad 1
Ahmed	Mathieu 1	Marc-Antoine 2	Mathieu 2
Yassine	Marc-Antoine 2	Jad 1	Mathieu 2
Mathieu	Marc-Antoine 2	Jad 1	Yassine 2
Résultat	Marc-Antoine 2 (13pts)	Jad 1 (8pts)	Mathieu 1 (5pts)

Explications:

1. Le deuxième concept de Marc-Antoine, soit celui d'une boîte pouvant s'attacher à la ceinture est le plus populaire selon le système de vote. Le groupe aime bien l'idée que le dispositif soit portable et accrochable à la ceinture, ce qui ne restreint pas vraiment les mouvements et qui est facile à utiliser (interface accessible facilement).
2. Le premier concept de Jad, celui d'une pompe dans un briefcase, a fini deuxième dans le vote de concepts. Les membres de l'équipe ont bien aimé la transportabilité du dispositif et la facilité d'ouvrir le dispositif pour le modifier ou le recharger. Il est un peu moins portable que le premier concept de M-A mais l'interface est aussi bonne.
3. Le premier concept de Mathieu, soit la pompe qui est emboîté avec toutes ses composantes est unique pour son efficacité quant à utiliser la volume entier de liquide qui se retrouve dans son réservoir. En effet, ce dernier est superposé afin de permettre l'accès facile des tubes par le dessous de la bouteille afin que toute le liquide soit écoulé avant de devoir le remplir. Ainsi, l'accès aux traitements de données est un autre point fort de ce dernier alors qu'il se retrouve près l'un de l'autre sur le dessus du dispositif.

Plan du Projet, Suivi et Nomenclature des Matériaux

Pour compléter le projet, nous avons établi un plan afin de déterminer les tâches, leur durée ainsi que les membres assignés pour chacune d'elle. Ceci a pour but de savoir si le projet est faisable pour le délai précisé dans un 1er temps, puis pour nous mettre d'accord sur les tâches à accomplir et les partager équitablement entre nous selon les affinités et disponibilités de chacun.

Tableau 7: plan du projet

tâche	<u>Tâches à compléter:</u>	<u>Durée</u>	<u>Responsable de la tâche</u>
1	Établir les quantités de chaque matériau nécessaire.	1 jour	Mathieu
2	Obtenir les propriétés physiques des matériaux (poids, dimensions).	1 jour	Marc-Antoine
3	Appliquer les propriétés dans nos calculs pour trouver le débit et la puissance.	1 jour	Yassine
4	Obtenir des matériaux peu coûteux et efficaces pour reproduire la pompe.	2 jours	Ahmed et Jad
5	Reproduire la pompe et déterminer l'arrangement des composantes pour rendre ce dernier plus compact et efficace.	3 jours	Travail cumulatif
6	Faire des tests pour vérifier si les tubes sont bien isolés et si le circuit électrique conçu est fonctionnel.	5 jours	Travail cumulatif
7	Commencer la programmation de l'Arduino à partir des données recueillies.	2 jours	Yassine, Jad, Mathieu
8	Faire le deuxième prototype en améliorant le premier selon les essais	2 jours	Travail cumulatif
9	Développer le prototype 3 en éliminant le plus de défaut des autres prototypes que possible	7 jours	Travail cumulatif

Tableau 4: Diagramme de Gantt du projet

Voici le diagramme de Gantt qui correspond aux tâches listées dans le tableau 7.

