

Livrable de projet K: Rapport de conception final

Écrit par :

Robin Leclair, Chloé Duquette, Ibrahim Konate et Chiheb Bouzidi

Le 14 décembre 2018

GNG 1503

Résumé du projet

Ce projet avait pour but de répliquer une pompe artérielle. Elle devait être conçue à l'aide de trois prototypes afin de pouvoir arriver à un meilleur résultat final, respectant le mieux possible les besoins du client. Nos prototypes devaient avoir la capacité de propulser du sang tout en imitant une artère coupée. Chaque prototype devait nous permettre d'apprendre sur les concepts que nous avons trouvés pour notre produit final. Pour avoir un produit fonctionnel, nous avons dû inclure plusieurs éléments mécaniques et électriques afin de bien représenter les besoins du client.

Index

Table des matières

Résumé du projet.....	2
Index.....	2
Table des matières.....	2
Listes des figures.....	3
Liste des tableaux.....	3
Introduction	3
Corps principal.....	4
Processus de conception utilisé.....	4
Empathie	4
Notre client.....	4
Besoins du client et importances	4
Définition des besoins.....	5
Énoncé de problème.....	5
Critères de conceptions	6
Idéation.....	7
Concepts préliminaires.....	7
Prototypage.....	8
Prototypes	8
Prototype 1	8
Prototype 2	8
Prototype 3	9
Stratégie de prototypage.....	10
Modélisation effectuée	11
Solution finale.....	11

Description	11
Manuel de l'utilisateur	12
Fichiers de conception	18
Conclusion	19
Bibliographie	19
Annexes	20
Annexe 1	20
Annexe 2	23

Listes des figures

<i>Figure 1</i>	<i>8</i>
<i>Figure 2</i>	<i>9</i>
<i>Figure 3</i>	<i>10</i>
<i>Figure 4</i>	<i>14</i>
<i>Figure 5</i>	<i>23</i>
<i>Figure 6</i>	<i>24</i>

Liste des tableaux

<i>Tableau 1</i>	<i>4</i>
<i>Tableau 2</i>	<i>6</i>
<i>Tableau 3</i>	<i>14</i>

Introduction

Afin de comprendre et exécuter un projet, il faut bien connaître le problème. Pour ce faire, il faut empathiser avec le client et répondre à ses besoins. Dans ce cas, le problème est de concevoir une pompe artérielle pouvant répliquer des artères coupées tout en étant portable et facilement contrôlable par l'utilisateur. Pour plaire au client, il faut répondre à ses besoins tels que: une pompe simple à utiliser, facile à nettoyer, une pompe ayant la capacité de propulser du sang en fonction des battements par minute du cœur ainsi qu'une pompe préférablement portative et relativement petite. Notre produit représente bel et bien les besoins du client puisqu'il s'agit d'une pompe simple à utiliser, relativement portative et fonctionnelle. La simplicité de celle-ci permet à l'utilisateur de simplement ouvrir la pompe et de changer la vitesse du moteur afin de créer les jets de sang désirés. De plus, elle est facilement portative afin de faciliter son transport et utilisation. Finalement, notre pompe permet une liberté du changement du type de coupure d'artère possible. Ces avantages permettent au client de pouvoir répliquer des traces de sang lors de la résolution de crimes. Dans ce rapport, nous exposons le processus utilisé, notre client, ses besoins, le problème que nous résolvons, nos critères de conceptions et idées préliminaires, nos prototypes et notre solution finale.

Corps principal

Processus de conception utilisé

Le processus de conception que nous avons adopté est le design thinking qui met l'accent sur l'empathie avec le client et le prototypage rapide. Il est d'ailleurs subdivisé en 5 grandes étapes que sont : l'empathie, la définitions de besoins, l'idéation , le prototypage , le test.

Empathie

Notre client

Notre client est un agent d'investigation médico-légale de la police d'Ottawa. Nous avons eu à discuter avec lui tout au long de notre projet ce qui nous a permis de connaître ses besoins afin de produire un prototype qui répond à ses besoins.

Notre Produit est en fait destiné au service de police afin de leur permettre d'entraîner de nouveaux inspecteurs sur la reconnaissance des taches de sang.

Besoins du client et importances

Notre client souhaite une pompe de simulation artérielle pour pouvoir éduquer d'autres policiers par rapport aux éclabousses de sang. Les besoins spécifiques du client selon l'importance sont dans le tableau 1.

Tableau 1

Be soi n #	Besoins	Importance
1	Imiter le comportement du corps humain	9
2	Peut être facilement transporté	7
3	Peut être opéré par une seule personne	6

4	A différentes tailles d'artères simulées	5
5	Peut-être accroché à la ceinture	4
6	A un réservoir de sang	6
7	Avoir différents niveaux de sectionnement des artères	5
8	Peut être réparé par le propriétaire	7
9	Être simple et bon marché	6
10	Être fiable	8
11	Pouvoir ajuster les paramètres du flux sanguin (pression, battements par minutes, vitesse du sang)	9

Légende

1-2 nuisible

3-4 peu ou pas important

5-6 souhaitable

7-8 très important

9-10 critique

Définition des besoins

Énoncé de problème

Concevoir une pompe de simulation artérielle portable, facile d'utilisation, facile à nettoyer, pouvant répliquer le comportement du sang dans le corps humain et pouvant simuler plusieurs types de dommages aux artères.

Critères de conceptions

Afin de faire un prototype répondant bien aux besoins de notre client, il faut associer des critères de conceptions à ses besoins afin de pouvoir nous guider dans notre travail. Les critères de conception que nous avons identifiés sont développés dans le tableau 2.

Tableau 2

Besoin #	Besoins	Critères de conception
1	imiter le comportement du corps humain	nombre de battements par minute pression sanguine contrôles
2	peut être facilement transporté	volume (po3) poids (kg)
3	peut être opéré par une seule personne	taille simplicité des contrôles
4	a différentes tailles d'artères simulées	diamètres des tubes
5	peut être accroché à la ceinture	points d'attache pour une ceinture
6	a un réservoir de sang	capacité (ml)
7	avoir différents niveaux de sectionnement des artères	différents tubes
8	peut être réparé par le propriétaire	pièces facilement trouvables (pas de pièces usinées spécialement pour); peut être ouvert

9	être simple et bon marché	mécanique simple (le moins possible de pièces qui bougent)
10	être fiable	mécanique simple solide (pas trop sensible aux chocs, fils biens connectés, etc.)
11	pouvoir ajuster les paramètres du flux sanguin (pression, battements par minutes, vitesse du sang)	contrôles affichage

Idéation

Concepts préliminaires

Au travers d'un remue-méninge fait autour des concepts préliminaires, nous avons réussi à générer plusieurs idées dont les choisis sont :

- Boutons flush avec la boîte
- Rocker switch pour activer le prototype
- Réservoir de sang (bouteille intégré dans la boîte), permet d'avoir un produit portatif , et transportable
- Pompe à piston, simule mieux le cœur humain
- Circuit fermé à plusieurs tuyaux, permet une liberté d'utilisation
- Forme de boîtier Rectangulaire
- Transport soit avec une courroie ou avec des attaches pour la ceinture.

