

Coussin intelligent

Par

Mark-Olivier Moreau:	8841701
Vincent Lafontaine:	7445268
Mathieu Perreault:	300033704
Jeremie Tsai:	8227028

Travail soumis au
professeur Emmanuel Bouendeu

Dans le cadre du cours
Introduction à la gestion et au développement de produits en génie et en informatique (GNG
2501)

Groupe: FA1 A04-1

Université d'Ottawa
Le 20 décembre 2018

Abstrait :

Après quelques rencontres avec notre client, il était clair qu'il recherchait un produit capable de détecter les pressions appliquées sur les personnes en chaise roulante et d'afficher ces données sur une application mobile utilisable par tous. Nous avons donc développé un produit, de style coussin, peu coûteux capable de détecter des variations de pression grâce à un système simple. Un courant électrique passe à travers des bandes de cuivre organisées en matrices séparées par des bandes de Velostat, un plastique injecté de carbone noir, dont la conductivité électrique change selon la pression qui lui est appliquée. Ce système permet de connaître de façon assez précise l'amplitude de pression qui est appliquée à des points spécifiques du coussin. Nous avons utilisé un Arduino qui, à l'aide d'un programme et d'une puce Bluetooth, nous permet d'afficher les données de pression obtenues selon une matrice et d'un code de couleurs qui permet une lecture très simple des données sur une application mobile que nous avons créée.

Table des matières :

Introduction.....	4
Identification des besoins et spécifications.....	4
Conception préliminaire.....	7
Plan du projet et étude de faisabilité.....	13
Analyse.....	20
Prototypages, essais et validation.....	23
Solution détaillée et ses attributs.....	30
Résultats des essais finaux.....	31
Modèles d'affaires.....	33
Analyse économique.....	36
Fichiers de conception.....	43
Conclusion et recommandations pour le futur.....	43
Bibliographie.....	44

1. Introduction:

Les personnes à mobilité réduite n'ont pas toujours la force ou la capacité de se déplacer dans leur chaise roulante ce qui peut entraîner de longues périodes d'immobilité et de posture stagnante. Cette immobilité peut entraîner de l'inconfort et même des blessures chez ces personnes comme des plaies. Le personnel des soins de santé doit donc les aider à se mouvoir dans leur chaise roulante, mais il est parfois difficile pour le personnel de savoir quelle position est confortable pour le patient ou qui ne représente pas un danger en termes de répartition de son poids. C'est dans cet aspect que notre produit prend toute son importance. En effet, notre coussin intelligent permet de détecter l'amplitude et l'emplacement des pressions qui sont appliquées sur les personnes en chaise roulante et affiche la répartition du poids de l'utilisateur sur un appareil mobile à l'aide d'un code de couleur simple à lire. Cela permet au personnel des soins de santé de rapidement et efficacement déplacer les patients dans des positions plus confortables et moins dangereuses pour éviter l'inconfort et améliorer leur qualité de vie. Étant simple, peu coûteux, compacte, résistant et facile d'entretien, notre produit pourrait être très utile pour les différents professionnels de la santé interagissant avec des personnes en chaise roulante. En permettant aussi d'éviter des blessures de stress chez les patients, notre produit pourrait devenir un outil utile dans les hôpitaux et pourrait peut-être même leur permettre de sauver de l'argent à long terme en ce qui a trait aux traitements des blessures que notre produit pourrait permettre d'éviter.

2. Identification des besoins et spécifications :

Nous avons débuté le projet en rencontrant notre client, Bocar N'diaye, pour discuter avec lui du problème qu'il expérimentait. La réunion a été très bénéfique pour bien comprendre le problème relié au besoin d'un coussin intelligent pour certains patients de

l'Hôpital Saint-Vincent. Comme nous l'a expliqué Monsieur N'diaye, plusieurs patients de l'hôpital St-Vincent sont contraints à leur chaise roulante ou à leur lit sur de longues périodes de temps à cause d'une perte de mobilité ou d'un manque de force. Ces individus doivent donc compter sur des personnes aidantes pour les déplacer. Cependant, il est difficile pour ces personnes aidantes de savoir si l'autre individu est installé confortablement ou non. C'est là où un capteur de pression, de style coussin ou tapis, installé sous la personne, permettrait à la personne aidante de savoir s'il y a des points de pression sur le corps et qui peuvent résulter en un inconfort chez la personne en perte de mobilité. Au fil de la rencontre, nous avons pu aussi dresser une liste des besoins de notre client, besoins qui nous ont guidés dans nos recherches, dans notre étalonnage ainsi que dans la détermination des métriques et des spécifications cibles que devraient respecter notre produit. Voici une liste de besoins des clients qui sont ressortis de notre rencontre:

- Le capteur résiste aux chocs, au froissement et à la torsion.
- Le capteur résiste aux liquides et autres substances quotidiennes.
- Le capteur peut faire sur des chaises roulantes génériques (environ 40cm x 60cm).
- Le capteur est protégé contre les courts circuits ainsi que le surchauffage accidentel.
- Le capteur peut être alimenté par piles rechargeables ou branché directement dans une prise murale.
- Le capteur est assez sensible pour détecter la majorité des variations de pression.
- Le produit peut être utilisé par une clientèle variée.
- Le capteur est réglementaire, il se conforme aux normes de santé et sécurité de l'établissement.

- Le capteur est facile d'usage. Il peut être utilisé de pair avec un cellulaire ou un ordinateur portable.
- Les données recueillies par le coussin sont affichées via une application mobile et elles sont faciles à interpréter.

Une fois les besoins du client établis, nous avons fait beaucoup de recherche (étalonnage) pour essayer de trouver des produits semblables que nous pourrions utiliser comme base ou comme exemple pour déterminer les spécifications réalistes pour notre propre produit. Voici une liste des produits semblables que nous avons trouvés lors de notre étalonnage:

1. Tekscan Body Pressure Measurement System (BPMS):

Tapis mince et flexible qui est placé sur des surfaces de support tels que des matelas et des coussins. Le BPMS mesure la distribution de pression sur la surface en temps réel et peut retourner des images représentant la distribution de pression.

2. AliMed Alarms: Cordless pressure sensor:

Produit qui utilise la détection de pression pour détecter les chutes de patient dans un lit ou une chaise roulante.

3. BodiTrak Monitor :

Système de surveillance qui permet d'observer la position et la pression d'un patient. Aide les soignants à détecter et gérer des régions de la peau à risque de haute pression et forces de cisaillement.

Suite à l'étalonnage, la prochaine étape dans le développement de notre produit était la création d'une liste de métriques qui allait nous permettre de finalement déterminer les

spécifications cibles de notre produit. Nous en sommes arrivés à la liste de métriques ci-dessous:

- Le temps d'opération continu du produit (unité de mesure : heure)
- Dimensions du produit dans une chaise roulante (unité de mesure : centimètre)
- Coût (unité de mesure : dollar canadien)
- Voltage de la source d'électricité (unité de mesure : Volt)

Avec tout ces informations en main, la dernière étape du processus de spécification du produit était d'établir les spécifications cibles elles-mêmes. Ci-dessous sont les spécifications que nous avons déterminés nécessaires pour la création de notre produit.

- Le produit doit opérer pendant au moins 24h continue et être rechargé complètement au cours de la nuit ou d'opérer pendant une durée étendue si chargé par une pile non rechargeable.
- Le produit doit avoir une base de 40 cm x 47 cm pour remplir la chaise roulante.
- Le produit doit couter moins de 100\$, exigence du client.
- Le voltage doit être moins de 10V pour ne pas blesser le patient en cas de contact avec le circuit.