No. de tâche	Semaine 7 (relâche)	Semaine 8 25 février	Semaine 9 4 mars	Semaine 10 11 mars	Semaine 11 18 mars	Semaine 12 25 mars
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

Tableau 5: La liste des matériaux

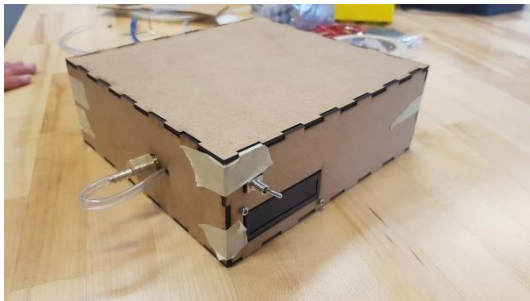
<u>Numé ro de matér iaux</u>	<u>Matéri aux</u>	<u>Coû t unit aire</u>	<u>Qua ntité</u>	<u>To tal</u>	<u>Lien</u>
1	Arduino Uno	2.99 \$	2	5.98 \$	https://amzn.to/2SVIAJt
2	Fils électrique (type Arduino : jumper wires...etc.)	5\$	1	5 \$	https://amzn.to/2DRyj6G
3	Interrupteur	2.19 \$	1	2.19 \$	https://amzn.to/2GNyMtq
4	Écran LED	4.99 \$	1	4.99 \$	https://amzn.to/2GOXcTh
5	Pompe	27.99 \$	1	27.99 \$	https://amzn.to/2BFkxDM
6	Tube de diamètre multiples.	0.6 \$	10	6 \$	https://bit.ly/2X8mulh https://amzn.to/2GLb6pD
7	Rattachement de tuyaux.	0.4 \$	6	2.5 \$	https://amzn.to/2SVhBMX
8	Réservoir	0.5	1	0.5 \$	N/A
9	Pile	27.99	1	27.99 \$	https://amzn.to/2UkZDnP

10	Mosfet	3\$	1	3 \$	https://amzn.to/2SVidCf
11	Laser cutting	3\$	N/A	3 \$	N/A
12	Ceinture	6.99 \$	1	6.99 \$	https://www.amazon.ca/dp/B071S6KZN5/ref=cm_sw_e_mr_mt_dp_U_PdHQCbA0EZ4N8
Totat	95.33 \$				

Analyse

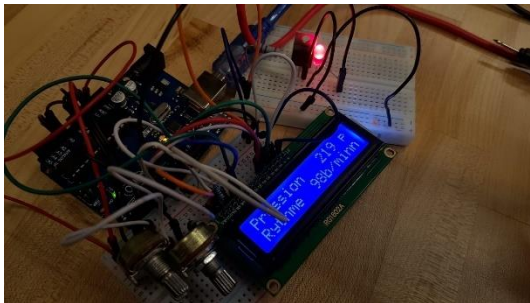
Prototypage, Essai et Validation du Client

Prototype 1



Durant la conception du premier prototype, notre limite ou objectif d'arrêt consiste de pouvoir tout compacter de manière sécuritaire et d'être durable dans un volume minimisé. Cela permettra au client d'opter pour le prototype le plus pratique tout en gardant le prototype le moins encombrant que possible.

Prototype 2



Le deuxième prototype consistait principalement le sous-système électronique, c'est-à-dire le circuit électrique et les composantes Arduino. Il est important d'assurer la faisabilité de ce sous-système puisque c'est ce dernier qui permet de contrôler la pompe et de la faire fonctionner de manière désirée. C'est le sous-système le plus important de tout le produit final. Ce système affiche la pression et le rythme de la pompe.

Le LCD est connecté à l'Arduino, et on peut modifier la pression et le rythme avec les deux potentiomètres, qui résultent aux valeurs changeant dans l'écran LCD.

Prototype 3



Le troisième prototype et notre produit final consistait à assembler tous les sous-systèmes dont nous avons fait l'étude séparément afin d'obtenir le maximum de chaque partie.

Essais

Le produit final respecte tous les divers besoins du client (réservoir de 250+ ml, système hydraulique fermé, tubes interchangeables, etc.) et même des demandes en bonus (batterie durable, portabilité, etc.), tout en présentant une performance extraordinaire.