Prototypage

Prototypes

Prototype 1

Le prototype 1 (montré dans la figure 1) que nous avons développé était un test de fonctionnement de concept. On pourra remarquer qu'il est aussi fait avec les moyens de bord que sont des Lego. Ce prototype était un prototype physique ciblé nous permettant d'apprendre si les différentes parties du concept fonctionnaient. Il a été un échec partiel puisque même si les composantes individuelles fonctionnaient (transmission, pompe, etc.), lorsqu'elles étaient mises ensemble, l'appareil s'auto-détruisait puisque les Lego ne permettaient pas aux pièces d'être correctement attachées sur la plaque.

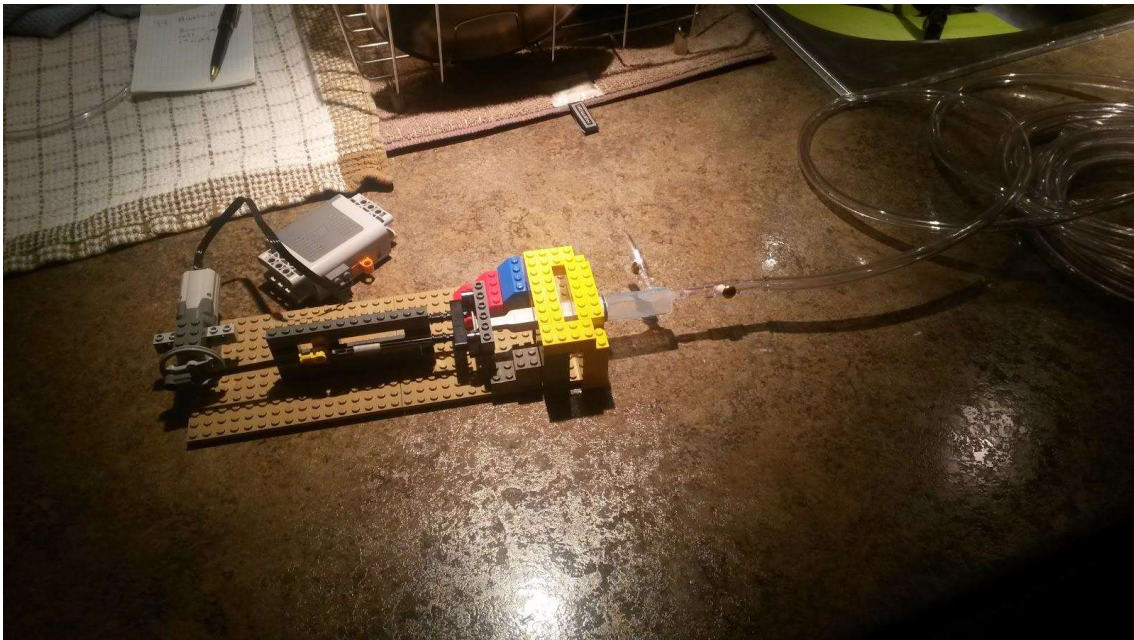


Figure 1

Prototype 2

Le prototype 2 (montré dans la figure 2) testait le concept de la pompe avec les vrais matériaux. Il est fait avec de l'acrylique et du plastique imprimé en 3D et se rapproche du prototype final. De ce prototype, nous avons appris qu'il y avait trop de friction entre le piston et le cylindre, ce qui nous a incité à utiliser une membrane afin d'assurer l'étanchéité de la pompe. Nous avons aussi appris que nous avons grandement sous-estimé la taille nécessaire pour la réalisation de l'appareil et que le moteur avait besoin d'un support de torsion pour l'empêcher de tourner sur lui-même au lieu de faire fonctionner la pompe.