3. Conception préliminaire :

Une fois les besoins et les spécifications déterminés, la conceptualisation était la prochaine tâche sur notre liste. À l'aide des données précédentes, nous avons pu établir les critères de conception qui ont servi de base dans l'analyse et dans l'évaluation des différentes solutions auxquelles nous avons pensées pour régler le problème. Ces critères de conception sont les suivants:

- A) Le produit doit détecter avec précision la pression qui lui est appliqué en temps réel.
- B) Les données du produit doivent être affichées sur un téléphone intelligent.
- C) Les matériaux du produit doivent complaire aux normes en vigueur à l'Hôpital Saint-Vincent.
- D) Le produit doit utiliser une source d'électricité d'au plus 10V et être protégée contre les courts circuits pour éviter de blesser le client en cas de contact.
- E) Le produit doit coûter moins de 100\$.
- F) Le produit doit résister au froissement, aux chocs et aux liquides.
- G) Le produit doit avoir une base d'environ 40 cm x 47 cm pour remplir une chaise roulante.
- H) Le produit devrait être facile à entretenir.
- I) Le produit devrait opérer durant 24h sans arrêt sur une seule charge.
- J) Le produit devrait être rechargé rapidement et facilement.
- K) Si des piles sont utilisées, elles devraient permettre une longue durée de vie.

Suite à cela, des solutions satisfaisant ces critères devaient être générées. À cette étape il est utile de se rappeler que l'objectif principal du coussin intelligent est d'enregistrer les données de pression appliquées sur un patient sur un dispositif à distance. Ces données seront utilisées pour comprendre et aider les patients à trouver des positions plus confortables. Puisque l'observation de phénomènes de pression était l'objectif principal du coussin, il semblait obligatoire d'utiliser des capteurs de pression pour faire la récolte de données. Les solutions trouvées se concentrent sur deux facteurs principaux; l'emplacement des capteurs par rapport au coussin et la répartition des capteurs. Le groupe de solutions ci-dessous utilise des capteurs répartis pour former une matrice. Cette matrice couvre

l'entièreté de la surface de contact afin d'observer les pressions exercées tout le long de la surface:

- Solution 1: Capteurs intégrés dans la housse du coussin :

Les capteurs de pression sont intégrés dans la housse du coussin, à noter que ceux-ci sont sur la couche intérieur afin de former une couche protectrice entre le patient et les circuits. La housse peut être placée sur plusieurs types de rembourrage.

- Solution 2: Tapis externe :

Un tapis flexible qui peut être placé sur les surfaces de contact du dispositif de repos. Cette solution est fixée au dispositif de repos par des fermoirs (velcros, ficelles, etc.) et doit être imperméable.

- Solution 3: Rembourrage intelligent :

Matelas de coussin avec des capteurs intégrés. Le produit est séparé de la housse facilitant l'entretien de celui-ci.

Les solutions ci-dessus sont très similaires les unes aux autres et porteront la même évaluation par rapport à certains critères. Il serait donc plus prudent d'utiliser une matrice décisionnelle fine plutôt que grossière pour démontrer la différence par rapport aux critères prioritaires.

Figure 1 : Matrice décisionnelle fine :

		Housse de coussin (référence)		Tapis matrice		Matelas intelligent	
Critère	Facteurs	eval.	fact.	eval.	fact.	eval.	fact.
A	20%	3	.60	3	.60	3	.60
B	5%	3	.15	3	.15	3	.15
C	5%	3	.15	4	.20	3	.15
D	5%	3	.15	3	.15	3	.15
E	10%	3	.30	3	.30	2	.20
F	15%	3	.45	2	.30	4	.60
G	0%	3	.00	3	.00	3	.00
H	20%	3	.60	4	.80	3	.60
I	15%	3	.45	3	.45	3	.45
J	5%	3	.15	3	.15	3	.15
K	0%	3	.00	3	.00	3	.00
Score total		3.00		3.10		3.05	

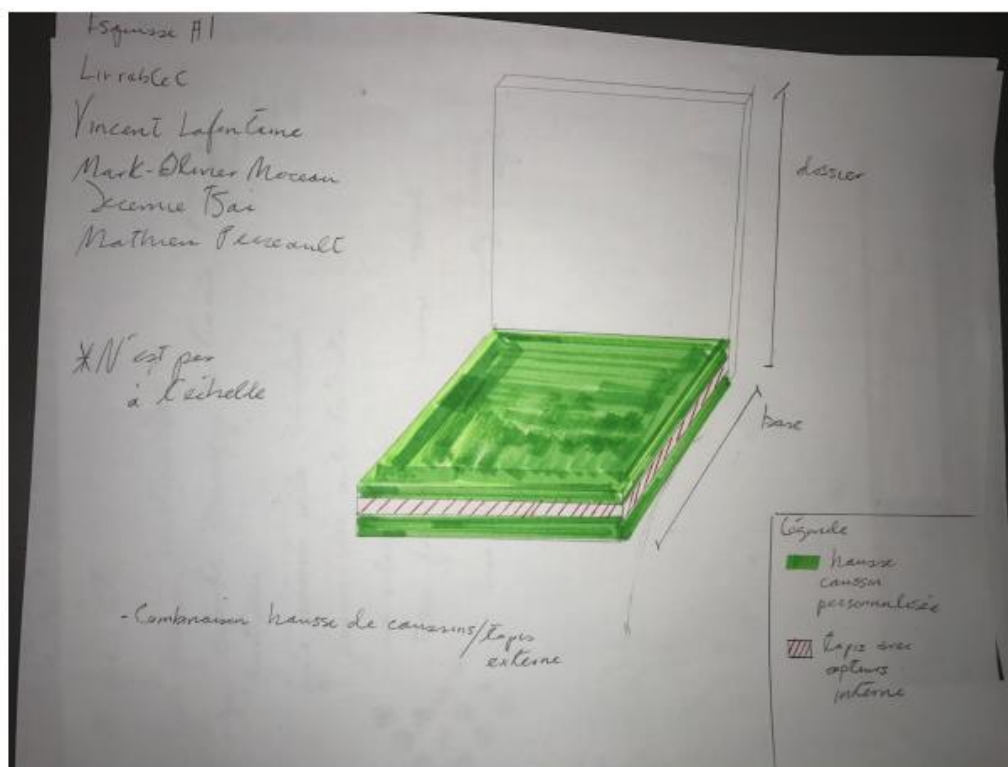
Si on regroupe les scores pour tous les produits, on obtient le tableau suivant:

	Solutions		
	1	2	3
Score	3.00	3.10	3.05
Continuer?	Non	Oui	Non

Comme on peut le constater, les scores des trois solutions qui avaient été retenus sont très rapprochés et il n'y a pas de solution qui se démarquent de façon exceptionnelle. Le tapis externe semblait être la meilleure solution à ce point, cependant, les différences entre les solutions n'étaient pas majeures et des modifications à notre solution était à considérer.

Le tapis externe avait une faiblesse évidente comparativement aux autres solutions. Il était sensible aux froissements et aux chocs. La solution de la housse et du matelas ne semblait pas aussi sensible aux chocs et au froissement, car ils sont fixés à l'intérieur du coussin. Cependant, ceci les rendait plus difficile à maintenir. Il semblait donc pratique de pouvoir placer le tapis à l'intérieur du coussin afin de compenser pour cette faiblesse. Nous pensions utiliser des boucles et du velcro pour fixer le tapis à l'intérieur de la housse du coussin afin de l'empêcher de se déplacer. En combinant la housse de coussin et le tapis externe, une nouvelle solution était envisagée, soit le tapis interne détachable. Le tapis interne est facile à entretenir une fois détaché et la housse est elle aussi facile à nettoyer en cas de besoin, car elle est séparable. Ce concept éliminait donc les désavantages principaux du tapis externe et de la housse de coussin. Cependant, le tapis interne n'était pas aussi universel que le tapis externe. Il nécessitait une housse personnalisé supplémentaire que l'on devait concevoir. De plus, ces modifications feraient augmenter le prix du produit. Le tapis qui contient les capteurs ne change pas que le tapis soit externe ou interne, nous considérons donc le tapis externe comme solution principale avec la housse personnalisée comme produit complémentaire ou supplémentaire.