Le troisième prototype démontre une fonctionnalité merveilleuse. Comme l'on peut voir dans la vidéo ci-dessous, nous avons pu contrôler la pression et le rythme, qui seront affichés en temps réel dans l'écran LCD, qui contrôlera la pompe et jettera l'eau à environ 9 m au maximum. Nous avons utilisé l'eau dû au manque dans l'accessibilité du sang disponible au public.



VideoPump.mp4

Validation du Client



Au Design Day, à peu près 80 groupes différents ont présentés des divers projets en incluant quelques groupes qui ont présenté la pompe artérielle. Comme notre client été là pour voir et tester les différentes pompes avec du sang, la nôtre lui a impressionné le plus d'entre les autres groupes. M. Ugo a aimé surtout les exigences non-fonctionnelles, comme la portabilité et la fonctionnalité avec la batterie. Comme qu'on peut voir dans la photo à la gauche, notre pompe a démontré des valeurs précises comme une faible ou forte pression/rythme qui a changé la trajectoire et les marques visuels du sang.

Solution Finale

À titre de solution finale, nous avons englobé les meilleurs éléments de tous nos prototypes en un seul afin de maximiser ses fonctionnalités. D'abord, notre première priorité s'attardait au boîtier et aux emplacements des composantes. Alors, notre produit final était conçu d'un boîtier plutôt rigide fait de bois MDF. Ce dernier répondait aux multiples demandes du clients qui cherchait un boîtier durable et résistant. Afin de mettre l'accent sur la durabilité de cet élément nous avons aussi sécurisé tous les coins du boîtier avec des embranchements de métal qui était supportés par des vis et des boulons.

D'autant plus, pour ce qui en est de la disposition des nombreuses composantes du prototype finale nous nous sommes assurées que toutes composantes était organisée et indépendante l'une de l'autre. Par exemple l'écran LCD était au tout haut du dispositif avec les autres composantes électroniques afin d'isoler le système électrique du système de tuyaux.

Pour en venir au système électrique, ce dernier était composé de plusieurs systèmes indépendants regroupé en un seul pour répondre à plusieurs commandes simultanément. Ce dernier était contrôlé par un interrupteur qui permettait le pouvoir aux autres composantes du système soit les potentiomètres et le LCD. Lorsqu'on allumait le circuit avec l'interrupteur, l'écran affichait un message de bienvenue et ensuite affichait les données de pression et de rythme. Ensuite, nous pouvions faire tourner les potentiomètres afin de changer ces valeurs dans des intervalles raisonnables pour recréer les données réelles du corps humain.

Finalement, ces données contrôlées par le voltage donné à la pompe étaient projetées par un système de tuyaux de diamètres interchangeables depuis l'extérieur du boîtier afin de maximiser l'efficacité du système et faciliter son utilisation.

Pour conclure, les essais ont su être concluante pour démontrer la fonctionnalité de notre système. En effet, notre prototype a réussi à propulser l'eau à une distance de 10m. Par la suite, la police nous a donné l'opportunité de tester notre prototype avec du sang de cochon qui est le plus similaire au sang humain. Les tests ont conclu que notre prototype a propulsé le sang à une distance de 5m.

Conclusions et Recommandations pour Travaux Futurs

Lors de ce projet, nous avons eu la chance de développer plusieurs compétences utiles et apprendre plusieurs leçons. En effet, nous avons eu beaucoup de pratique avec le soudage des composantes électriques, le codage d'Arduino, les machines de l'espace Brunfield du centre STEM, le découpage au laser, l'impression 3D et même la peinture. Nous croyons que ce projet nous a permis de devenir des meilleurs créateurs.

De plus, nous avons appris beaucoup de leçons utiles, notamment qu'il est important de bien gérer son temps et le travail d'équipe. Nous avons dû organiser plusieurs rencontres hors des heures de classe et de lab pour travailler sur le projet. Pour se faire il fallait trouver un temps où tout le monde était libre, ce qui pouvait parfois être difficile. Nous avons aussi appris comment gérer les problèmes de groupe. Il nous arrivait parfois d'avoir des membres de l'équipe qui ne s'entendaient pas sur la manière de faire les choses. Nous avons alors appliqué les méthodes apprises en classe pour régler les problèmes.