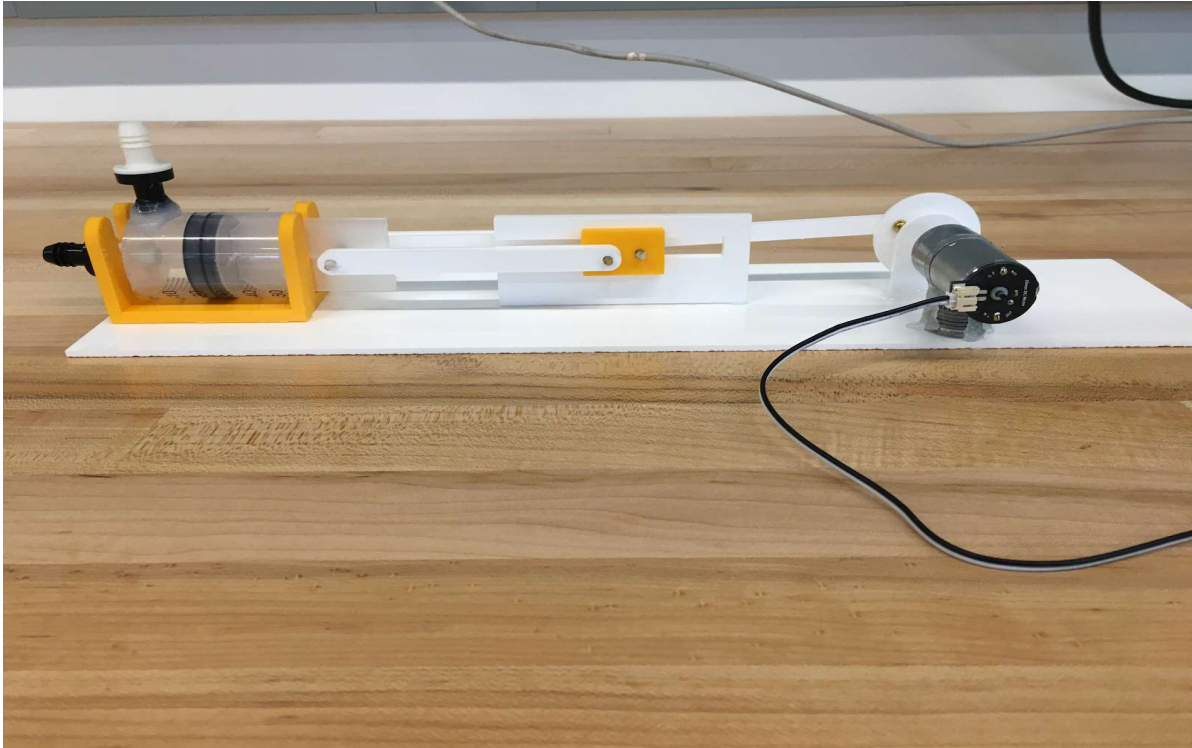


Figure 2

Prototype 3

Le troisième prototype (montré dans la figure 3) est une évolution du prototype 2 puisqu'il est essentiellement le même, mais avec un système de tuyau et de contrôle ajouté et avec les déficiences trouvées lors du test du prototype 2 réparées. Avec ce prototype, nous avons appris que le système de contrôle fonctionne comme prévu et que nous avons besoin d'un support pour la barre de transmission de mouvement horizontal pour qu'elle ne se déplace pas vers le bas. Nous avons aussi appris que le ballon en latex utilisé collait sur lui-même lorsqu'il était laissé humide et plié sur lui-même. Malheureusement, lors des tests, nous avons pu remarquer que le système avait quelques autres fuites que nous avons tenté d'éliminer dans le prototype final.

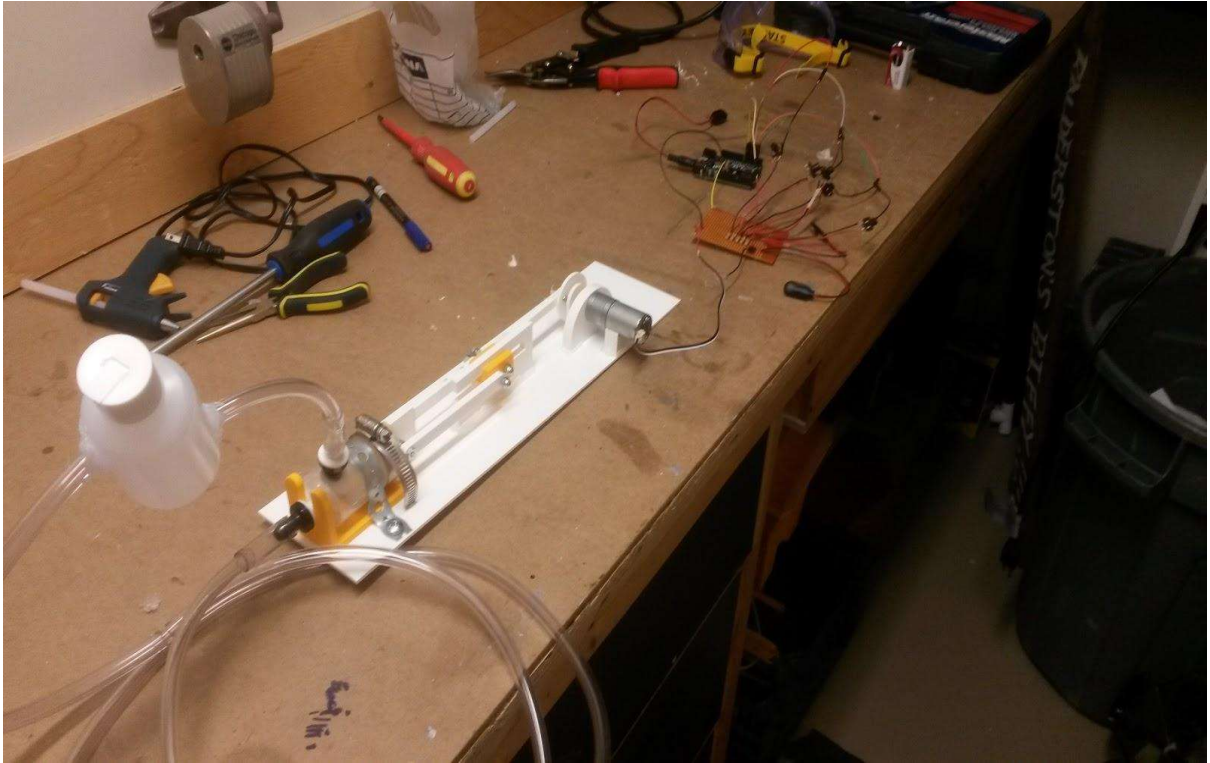


Figure 3

Stratégie de prototypage

Globalement, notre stratégie de prototypage était presque la même. Nous améliorions le prototype précédent en ajoutant les éléments que nous avons identifié comme nécessaire et nous tentons d'éliminer les problèmes identifiés. Ensuite, nous testons le prototype en mettant un liquide quelconque dans le système pour s'assurer qu'il fonctionne comme prévu. De plus, tous nos prototypes étaient de type physique et ciblé, ce qui, selon nous, nous permettait d'apprendre davantage qu'avec les autres types.

Lors de l'essai du prototype 1, l'objectif était de voir si notre concept pour la pompe va fonctionner et si la pompe va effectivement bien répliquer la variation de pression dans le sang afin de déterminer les points forts et faibles de notre concept. Cet essai a été un échec partiel puisque les composantes individuelles ont bien fonctionné, mais que lorsque mises ensemble, l'ensemble se défaisait.

Lors de l'essai du prototype 2, l'objectif était de tester de nouveau la pompe, mais avec les matériaux du produit afin d'éviter qu'elle ne s'autodétruise comme à l'essai du prototype 1. Cet essai a été un échec puisque le système refusait simplement de bouger à un niveau de courant acceptable (moins que 1.5 ampères) et que le moteur préférait tourner sur lui-même au lieu de faire fonctionner le mécanisme.

Notre troisième essai testait le prototype 3, essentiellement une version améliorée du prototype 2. L'objectif principal était de tester le système de contrôle Arduino et le circuit de tuyaux complet. Nous avons aussi comme objectif secondaire de tester la pompe pour s'assurer que nous avons éliminé les problèmes du prototype 2. Cet essai a été un succès presque complet puisque les

objectifs principaux ont été atteints, mais que certains problèmes d'étanchéité et de fixation de la membrane d'étanchéité ont fait surface.

Modélisation effectuée

Lors de la réalisation de notre projet, nous avons seulement fait de la modélisation physique lors du premier prototype. Cette modélisation nous a permis d'apprendre que les idées générales du concept retenu fonctionnaient à un coût nul puisque le premier prototype a été fait de Lego. Nous avons aussi fait de la modélisation numérique lors de la réalisation du système de contrôle lorsque nous avons fait des simulations du système Arduino sur TinkerCad afin de savoir si le circuit allait fonctionner.