Figure 2 : Esquisse du concept de coussin intelligent :



La fonctionnalité primaire du concept que nous avons imaginé, en quelques lignes, serait la lecture de données de pressions et de répartition de poids sous forme de zones de pression avec une intensité variée. Notre coussin intelligent pourrait également être utilisé comme un détecteur de mauvaise posture ou bien de position stagnante et ardue pour le corps. Cette fonction principale répondait aux spécifications cibles déterminées pour ce concept en lien avec les besoins du client. En effet, le produit devait détecter avec précision la pression qui lui était appliquée en temps réel. Une autre fonctionnalité que nous avons imaginée pour le produit était un système d'alerte dans le cas de mauvaise posture basé sur les données de pression recueillies par les capteurs. Cela pourrait être utile pour améliorer le confort des patients dans leur chaise-roulante et aider encore plus le personnel dans leur travail.

4. Plan du projet et étude de faisabilité :

Suite à une analyse complète de différents éléments qui devront être pris en considérations pour le démarrage de la conception de nos prototypes et de notre solution finale, il est devenu primordiale d'établir un plan concret des différentes étapes qui devront être effectuées pour la réalisation du coussin intelligent.

Lors de la collecte d'information préliminaire pour la création du prototype sélectionnée par notre équipe, il était claire qu'une division des tâches selon les forces de chacun des membres de notre équipe serait une technique profitable et efficace. Un tableau est ici utilisé pour permettre d'illustrer cette division :

Figure 3 : Division des tâches pour la recherche préliminaire :

Tâche	Durée estimée	Personne en charge	Dépendance
Recherche pour les capteurs	1 heure	Jeremie	N/A
Recherche pour les textiles	1 heure	Vincent	N/A
Recherche pour les attaches (velcro, ficelles, etc)	1 heure	Mark-Olivier	N/A
Recherche pour l'enveloppe de plastique	1 heure	Mathieu	N/A
Commander les capteurs	5 minutes	Jeremie	Suivant la recherche
Commander le textile	5 minutes	Vincent	Suivant la recherche
Commander les attaches	5 minutes	Mark-Olivier	Suivant la recherche
Commander l'enveloppe de plastique	5 minutes	Mathieu	Suivant la recherche
Initialisation des capteurs et programmation	3 heures	Jeremie	N/A
Fabrication du coussin physique avec le textile	3 heures	Vincent	N/A

Fabrication du système d'attache pour les capteurs à l'intérieur du coussin	3 heures	Mark-Olivier	N/A
Fabrication de l'enveloppe de plastique	3 heures	Mathieu	N/A
Initialisation de la plateforme de lecture de données	2 heures	Mark-Olivier	N/A
Programmation de la plateforme de lecture de données	2 heures	Jeremie	N/A
Tests et vérification du fonctionnement	4 heures	Mathieu et Vincent	Étapes d'initialisation et de programmation

Cette planification a été utilisée à de nombreuses reprises lors de la suite du projet pour effectuer une division des tâches rapides pour l'accomplissement d'une certaine étape de production, ou encore pour la recherche d'informations pour une composantes du projet. Suite à cette description, il est devenu important d'établir un gabarit de notre méthodologie de travail pour ce projet et déterminer comment nous allons séparer les différentes étapes de productions entre les individus et quelles tâches devaient d'être accomplies en équipe. Alors, pour une représentation concrète de cette planification, nous avons utilisé la méthode de sprints pour illustrer la première semaine de production de notre produit et ce tableau Excel a ensuite été modifié à chaque début de semaine pour suivre l'évolution du projet. Voici donc un exemple de la planification utilisée pour quelques jours de conception du produit :

Figure 4 : Sprint de la semaine 1 :**Plan sprint**

Semaine: 7 octobre au 14 octobre
 : GNG 2501 Coussin intelligent

Lundi	7:00 AM	8:00 AM	9:00 AM	10:00 AM	11:00 AM	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00 PM	TOTAL
Vincent		Cours Concep	Cours Concep	Cours Concep		Maitre	Maitre	Maitre	Maitre	7
Mark-Olivier		Cours Concep	Cours Concep	Cours Concep		maitre scrum	maitre scrum	maitre scrum	maitre scrum	7
Jeremie		Cours Concep	Cours Concep	Cours Concep		programation	programation	programation	programation	7
Mathieu		Cours Concep	Cours Concep	Cours Concep		prise de notes	prise de notes	prise de notes	prise de notes	7
										0

Sprint de la semaine

Semaine du : 7 octobre au 14 octobre
 : GNG 2501 Coussin intelligent

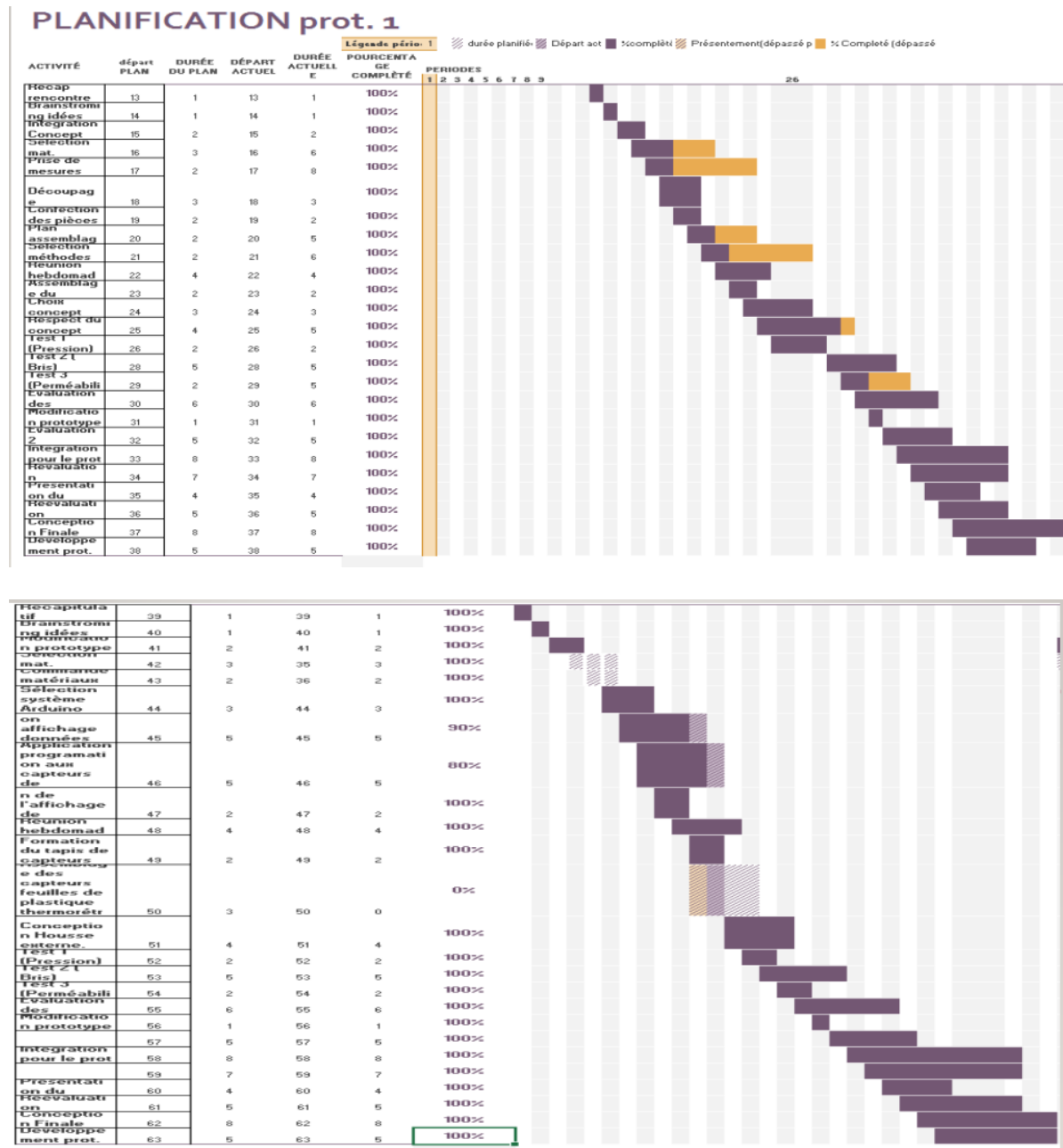
Mardi	7:00 AM	8:00 AM	9:00 AM	10:00 AM	11:00	12:00	1:00 PM	2:00	3:00 P	TOTAL
Vincent	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	9
Mark-Olivier	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	9
Jeremie	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	9
Mathieu	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	9
										0