Quand ça vient au futur de notre produit, nous avons quelques idées en tête. Nous pouvons vendre notre produit à la police d'Ottawa et en construire et développer d'autres pour les services de police de différentes régions. Il faudrait alors penser à breveter notre produit, mais cela va au-delà de ce que nous avons appris en GNG 1503. Il y a donc une possibilité d'entreprise en pompe artérielle. Ce marché est très ouvert puisqu'il n'y a pas beaucoup de compétition. Toutefois, les membres de notre groupe ne sont pas nécessairement partants pour cette idée.

Sommaire

En conclusion, nous avons utilisé le processus de la pensée conceptuelle pour résoudre le problème de Sergent Ugo Garneau en passant par l'empathie, suivit par définir, ensuite l'idéation, le prototypage et finalement l'essai. Ce processus qui met l'emphase sur l'empathie et le prototypage itératif rapide nous a permis d'apprendre beaucoup de leçons alors que nous entreprenons un projet éducatif, captivant et passionnant. Nous sommes heureux, fiers et choyés d'avoir mérité le prix du meilleur projet pour notre catégorie lors du Design Day 2019. Cela nous encourage à poursuivre notre chemin en génie et à continuer de résoudre des problèmes.

APPENDICES

APPENDICE I: Manuel de l'Utilisateur

Caractéristique du produit:

Ce produit possède une boîte en mdf qui contient toutes les composantes. Il possède une batterie de 12V rechargeable. On peut changer les diamètres de tubes désirés. La capacité maximale du réservoir est de 250 ml. Puis, ce produit peut recréer une pression entre 0 et 70 psi et un rythme entre 60 et 180 bpm.

Liste des pièces :

Interrupteur :

interrupteur on/off général:



L'interrupteur permet d'ouvrir et de fermer le circuit électrique alimentant la pompe, le clavier, l'écran et la carte Arduino.

Réservoir:

Réservoir de 250 ml



Le réservoir a une capacité de 250 ml et contiendra le sang.

Potentiomètre :

Potentiomètre pour Arduino



Un des 2 potentiomètres qui permettent de changer la valeur de la pression et du rythme.

Ecran LCD :

Écran LCD pour Arduino



L'écran LCD permet d'afficher les valeurs de la pression et du rythme pour l'utilisateur.

Pompe :

Pompe à diaphragme



La pompe qui permet de donner la pression et le rythme pour les projections de sang.

Microcontrôleur Arduino :

Arduino



Batterie :

Batterie de 12V



La batterie de 12V qui nous permet d'alimenter notre système

Fonctionnement :

- 1- Actionner le switch pour allumer le dispositif
- 2- Sélectionner les valeurs à partir des 2 potentiomètres pour le rythme et la pression et vérifier si les valeurs sont les bonnes à partir de l'affichage sur l'écran LCD.
- 3- Actionner le bouton momentané dans la poignée pour permettre au circuit d'ouvrir le chemin dans les tuyaux.
- 4- Le sang est éjecté et peut être arrêté juste en retirant votre doigts du bouton.

Entretien :