Solution finale

Description

Notre solution finale est une pompe fonctionnant grâce à un piston et des valves anti-retour contenue dans un boîtier rectangulaire. Plus précisément, la pompe fonctionne un peu comme une locomotive à vapeur, mais avec le mouvement renversé, de sorte que le mouvement de rotation est transformé en mouvement de translation qui est ensuite transmis au piston. Le fluide est pompé de la même manière que le cœur, c'est-à-dire, avec une chambre qui change de volume et 2 valves anti-retour. Lorsque le piston recule, un vide est formé dans le cylindre. Ce vide est ensuite rempli avec du liquide provenant d'une des deux valves tandis que l'autre empêche le liquide qui est déjà sorti de la pompe de revenir en arrière. Ensuite, lorsque le piston avance, le liquide est forcé de sortir par la deuxième valve tandis que l'autre empêche encore le mouvement à l'envers. Puisque tout le système fonctionne à partir d'une roue, le diamètre de la roue au niveau du pivot de la barre de transmission du mouvement définit l'amplitude du mouvement de translation qui est, dans notre cas, de 2,5 cm. L'étanchéité de l'ensemble est maintenue avec de la colle, du ruban adhésif et, pour la pompe, une membrane en latex attachée au piston et à l'extérieur du cylindre.

La pompe est aussi contrôlée par un système Arduino qui, au lieu de simplement modifier la vitesse du moteur, ajuste simplement la fréquence des pulsations du moteur (au lieu de modifier la vitesse, ce qui ne donnerait pas un bon résultat lorsque la fréquence de battements désiré est plus basse, le système de contrôle envoie une courte pulsation correspondant au temps nécessaire pour la roue de faire une révolution, et donc, un battement de la pompe. Le système de contrôle ajuste simplement la fréquence de ces pulsations). Le liquide passe ensuite dans le tuyau simulant l'artère et ensuite par un étranglement représentant l'effet des capillaires dans le corps et permettant au sang de jaillir avec plus de force que si le tuyau ne comprenait pas cet étranglement. Les contrôles et le bouchon du réservoir, quant à eux, se trouvent sur l'extérieur, en haut du boîtier et les contrôles comprennent 5 boutons. Un ajoutant 10 battements par minute et arrêt, un ajoutant 1 battement par minute, un retirant 1 battement par minute, un retirant 10 battements par minute et un pour démarrer la pompe. Le nombre de battement est montré sur un écran LCD positionné près des boutons, ce qui permet à l'utilisateur de voir la fréquence entrée dans la pompe.

Tout l'ensemble est transportable s'il est mis dans un sac. Nous avons laissé ceci à la discrétion de l'utilisateur puisque lui seul sait comment il va l'utiliser et ce qu'il préfère pour le transporter. Le fichier joint « Annexe 4 » contient une vidéo montrant le prototype en action.

Manuel de l'utilisateur

Caractéristiques :

- Taille : 5.246 x 9.746 x 15.746 po
- Batteries : 3 x 9v
- Tuyau nécessaire : environ ¼ po de diamètre extérieur
- Matériaux : Acrylique, Plastique imprimé en 3D, écrous, vis, ballon en latex, tuyau +/- ¼ po, valves anti-retour, bouteille environ 75 ml, ruban adhésif.

Fonctionnement :

Cette pompe fonctionne avec un système de contrôle électronique qui contrôle un moteur électrique qui, ensuite, fait fonctionner la pompe. Afin d'utiliser le dispositif, il faut suivre les étapes suivantes :

1. Installer un tuyau dans l'appareil en le glissant dans les adaptateurs situés sur l'extérieur de la boîte et sur le réservoir de sang.
2. Faire l'entaille désirée
3. Remplir le réservoir de sang à l'aide d'un entonnoir.
4. Allumer la pompe avec l'interrupteur appelé "SWITCH" et attendre quelques secondes que le système s'allume.
5. Entrer le nombre de battements par minutes avec les boutons "+10", "+1", "-1", "-10". Les chiffres peuvent monter plus haut que 200BPM, mais la machine ne va bien fonctionner que sous 200 BPM et au-dessus de 1 BPM.
6. La pompe va commencer à pomper le sang lorsque le bouton "ENTER" est pressé.
7. Pour modifier le nombre de battements, il suffit de presser le bouton "RESET" et la pompe va s'arrêter et il sera possible de modifier la fréquence des battements.
8. Pour éteindre la pompe, utiliser l'interrupteur "SWITCH"

La pompe fonctionne comme le cœur. C'est-à-dire qu'elle est composée d'une chambre avec un volume variable et de deux valves anti-retours. La deuxième chambre du cœur humain n'est pas modélisée puisqu'elle sert uniquement à pomper le sang au travers des poumons. Le système fonctionne avec un piston, ce qui veut dire que la pression dans le tuyau varie selon un cycle, comme dans le corps humain. Le sang passe du réservoir à la pompe, pour ensuite aller au travers du tuyau simulant l'artère et jusqu'au réservoir en passant par une section de tuyau plus petite, ce qui simule les capillaires.

Maintenance :

Afin de s'assurer du bon fonctionnement de la pompe, il est nécessaire de l'entretenir. L'entretien se divise en 2 parties : le nettoyage et les pièces (batteries, membrane, lubrification, etc.). Dans tous les cas, il est nécessaire d'ouvrir la machine. Pour l'ouvrir, il suffit de repérer le côté qui n'est pas complètement fixé et est retenu par du ruban adhésif et de les retirer.

Puisqu'il s'agit d'un prototype, le nettoyage peut parfois être difficile. La première étape est de vider le plus de sang possible du système en vidant le réservoir. Dans nos tests, nous avons pu déterminer qu'un siphon fonctionne bien. En revanche, d'autres méthodes sont

possibles. Ensuite, il faut remplir le système avec de l'eau et le faire fonctionner une trentaine de secondes pour s'assurer que l'eau est passée à travers du système. Il faut ensuite vider l'eau et recommencer cette étape jusqu'à ce que l'eau soit claire. Par la suite, il faut faire la même chose, mais avec du nettoyant et avec un seul cycle de nettoyage. Pour s'assurer que la pompe soit bien vide et pour éviter que le latex de la membrane ne se colle sur lui-même, il faut commencer par retirer le tuyau simulant l'artère, les vis et écrous qui tiennent la pompe sur l'ensemble et les vis et écrous qui retiennent le piston à l'ensemble de transmission. Par la suite, il faut desserrer la serre à tuyau qui retient la membrane sur le piston et retirer le piston. Le cylindre et le piston peuvent ensuite être lavé séparément. Il est important de s'assurer que, lorsque la membrane sèche, elle n'ait pas de plis puisque, en séchant, il risque de coller et de faire des trous.