Sprint de la semaine

Pour la semaine du 7 octobre au 14 octobre
 Department Name: GNG 2501 Coussin intelligent

Mercredi	7:00 AM	8:00 AM	9:00 AM	10:00 AM	11:00 AM	12:00 PM	1:00 PM	2:00 PM	3:00	TOTAL
Vincent	travail	travail	travail	Remise retroaction des pairs	Remise retroaction des pairs	Remise retroaction des pairs	Remise retroaction des pairs	travail	travail	9
Mark-Olivier	occupé	occupé	occupé	maitre reunion	maitre reunion	maitre reunion	maitre reunion	occupé	occupé	9
Jeremie	occupé	occupé	occupé	Remise retroaction des pairs	Remise retroaction des pairs	Remise retroaction des pairs	Remise retroaction des pairs	occupé	occupé	9
Mathieu	occupé	occupé	occupé	Remise retroaction des pairs	Remise retroaction des pairs	Remise retroaction des pairs	Remise retroaction des pairs	occupé	occupé	9
										0

Pour la suite de la planification du projet, il était nécessaire d'établir un plan à long terme de la réalisation du projet, nous avons donc opté pour l'utilisation d'un diagramme de Gantt. Celui-ci a pu être modifié à tout moment lors de l'évolution de la conception du coussin et nous permettait d'être conscient des retards et des progrès de notre conception.

Figure 5 : Diagramme de Gant Final :

Nous avons pu remarquer quelques erreurs et réussites lors de l'évaluation de notre planification. D'abord notre planification pour la documentation liée à notre conception était très adéquate et nous permettait d'avoir un bon suivi de notre progrès. Cependant, 2 éléments ont nécessité un travail plus approfondi qu'anticipé. Plus de temps aurait dû être accordé dès le départ à la finalisation physique du prototype final, mais particulièrement à

l’affichage des données qui était un élément qui était bien plus important que planifié au départ.

4.1 Étude de faisabilité du projet :

Pour la suite de la conception de notre coussin intelligent, il était primordial de déterminer la viabilité des différentes solutions proposées par notre équipe et laquelle d’entre elle doit être priorisée, alors nous utiliserons les aspects TELOP: techniques, économiques, légaux, opérationnels et planification. Une des premières étapes réalisées était une étude des différents matériaux et s’assurer du respect du budget de 100\$ alloué à notre projet.

Prototype 1

Capteurs Velostat		
Matériel	Quantité	Coût (\$)
Arduino R3	1	11.49
Multiplexeur 1 à 8 (1 à 16)	1	2.57 (4.39)
Fil électrique	Une bobine	8.00
Résistance de 1kohm	40	5.98
Velostat (28 cm x 28 cm)	2	3.75
Ruban conducteur	1	35.00
Total		70.54

Prototype 2

Capteurs à mousse antistatique		
Matériel	Quantité	Coût (\$)
Arduino R3	1	11.49
Multiplexeur 1 à 8 (1 à 16)	1	2.57 (4.39)
Fil électrique	une bobine	8.00
Résistance (1 kohm)	40	5.98
Mousse à haute densité antistatique	2	9.09
Total		46.12

Prototype 3

Capteurs à mousse antistatique		
Matériel	Quantité	Coût (\$)
Arduino R3	1	11.49
Multiplexeur 1 à 8 (1 à 16)	1	2.57 (4.39)
Fil électrique	une bobine	8.00
Résistance (1 kohm)	40	5.98
Capteur de pression	64	1.69
Total		136.20

Il était donc nécessaire de justifier la présence de ces coûts pour notre projet et comment chaque matériel présente son utilité. Parmi les prototypes ci-dessus, il y a certains composants qui sont présents dans tous les prototypes, ceux-ci sont :

- L'Arduino R3: nécessaire pour toute version du prototype, fait la lecture de données des capteurs ainsi que leur transmission à d'autres dispositifs.
- Le multiplexeur: puisqu'on a besoin d'un nombre élevé de capteurs, il n'y a pas assez de pins pour connecter tous les capteurs, on utilise un multiplexeur pour réduire le montant de pin d'output nécessaire.

- Le fil électrique: nécessaire pour connecter des composantes du circuit.
- Les résistances: les résistances sont nécessaires pour réduire les risques de faillite du circuit ainsi qu'assurer que le produit passe les normes réglementaires.

Au départ, nos prototypes présentaient une distinction majeure alors que chacun possédait différents types de capteurs de pression.

Prototype 1

- Velostat : Matériel conducteur dont la résistance baisse quand une pression est appliquée. Ce matériel est nécessaire pour créer un type alternatif de capteur de pression.
- Ruban conducteur : Matériel conducteur plat utilisé pour connecter les capteurs au microcontrôleur.

Prototype 2

- Mousse à haute densité antistatique : Matériel non conducteur avant qu'une pression soit appliquée, utilisée pour créer un type alternatif de capteur de pression.

Prototype 3

- Capteurs de pression : Nécessaires pour détecter la pression appliquée par le patient sur le coussin intelligent.

Pour la réalisation finale, il sera possible de remarquer que notre équipe a sélectionné le prototype 1 pour son faible coût et pour une planification de l'assemblage et de la programmation plus réalisable que ses concurrents. Il est également possible à ce jour de commenter les différentes inquiétudes qui étaient présentes lors de la conception initiale de notre coussin. Il est important de souligner que l'évaluation et la sélection des différents prototypes était adéquate, car notre coussin permettait une lecture précise de l'emplacement

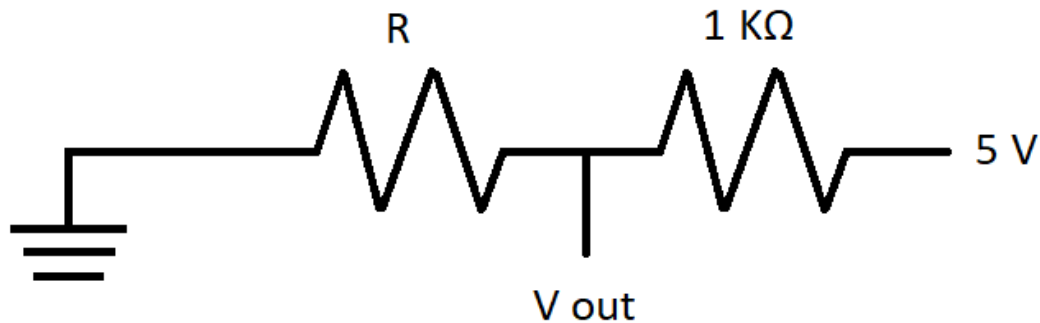
des pressions et même de la variation de leur intensité pour ainsi fournir les informations adéquates au personnel médical. Une considération qui aurait dû être plus présente dans nos réflexions est la capacité de chaque capteur à lire la longévité des pressions, car cela s'est avéré à être un facteur important pour la satisfaction du client.