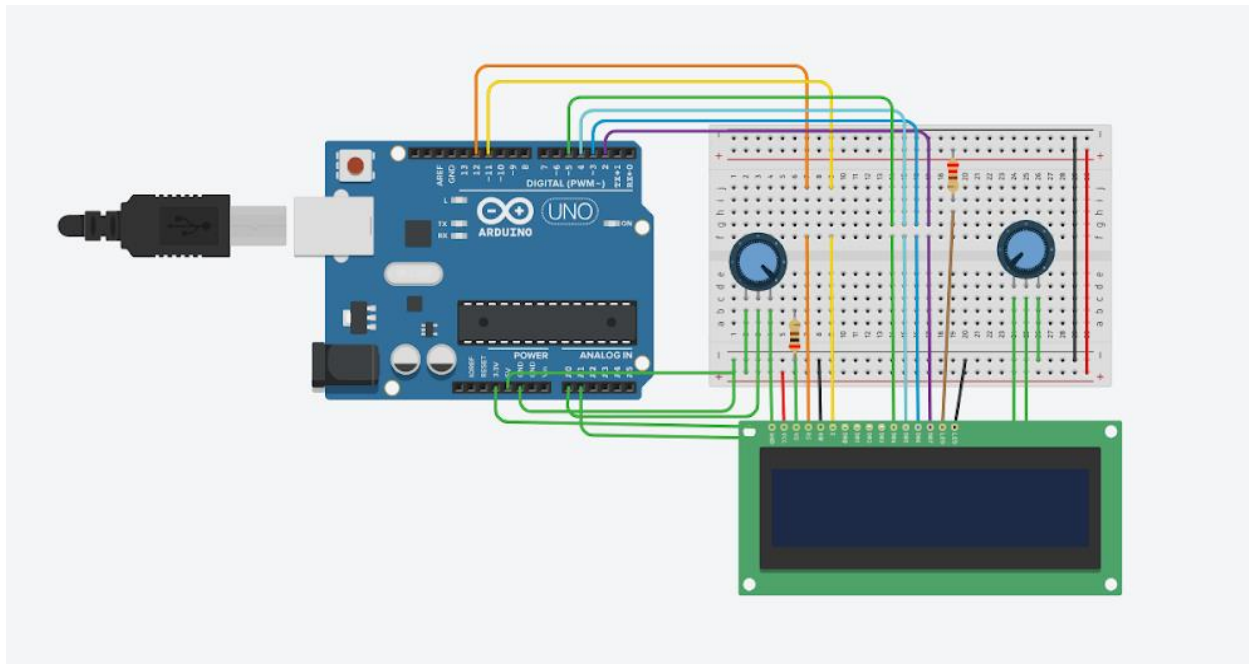
Après un test et pour nettoyer notre dispositif, il est préférable de faire fonctionner le tout avec un peu d'eau afin de permettre à ce dernier de circuler dans les tubes et les nettoyer. Puisque nous avons un circuit fermé, vous aurez à ouvrir le bouchon pour le réservoir à la fin et le vider manuellement afin que le reste de liquide soit évacué.

APPENDICE II: Fichiers de Conception

Lien MakerRepo: <https://makerepo.com/jhadd078/pompe-artérielle-fc5>

Tous nos livrables, fichiers, photos et vidéos se retrouvent sur notre page MakerRepo.

APPENDICE III: Figure du circuit électrique Arduino avec LCD et potentiomètres



APPENDICE IV: Code Final pour Arduino IDE

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(11, 10, 5, 4, 3, 2);
int Pin = 9;
int ButtonPin = 13;
const int ButtonState = 0;
Float mosfet;

void setup() {
  // initialize serial communication at 9600 bits per second:
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  pinMode(ButtonPin, INPUT);
  pinMode(Pin, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
```

```

// read the input on analog pin 0:
int sensorValue = analogRead(A0);
int sensorValue2 = analogRead(A1);
int value = map(sensorValue,0,1023,40,190);
int value2= map(sensorValue2,0,1023,0,100);
int mosfet = map(value2,0,100,0,255);

// print out the value you read:
delay(500);
lcd.print("Rythme "),
lcd.print(value),
lcd.print("b/min");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Pression "),
lcd.print(value2),
lcd.print(" psi");
lcd.setCursor(0,2);
if (ButtonPin = HIGH)
{
mosfet=map(value2,0,100,150,255);
if (value2<=10)
    x=0;
analogWrite(Pin,x);
float rythme = (60/value)*1000;
delay(rythme);
}
if (ButtonState == LOW){
    analogWrite(Pin,0);
}
}

```