Pour les pièces, il peut être nécessaire de changer certaines composantes. Ces opérations sont couvertes dans la section "Dépannage". Lors de nos tests, nous n'avons pas utilisé de lubrification entre les pièces mécaniques. En revanche, il est nécessaire de s'assurer que chaque pièces soient bien en place après chaque utilisation et qu'aucune fuites de liquides ne se sont produites.

Schéma et pièces :

Schéma en vue explosé du système mécanique (figure 4) :

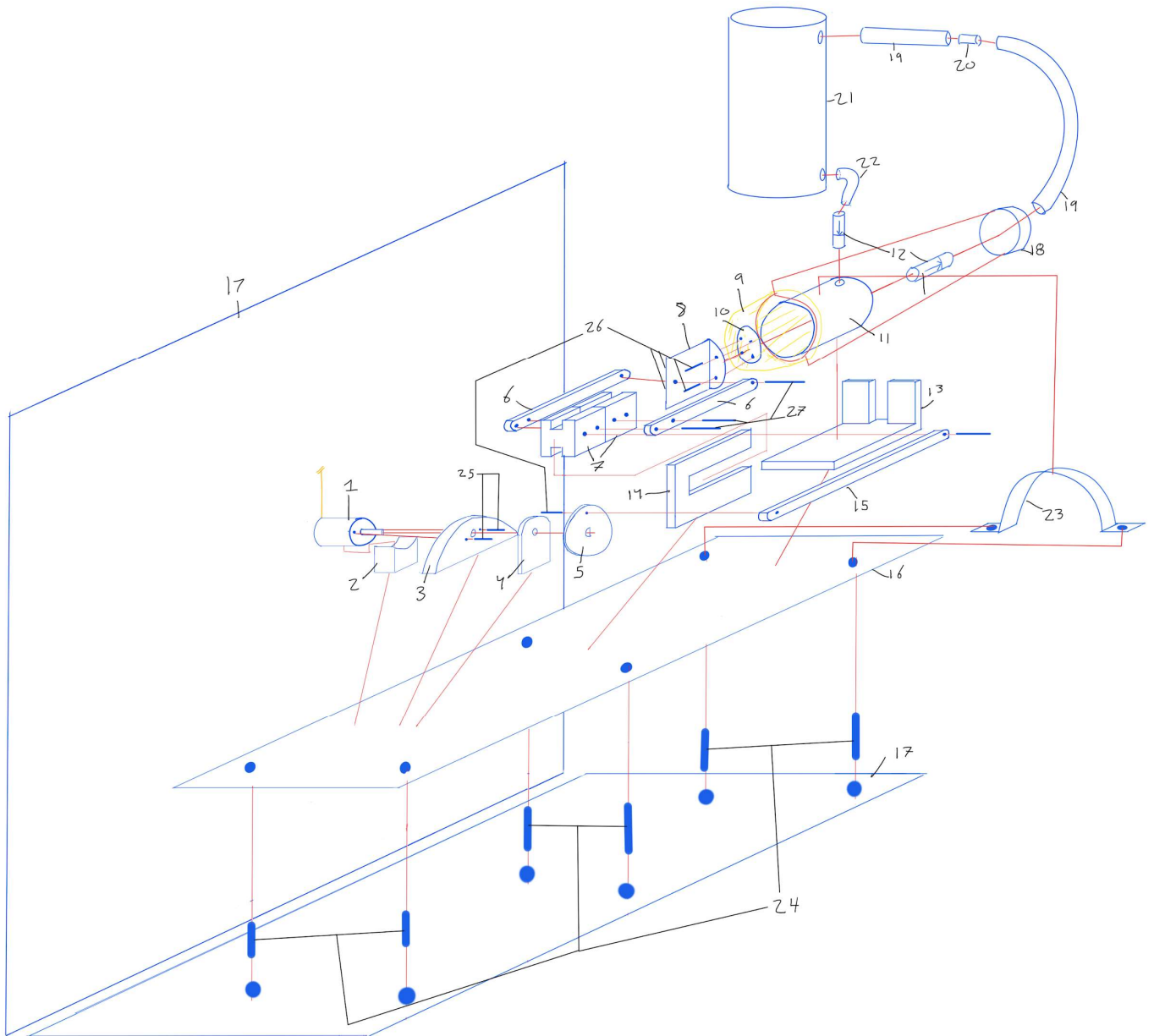


Figure 4

Liste des pièces :

Tableau 3

Numéro du schéma	Nom de la pièce	Fonction
1	Moteur 9v	faire fonctionner la pompe

2	Support du moteur	supporter l'arrière du moteur pour alléger la charge de l'autre support
3	Support de torsion du moteur	empêche le moteur de tourner sur lui-même au lieu de faire fonctionner l'appareil
4	guide de montage	sert à s'assurer que toutes les pièces sont assemblées au bon niveau
5	roue	sert à définir l'amplitude du mouvement de translation du piston
6	transmission de translation	transmet le mouvement horizontal allant du "Slider" au piston
7	"Slider"	Supporte le pivot qui joint la transmission rotation-translation et de transmission de translation.
8	piston	fait varier le volume dans le cylindre de la pompe
9	ballon (membrane)	assure l'étanchéité de la pompe entre le piston et le cylindre
10	plaque de maintien de la membrane	fait que les rivets filetés et les écrous ne déchirent pas la membrane (répartit la force sur toute la surface du piston)
11	cylindre de la pompe	deuxième partie de la pompe. Forme la chambre de la pompe
12	valves anti-retour	Sert à s'assurer que le sang circule dans une seule direction
13	support pompe	supporte le cylindre du piston dans l'assemblage et le maintient en place
14	support "Slider"	supporte les "Sliders" pour tout maintenir au bon niveau.
15	barre transmission rotation-translation	transforme le mouvement de rotation en mouvement de translation
16	plaque de montage de la pompe	sert à maintenir les différents éléments de la pompe en place lors du montage et facilite l'entretien en permettant à l'utilisateur de retirer la pompe en un morceau.
17	boîtier de la pompe (montré non entier)	Sert à faciliter le nettoyage, à faciliter la portabilité et l'esthétique de l'ensemble