5. Analyse :

5.1 Coussin intelligent :

Pour détecter la position du client sur le coussin intelligent, on utilise des capteurs de pression. Puisque la valeur résistive du Velostat varie quand on y applique de la pression, on peut utiliser la valeur résistive du Velostat pour mesurer la pression appliquée sur celui-ci. Pour calculer la valeur de la résistance on peut utiliser un diviseur de voltage :

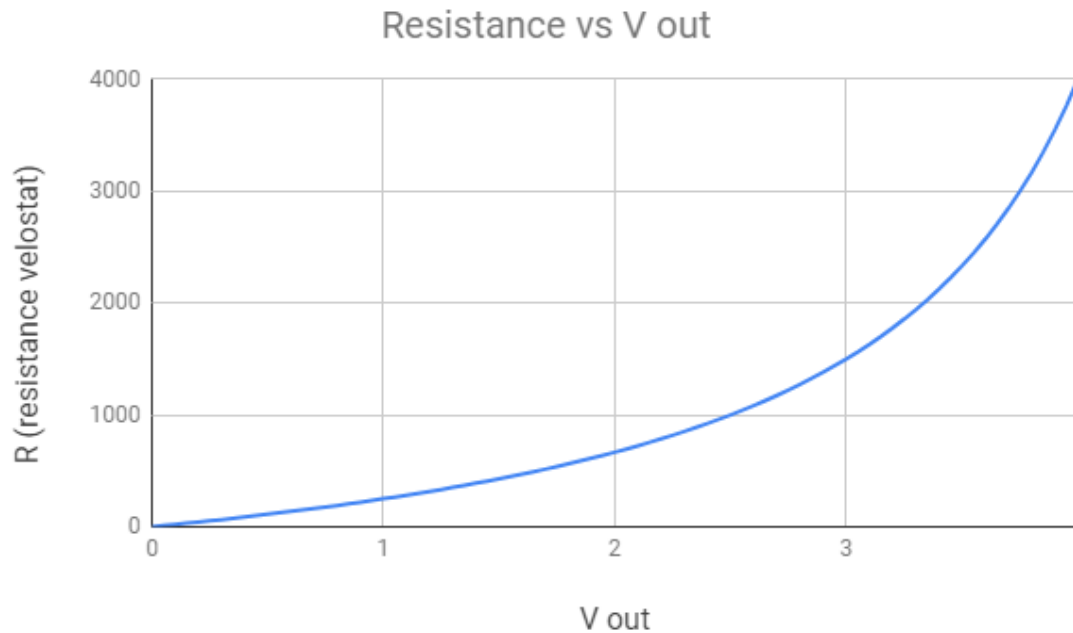
Figure 6 : Diviseur de voltage :



On mesure le voltage entre les deux résistances avec la fonction *analogRead()* de l'Arduino, les autres valeurs sont fixes selon le circuit. La valeur de R peut être calculée à partir de la formule suivante:

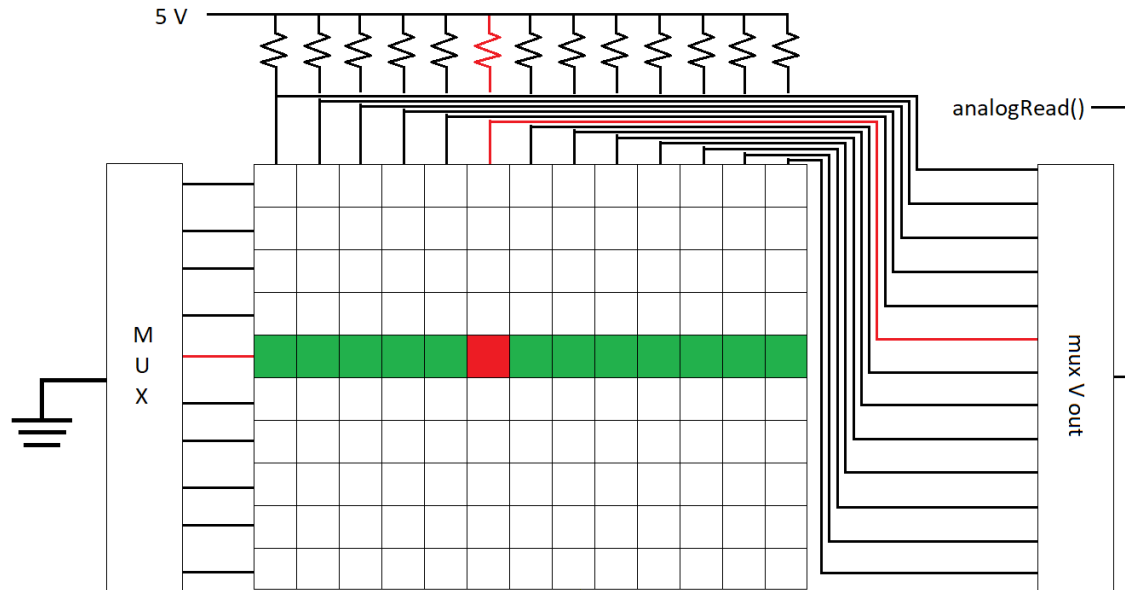
$$R = \frac{1000\Omega * V_{out}}{5V - V_{out}}$$

Figure 7 : Résistance du Velostat :



Pour ce projet, nous avons une matrice de 130 capteurs de pression (matrice 13 x 10). Chaque capteur ayant une taille d'un pouce carré, formant un coussin de 33cm par 27cm. Cependant, 130 circuits individuels seraient encombrant et le microcontrôleur de l'Arduino n'a pas assez de ports d'entrée et de sortie pour accommoder un tel nombre de capteurs. On réduit donc la quantité de ports d'entrée et sortie et on simplifie le circuit en utilisant des multiplexeurs.

Figure 8 : Lecture du voltage d'une cellule d'une rangée isolée de la matrice de Velostat :



Ceci nous permet d'isoler le courant dans une colonne et faire une lecture de voltage pour chaque rangée. On collecte la valeur de chaque cellule pour afficher la répartition de la pression appliquée sur le coussin entier. Le code pour contrôler les multiplexeurs et l'Arduino est fourni au lien suivant :

[lien au github](#)

5.2 Affichage des données :

Pour afficher les données, on utilise une connexion Bluetooth entre l'Arduino et un téléphone intelligent. Pour l'Arduino, on a utilisé un adaptateur UART pour permettre à l'Arduino d'envoyer des signaux Bluetooth. Pour simplifier le transfert de données et leur représentation, on associe les résistances avec des intervalles plutôt qu'envoyer la valeur précise. On envoie un **integer** qui est associé à l'intervalle dans laquelle la résistance se situe. Pour le téléphone intelligent, on a développé une application mobile. Cette

application est basée sur l'application Android-nRF-UART de Nordic Semiconductor. Cette application nous fournit le squelette pour se connecter, communiquer et se déconnecter avec le dispositif Bluetooth connecté à l'Arduino. On y a ajouté le code nécessaire pour interpréter les valeurs envoyées par l'Arduino. Puis on associe une vue *ImageView* à chaque cellule de la matrice pour représenter visuellement la valeur de la résistance. On regroupe les vues dans un rectangle, transposant leur position sur le coussin. On a maintenant un rectangle composé de carrés plus petits, chacun représentant la résistance de la cellule correspondante. Finalement, on fait une mise à jour chaque fois qu'on reçoit des données de l'Arduino.

6. Prototypages, essais et validation :

En premier lieu, notre conception était basée sur un principe de développement de 2 prototypes et d'un produit final qui devait nous permettre d'atteindre la solution optimale. Le premier développement d'un prototype a été effectué suite à la 2e rencontre avec notre client Bocar. Cette rencontre avait été fructueuse et nous avait permis de soulever certaines parties de notre conception que nous allions devoir améliorer ou modifier pour s'assurer de la pleine satisfaction de notre client. Alors les remarques principales qui ont été soulevées par Bocar suite à une illustration de nos hypothèses pour la conception et de nos spécifications cibles sont les suivantes :

- L'enveloppe qui contient le coussin doit lui permettre d'être complètement immobile pour s'assurer d'une lecture adéquate des changements de pressions.
- L'enveloppe externe doit permettre au coussin d'être durables (résister aux mouvements et froissements), en plus d'être imperméable.

- La programmation est une partie capitale du projet et devrait être entamé le plus tôt possible, celle-ci doit être simple à comprendre par l'utilisateur.
- Le coût des capteurs de pressions semble trop élevé pour le budget du projet.

Suite à ces rétroactions, il est possible de résumer les différents changements qui ont été apportés au projet :

- Modification de l'enveloppe externe, pour une utilisation de plastiques thermos rétrécissables pour s'assurer de l'imperméabilité et de l'immobilité des capteurs.
- Commencer la programmation pour s'assurer de créer une interface simple qui pourra être compris par l'utilisateur.

Cette facette est probablement celle que l'équipe n'a pas assez considérer lors de notre processus de conception. Nous avons réalisé sur le tard que notre coussin répond aux divers besoins du clients si le professionnel de la santé est disposé à comprendre facilement les données qui lui sont fournies par le coussin. L'affichage des pressions doit donc se faire de façon efficace et particulièrement clair pour permettre aux spécialistes de modifier rapidement la position du patient.

Suite à ces modifications, il était maintenant possible pour notre équipe de déterminer un ensemble de test qui nous permettrait de tester la fonctionnalité et l'efficacité du coussin.

Ces tests ont été divisés en 3 parties :

- Un individu s'assois sur le coussin, s'assure que celui-ci ne cause pas d'inconfort, et on vérifie si le coussin permet de lire l'emplacement et l'intensité des pressions avec précision.
- Froisser et laisser le coussin tomber à maintes reprises pour s'assurer de l'immobilité des capteurs et de sa durabilité.

- Tester l'imperméabilité du coussin avec de l'eau et divers liquides pour différentes périodes de temps.

Suite à ces modifications notre équipe s'est lancée dans le développement d'un premier prototype physique. Celui-ci devait être développé à l'aide de matériaux recyclés ou courants pour seulement nous permettre de représenter physiquement les différents éléments qui devaient être présent dans notre coussin final.

Alors le prototype est le suivant :

Figure 9 : Représentation sur carton du prototype 1 :

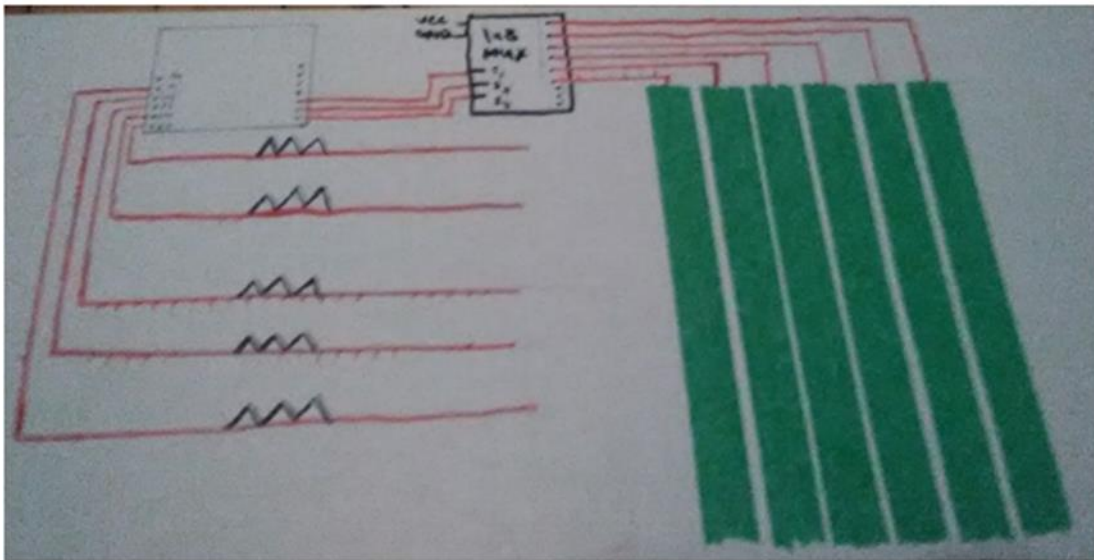


Figure 10 : Vision agrandie de l'emplacement de la carte mère :

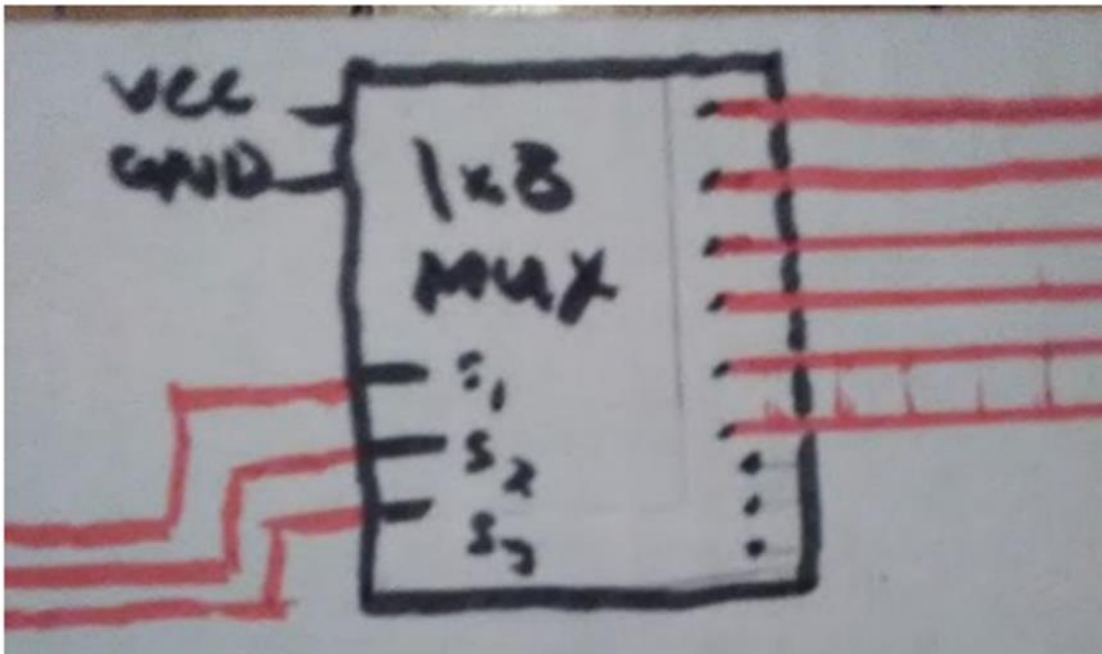
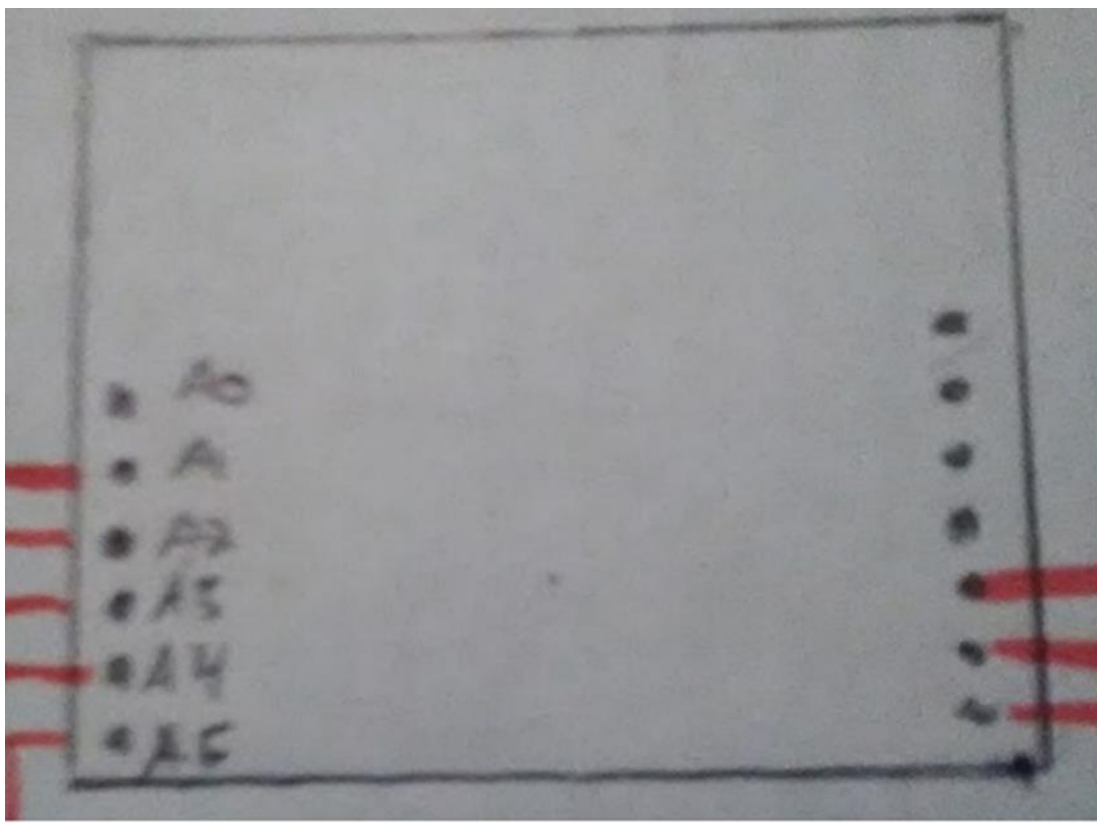