18	serre-tuyau	sert à maintenir la membrane sur le cylindre
19	artère simulée	tuyau qui sert à simuler l'artère coupée
20	simulation de capillaires	simule l'effet des capillaires dans le système circulatoire
21	réservoir	stocker du sang dans le système
22	tuyau d'alimentation de la pompe	permet au sang d'aller du réservoir à la pompe
23	support de la pompe	sert à maintenir la pompe bien en place sur la pièce #13
24	vis et écrous de support de l'assemblage de la pompe	sert à attacher la plaque de montage de la pompe sur le boîtier
25	vis de support en torsion du moteur	sert à attacher le moteur sur le support de torsion du moteur
26	rivets filetés de 1/8 po et écrous	sert à maintenir la plaque de maintien de la membrane sur le piston et à attacher la transmission de rotation-translation sur la roue
27	tiges filetées de 1/8 po et écrous	sert à attacher la transmission de translation sur le piston et le "slider" et la transmission de rotation-translation au "slider"

Capacités :

Cet appareil est un prototype de pompe simulant le comportement du sang dans les artères. Il a la capacité de reproduire la fréquence des battements cardiaques et de la variation de pression associée. La fréquence des battements peut être réglée électroniquement. Les artères sont simulées par un tuyau flexible et amovible, ce qui permet à l'utilisateur de pouvoir déterminer la taille de l'artère et la coupure désirée du tuyau. Le volume pompé par chaque battement est environ 20 ml et la fréquence des battements peut théoriquement varier de 1 à 220 BPM. En revanche, la fréquence maximale dépend de la charge des batteries puisque des batteries plus faibles réduisent la fréquence maximale. Nos tests ont montré que la fréquence maximale se rapproche plus de 180 à 200 BPM. La pompe est techniquement portable même s'il n'y a pas de sangle présente sur le prototype.

Instructions d'installation :

Afin d'installer un nouveau tuyau dans l'appareil, il faut suivre ces étapes :

1. ouvrir la boîte de la même manière qu'avec la maintenance.
2. retirer le tuyau de l'adaptateur situé à la sortie de la pompe et sur le réservoir.

3. couper une section d'un tuyau plus petit faisant dans le tuyau simulant l'artère sans bouger.
4. couper le tuyau simulant l'artère près d'une extrémité en 2 sections
5. utiliser le petit bout de tuyau pour raccorder les 2 sections
6. utiliser du ruban adhésif pour assurer une connexion étanche.
7. insérer le bout du tuyau simulant l'artère le plus près du raccord dans le connecteur du réservoir et l'autre bout à travers de la paroi de l'appareil, puis dans le raccord de la pompe.
8. refermer l'appareil

Consignes de sécurités :

Certaines précautions sont à prendre lors de l'utilisation de l'appareil. Premièrement, il faut noter que les arêtes et les coins de la boîte peuvent être coupantes. Il convient donc de faire attention en manipulant la boîte. Aussi, l'appareil contient du latex (pour la membrane de la pompe), donc il faut prendre les précautions appropriées lors de l'utilisation de cet appareil si on est allergique au latex. De plus, il ne faut pas mettre ses doigts dans le mécanisme lorsqu'il est en opération puisque ceci pose un risque aux doigts.

D'autres précautions sont à prendre afin de maintenir l'intégrité de l'appareil. Tout d'abord, il faut essayer d'éviter les chocs violents puisque ceux-ci peuvent endommager les composantes internes et externes du dispositif. Par la suite, il est important de savoir que l'interrupteur fait aussi office d'arrêt d'urgence. Ainsi, si la pompe fait défaut de manière catastrophique, il est possible de l'arrêter facilement. De plus, il est recommandé de ne pas mettre la pompe à l'envers puisque si une fuite existe, les composantes électroniques pourraient être endommagées.

Dépannage :

Si une fuite est détectée (si du liquide s'échappe du boîtier ou si, lors de nettoyage, une flaque de liquide est trouvée), ces étapes doivent être suivies afin de réparer la fuite.

1. Arrêter la pompe
2. Identifier la source de la fuite
 - a. Si la fuite s'est produite sur la membrane, le liquide coulera de l'arrière de la pompe et la membrane sera humide à l'extérieur
 - b. Si la fuite s'est produite sur un des joints entre le cylindre de la pompe et des valves anti-retour, un filet de liquide s'échappant de la fuite devrait être visible
 - c. Si la fuite provient d'un joint entre 2 tuyaux, un filet devrait aussi être visible.
3. Vider la pompe
4. Défaire les 6 écrous qui retiennent la plaque de la pompe au boîtier
5. Déconnecter les tuyaux de la pompe
6. Retirer la pompe de l'appareil
7. Si la fuite provient de la membrane
 - a. Retirer le serre tuyau qui retient la membrane sur le piston
 - b. retirer la membrane et le piston du cylindre
 - c. défaire les 4 écrous qui retiennent la plaque de laiton sur le piston
 - d. retirer la plaque et la membrane
 - e. prendre un nouveau ballon

- f. couper la partie pour souffler le ballon
 - g. percer 4 trous pour les écrous dans le ballon
 - h. mettre les écrous dans les trous du ballon
 - i. mettre la plaque de laiton sur les écrous pour former l'assemblage suivant :
piston - membrane - plaque
 - j. remettre les écrous
 - k. remettre la membrane sur le cylindre
 - l. attacher le serre-tuyau sur le cylindre pour bien maintenir la membrane sur le cylindre.
 - m. réassembler le reste de la pompe (attacher les tuyaux, remettre la pompe sur la plaque, etc.)
8. Si la fuite provient d'un joint entre le cylindre et une valve anti-retour
- a. désassembler la pompe (étapes 4 à 6)
 - b. enlever la colle qui retient la valve sur le cylindre
 - c. mettre de la nouvelle colle
 - d. réassembler la pompe
9. Si la fuite provient d'un tuyau
- a. retirer le ruban adhésif préexistant
 - b. mettre du nouveau ruban adhésif

Si la pompe ralentit trop ou le système de contrôle électronique s'éteint, les batteries sont probablement mortes. Il faut donc ouvrir la boîte et remplacer les 3 batteries 9v dans la boîte d'électronique.

Si le système de contrôle fait des opérations sans instructions de l'utilisateur ou si le LCD fonctionne mal, ouvrir la boîte et regarder si des composantes électroniques sont déconnectées (si des fils qui devraient être connectés sont déconnectés). Si le problème est que les battements par minutes changent seuls ou si la pompe démarre et arrête sans l'utilisateur, le problème provient probablement d'un fil qui s'est déconnecté d'un bouton. Si le LCD arrête de fonctionner et que les batteries ont été remplacées, le problème vient probablement d'un fil déconnecté sur le circuit du LCD. Si le moteur ne fonctionne pas même après avoir changé les batteries, le problème est probablement un fil dessoudé sur la protoboard.