Figure 11 : Vision agrandie de l'emplacement futur du Arduino :



Cette représentation visuelle permet donc d'observer clairement l'emplacement physique des différentes composantes. Il ne semblait pas pertinent pour nous d'expliquer le fonctionnement provisoire du prototype 1, car le fonctionnement du coussin sera couvert lors de l'évaluation du prototype final et dans certaines parties du manuel de l'utilisateur. Alors, suite à la confection du prototype 1, nous avons planifier la rencontre 3 avec notre client et celle-ci allait être primordiale pour la suite du projet.

Alors suite à la 3e rencontre avec notre client, il est possible de ressortir certains éléments :

- La première incertitude de Bocar est par rapport au positionnement de la boîte qui contiendra l'Arduino et les multiplexeurs, celle-ci ne doit pas nuire au confort de l'utilisateur.
- La deuxième incertitude de Bocar est par rapport à la programmation des pressions du coussins. L'affichage des pressions est primordial pour permettre au professionnel d'identifier facilement les positions problématiques

Suite à ces rétroactions, notre équipe à décider de modifier certains aspects du coussin :

- Pour s'assurer du confort de l'utilisateur, nous avons ajouté une pochette externe à la housse principale. Pour éviter qu'une pression supplémentaire soit appliquée sur les fils reliant l'Arduino au reste du coussin, nous pensions ajouter deux languettes de velcro sur la pochette contenant les composantes électriques pour pouvoir la fixer sur une patte de la chaise roulante. Par contre, cette modification n'a pas fait partie du concept final.
- Pour s'assurer de la facilité d'utilisation du coussin, nous avons créé un programme qui affichera une matrice de carrés distincts qui vont correspondre à une matrice identique sur le coussin. Ceux-ci permettront également d'identifier l'intensité des

pressions par un code de couleur. De vert à rouge, pour les pressions faibles et élevées. Cette facette de l’affichage est devenue une partie primordiale de notre projet et a permis à grand nombre de personnes de comprendre facilement le fonctionnement de notre coussin. Particulièrement lors de la journée de conception, il était simple pour les membres de l’équipe montrer le changement dans l’emplacement et l’intensité des pressions.

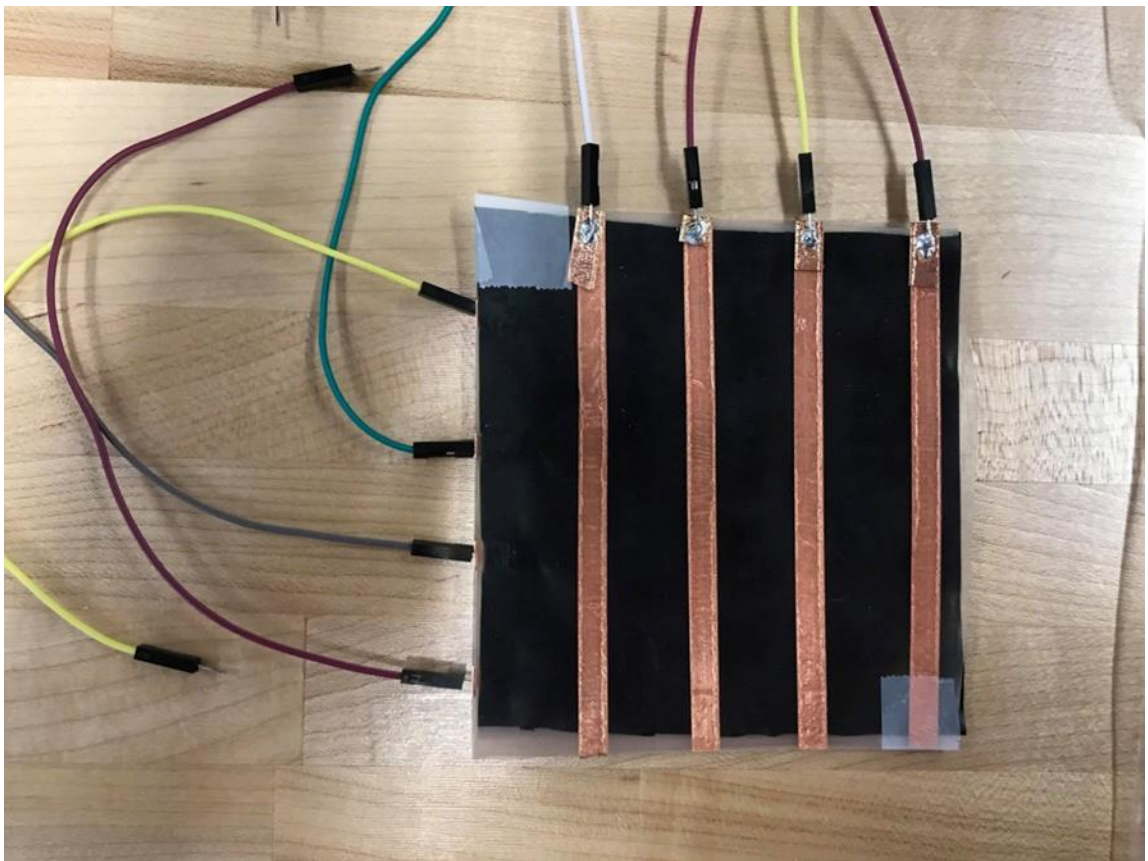
Ces modifications sont devenues différentes parties primordiales de notre projet, particulièrement, l’affichage qui est devenu une réussite de notre projet après de nombreux efforts.

Suite à cette rencontre avec Bocar, il était possible pour notre équipe de produire un prototype 2 qui serait le fondement même de notre produit final. Celui-ci devrait posséder toutes les caractéristiques de notre produit final avoir un fonctionnement tout aussi efficace. Il était également possible pour nous d’établir un but de conception ultime sur laquelle nous allons bâtir la suite des choses. Ce but pourrait être résumé de cette façon :

Des patients à mobilité réduite de l’hôpital Saint-Vincent subissent diverses douleurs et problèmes médicaux par leur immobilité sur de longues périodes. Nous avons donc conçu un coussin intelligent compatible avec l’ensemble des chaises roulantes qui permet de détecter l’emplacement et l’intensité des pressions pour ces patients. Ce même coussin permettra aux professionnels de la santé de recevoir ces données sous forme d’une matrice qui varie en couleur selon l’intensité des pressions qui lui sont appliquées. Au moment de la création du prototype 2 nous avons également envisagé d’inclure un système qui permettrait de détecter la longévité des pressions pour émettre une alerte si le temps dépasse certains critères préétablis

- Cette composante pour l'évaluation du temps pour chaque pression n'a pas été incluse dans le prototype 2 ou le prototype final. Cette facette serait plus qu'intéressante dans une possible amélioration, car les principaux problèmes produit par une immobilité se fait sur des longues périodes.
- Le produit final ne contient les plastiques thermo rétrécissable, mais plutôt 2 couches de plastiques qui tiennent les différentes bandes de cuivres et de Velostat complètement immobiles.