Fichiers de conception

Tous les fichiers utilisés pour la conception sont dans le fichier joint "Annexe 3". Ces fichiers contiennent des modèles 3d pour la découpe laser et l'impression 3D de certaines pièces. Il faut noter, cependant, que certaines ont été modifiées après l'impression. Tous les fichiers contenus dans ce dossier sont en format SLDPRT, pouvant être ouvert avec SolidWorks et contiennent des pièces. Les fichiers sont aussi séparés en 2 catégories : "Imprimer en 3D" et "Découpe au laser".

Le code contenu dans l'annexe 1 contient le système d'opération de la pompe et permet aux circuits électroniques de fonctionner. Pour qu'il fonctionne, il faut simplement

tout brancher tel qu'indiqué sur les schémas (voir annexe 2, figures 5 et 6) de circuits et mettre ce code dans la carte Arduino.

Conclusion

En conclusion, nous avons suivi le processus de pensée conceptuelle dans le but de concevoir une pompe simulant les artères coupées pour un agent d'investigation médico-légale de la police d'Ottawa. Nous avons identifié ses besoins et trouvé des critères de conceptions appropriés, trouvé des concepts préliminaires, trouvé une solution finale et testé plusieurs prototypes pour peaufiner le produit. Nous avons appris, comme leçons, que le travail d'équipe est important, l'importance de planifier ce que nous faisons et comment utiliser différents outils à notre disposition, tel que le découpage laser, l'utilisation de SolidWorks et autres. Nous sommes globalement assez satisfaits de notre produit final même si il comprend encore quelques déficiences sur l'étanchéité du à sa nature artisanale et au manque de pièces spécialisées causé par le manque de temps et d'argent. Dans le futur, si nous devons refaire ce projet, nous croyons qu'avoir accès à des outils d'usinage de métal et à plus de connaissances techniques, nous pouvons travailler à réduire la taille de l'appareil et à résoudre les problèmes que nous avons avec notre prototype.

Bibliographie

AMERICAN JOURNAL OF NEURORADIOLOGY. «Blood-Flow Volume Quantification in Internal Carotid and Vertebral Arteries», publié le 1er février 2006, réf. du 1er octobre 2018, <http://www.ajnr.org/content/27/2/363>

MEDICAL DAILY. «How Much Blood Can The Human Body Lose?», publié le 3 septembre 2015, réf. du 1er octobre 2018, <https://www.medicaldaily.com/breaking-point-how-much-blood-can-human-body-lose-350792>

PROBLÈMES RÉSOLUS DE GÉNÉTIQUE. «Le cœur et la circulation sanguine humaine», réf. du 1er octobre 2018, <https://www.afblum.be/bioafb/coeur/coeur.htm>

SULLIVAN, Debra. «How Much Blood Is in Your Body and How Much You Can Lose», publié le 18 juillet 2017, réf. du 1er octobre 2018, <https://www.healthline.com/health/how-much-blood-in-human-body>

POMPE ARTÉRIELLE (U. GARNEAU, 2018),

POMPE ARTÉRIELLE (I. ALBRECHT, 2018),

POMPE ARTÉRIELLE (G. LEAK, 2018),

Circuit électrique de contrôle de la pompe (O. JAKOB, 2018)

Annexes

Annexe 1

```
#include <LiquidCrystal.h>
// constants won't change. They're used here to set pin numbers:
const int buttonPin10 = 2; // the number of the pushbutton pin
const int buttonPin1 = 3;
const int buttonPinN1 = 4;
const int buttonPinN10 = 5;
const int buttonEnter = 6;
const int CtrlPompe = 7;

const int TRUE = 1;
const int FALSE = 0;
const int rs = 13, en = 12, d4 = 11, d5 = 10, d6 = 9, d7 = 8;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
// variables will change:
int buttonState10 = 0; // variable for reading the pushbutton
status
int buttonState1 = 0;
int buttonStateN1 = 0;
int buttonStateN10 = 0;
int buttonStateEnter = 0;
int buttonStateReset = 0;
int flag = 0;
int bpm = 1;
double temps = 0;
void setup() {
  // initialises lcd
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.print("BPM : ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(bpm);
  // initialize the pushbutton pin as an input:
  pinMode(buttonPin10, INPUT);
  pinMode(buttonPin1, INPUT);
  pinMode(buttonPinN1, INPUT);
  pinMode(buttonPinN10, INPUT);
  pinMode(buttonEnter, INPUT);

  pinMode(CtrlPompe, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  digitalWrite(CtrlPompe, HIGH);
  lcd.setCursor(0,1);
  flag = FALSE;
  do
  {
    // read the state of the pushbutton value:
    buttonState10 = digitalRead(buttonPin10);
    buttonState1 = digitalRead(buttonPin1);
    buttonStateN1 = digitalRead(buttonPinN1);
```

```

        buttonStateN10 = digitalRead(buttonPinN10);
        buttonStateEnter = digitalRead(buttonEnter);
        // check if the pushbutton is pressed. If it is, the
buttonState is HIGH:
        if (buttonState10 == HIGH)
        {
            // turn LED on:
            bpm = bpm + 10;
            Serial.println(bpm);
            lcd.print("          ");
            lcd.setCursor(0,1);
            lcd.print(bpm);
            lcd.setCursor(0,1);
        }
        if (buttonState1 == HIGH)
        {
            // turn LED on:
            bpm = bpm + 1;
            Serial.println(bpm);
            lcd.print("          ");
            lcd.setCursor(0,1);
            lcd.print(bpm);
            lcd.setCursor(0,1);
        }
        if (buttonStateN1 == HIGH)
        {
            // turn LED on:
            bpm = bpm - 1;
            Serial.println(bpm);
            lcd.print("          ");
            lcd.setCursor(0,1);
            lcd.print(bpm);
            lcd.setCursor(0,1);
        }
        if (buttonStateN10 == HIGH)
        {
            // turn LED on:
            bpm = bpm - 10;
            Serial.println(bpm);
            lcd.print("          ");
            lcd.setCursor(0,1);
            lcd.print(bpm);
            lcd.setCursor(0,1);
        }
        if (buttonStateEnter == HIGH)
        {
            // turn LED on:
            flag = TRUE;
            Serial.print("Enter| BPM = ");
            Serial.println(bpm);
            lcd.print("          ");
            lcd.setCursor(0,1);
            lcd.print("Enter");
            lcd.setCursor(0,1);
        }

```

```

    delay(200);
} while (flag == FALSE);
flag = FALSE;
lcd.setCursor(0,1);
Serial.print("BPM CTRL = ");
Serial.println(bpm);
do
{
    buttonStateReset = digitalRead(buttonPin10);
    //vérifie pour le reset

    //pompe
    digitalWrite(CtrlPompe, LOW);
    delay(150);

    if (buttonStateReset == HIGH)
    {
        flag = TRUE;
        Serial.print("reset");
        lcd.print("          ");
        lcd.setCursor(0,1);
        lcd.print("Reset");
        lcd.setCursor(0,1);
    }
    temps=60.0/bpm;
    temps=temps-0.15;
    temps=1000*temps;
    Serial.println(temps);
    digitalWrite(CtrlPompe, HIGH);
    delay(temps);
} while (flag == FALSE);
}

```

Annexe 2

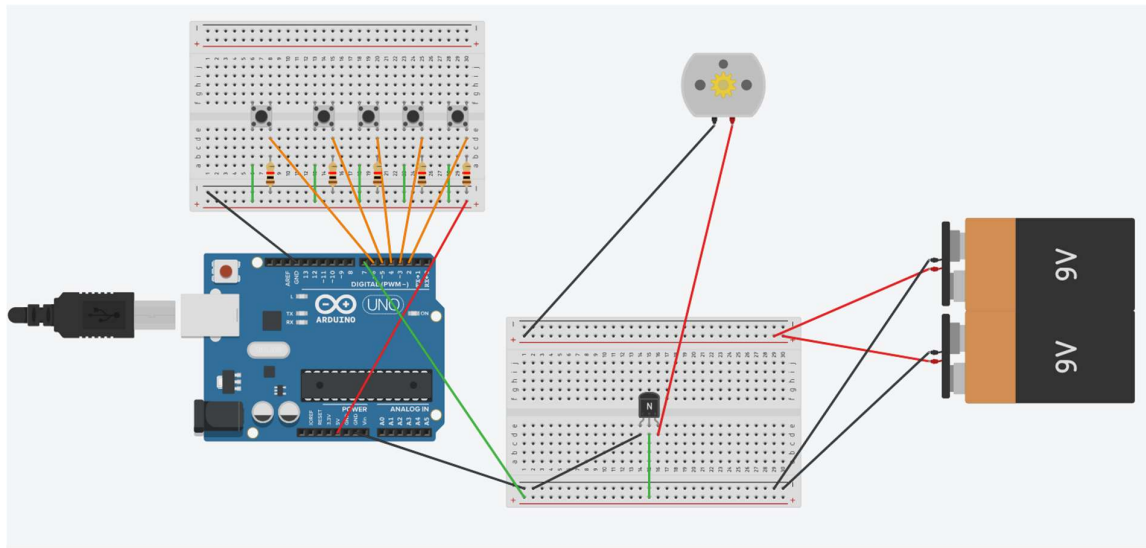


Figure 5

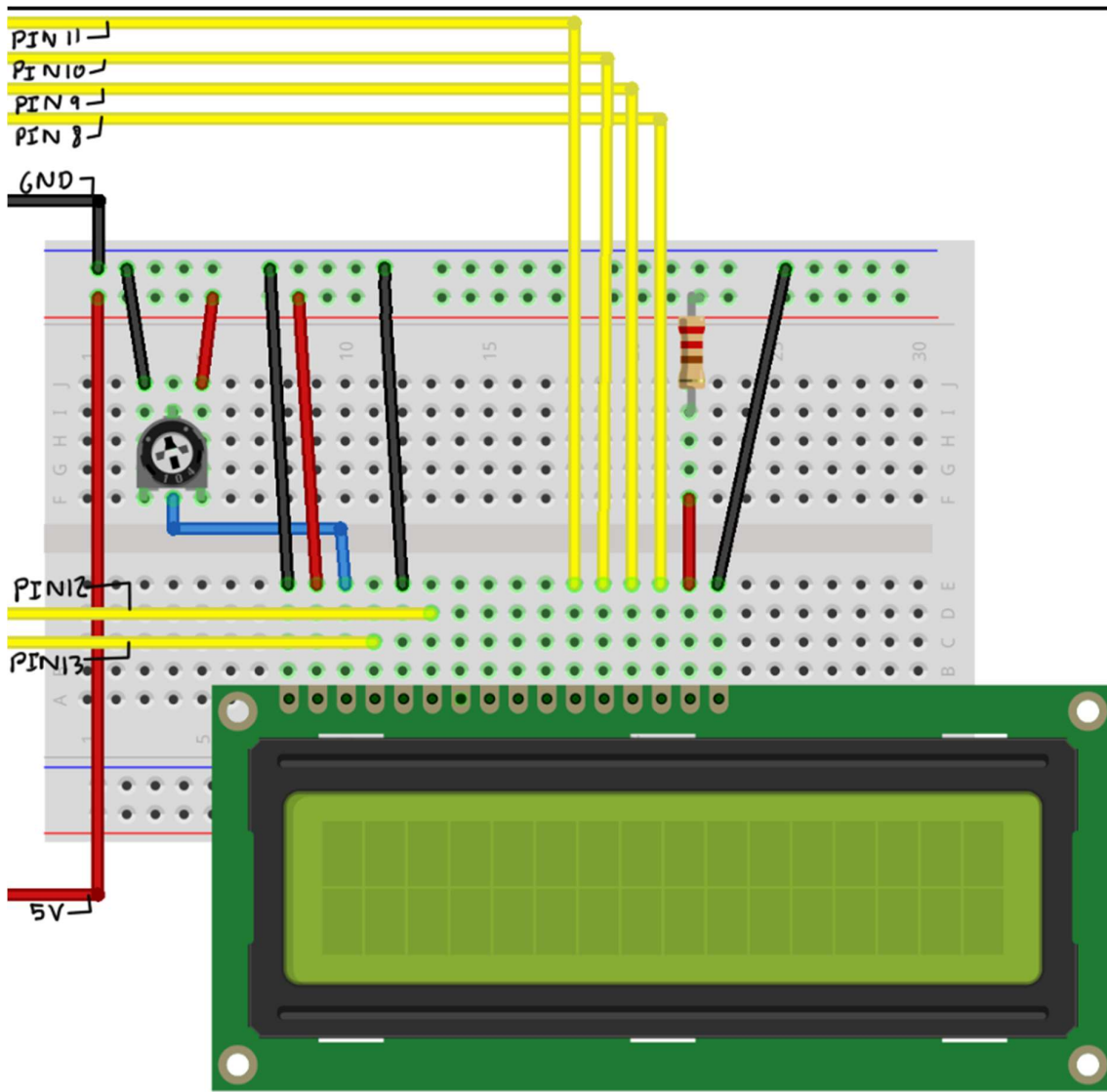


Figure 6