Il est donc possible grâce à ces diverses descriptions de visualiser le prototype 2.



Celui-ci, est un prototype complètement fonctionnel qui permet d'afficher une pression en temps réelle selon le code de couleur qui a été décrit plus haut. Nous pouvons donc affirmer que nous sommes très satisfaits de la conception et du résultat relié à notre prototype, car il

permet de répondre à pratiquement tous les besoins du client. Certaines modifications pourraient être apportées pour s'assurer de la qualité optimale du produit final.

Le prototype 2 répond également à l'ensemble des tests produits par notre équipe lorsque celui-ci est inséré dans la pochette du futur prototype final.

7. Solution détaillée et ses attributs :

Afin de répondre à notre énoncé de problème qui était d'améliorer la qualité de vie des patients à mobilité réduite souffrant d'une posture stagnante qui peut occasionner des douleurs musculosquelettiques, des plaies et d'autres problèmes de santé, nous avons déterminé que la meilleure solution était un dispositif sous forme de coussin à fauteuil roulant capable de détecter la pression et d'afficher la répartition du poids de son utilisateur sur une application mobile via connexion Bluetooth. Notre solution comporte donc trois éléments, soient la feuille de capteur de pression, l'application mobile et finalement, la connexion Bluetooth. La feuille de capteur de pression est ce qui constitue l'ensemble général physique du coussin intelligent. Nous avons utilisé une feuille de polymère sur laquelle nous avons collé 10 bandes de cuivre longitudinales dans une direction et puis 13 bandes de Velostat longitudinales surmontées d'une bande de cuivre dans l'autre direction pour former une matrice. Cette conception nous permet d'avoir une feuille de capteurs de pression très mince quasi indétectable par son utilisateur. Cette matrice est reliée à l'aide de fils conducteur aux composantes fonctionnelles du coussin intelligent tel qu'expliqué dans la partie de l'analyse. Cette feuille de capteurs de pression peut être insérée dans une housse qui protège les capteurs des froissements et des liquides. Ceci permet également à notre coussin d'être mobile et facilement utilisable. Il ne requiert pas une source d'alimentation externe, mais plutôt une batterie 9V. Cette feuille de capteurs se connecte via Bluetooth à un téléphone intelligent qui peut afficher la répartition du poids de son utilisateur via une

application. Puisque l’affichage devait être très simple à analyser pour que le personnel des soins de santé puisse en faire une lecture rapide, nous avons opté pour un code de couleurs pour illustrer les différentes intensités de pression; en ordre de croissance d’intensité de pression on a vert, jaune, orange et rouge. Des captures d’écran qui illustrent l’affichage de l’application mobile sont démontrées dans la partie des résultats des essais finaux.

8. Résultats des essais finaux :

Le but ultime de ce projet était de concevoir un coussin intelligent capable de capter la pression d’un utilisateur et d’afficher la répartition de son poids par l’entremise d’une application mobile. Les essais finaux étaient donc de vérifier si la feuille de capteurs de pression était capable de détecter les pressions, de vérifier que le coussin pouvait se connecter via Bluetooth à une application mobile et que l’application était capable d’afficher la répartition du poids d’un utilisateur selon un code de couleurs facile à analyser. Afin d’illustrer nos essais finaux, nous avons pris des captures d’écran d’un téléphone intelligent qui fait usage de l’application mobile lorsqu’un utilisateur applique différentes pressions sur le coussin intelligent :

Figure 12 : Captures d'écran de l'application mobile en fonction :



9. Modèles d'affaires :

Une partie importante de la conception de notre projet est de déterminer la viabilité de celui-ci dans le monde réel des affaires. Nous devons donc établir comment notre coussin intelligent pourrait être distribué à des vrais consommateurs et comment nous pourrions développer une entreprise autour de notre produit. Nous avons réalisé ce modèle d'affaire pour notre coussin intelligent à un stade avancé de notre projet, nous avons également sélectionné notre prototype final et pris en considération plusieurs recommandations du client pour s'assurer que notre prototype produirait une demande dans le milieu médical. Alors, notre équipe a déterminé que le modèle d'affaire adéquat est celui de la désintermédiation. Ce modèle d'affaires est une stratégie économique qui se traduit par la réduction ou la suppression des intermédiaires dans un circuit de distribution. Notre but est donc de fournir notre produit directement aux consommateurs sans avoir à passer par des distributeurs auxquels nous devons donner un pourcentage des ventes, en plus de nous permettre de gérer directement le service à la clientèle.

En ce qui trait au côté marketing de notre produit, nous allons opter pour une structure de vente et de publicité en ligne à travers notre propre site internet et les différentes plateformes des réseaux sociaux. Cette méthode convient particulièrement à notre entreprise qui pousse une utilisation des nouvelles technologies, en plus de permettre une grande réduction sur les coûts reliés au marketing conventionnel.

En premier lieu, il était capital de décrire comment ce modèle d'affaire est adéquat et répond aux divers besoins de distribution de notre entreprise. Nous avons donc utilisé un tableau de Canevas de notre modèle d'affaire :

Figure 13 : Modèle d'affaires de notre produit :

Par la suite, il était pertinent de déterminer certaines hypothèses qui permettent de représenter les besoins principaux des différents types de clientèle qui seront interpellées par l'instauration de notre entreprise. Voici donc quelques exemples :

1. Personnes à mobilité réduite qui ressentent une douleur accrue et désire faire l'achat d'un dispositif personnel pour améliorer leur confort.
 - Hypothèse client: Comment je peux faire l'achat d'un tel dispositif et savoir comment celui-ci fonctionne bien pour moi?
 - Hypothèse solution: Notre site internet fournit une accessibilité facile à tous et permet aux gens de s'informer sans intermédiaire. Alors le client peut facilement commander son coussin intelligent et s'il ressent le besoin de recevoir des informations supplémentaires, il peut communiquer directement avec les concepteurs du coussin.

2. Personnel médical qui a une demande accrue pour des patients qui sont dans une situation où ils se retrouvent immobiles pour une très longue période et ressentent des douleurs.

- Hypothèse problème: Le coussin peut-il fournir toutes les informations qui sont demandées pour comprendre et modifier de façon adéquate les positions des patients? Ces coussins peuvent-ils être utilisés avec tous les types de patients et être durables?
- Hypothèse solution: Le coussin fournit une solution complète et peut s'adapter facilement aux différents patients et peut être facilement fournis en grande quantité pour nos clients du corps médical. Notre modèle d'affaires par désintermédiation est le mieux adapté pour cette question, car nous sommes directement en contact avec le client. En plus, la quantité de coussins produits peut être augmentée immédiatement après la commande du client. Même que certaines spécifications et demandes précises sur la versatilité du coussin peuvent être appliquées par un contact direct avec le client.

3. Population plus générale qui nécessite une meilleure compréhension de leurs postures et pouvoir ainsi améliorer le confort de toutes leurs positions assises.

- Hypothèse problème: Comment le coussin peut améliorer mon confort même si je reste assis pendant de courtes périodes de temps? Celui-ci peut-il être bougé et être utilisé sur les différentes chaises de mon quotidien?
- Hypothèse solution: Encore une fois, le modèle d'affaires de désintermédiation permet d'avoir un accès facile à notre coussin qui est mobile et peut alors être déplacé sans problème. Ce genre de personne pourrait être plus interpellé par un

modèle d'affaires par publicité. Ce modèle pourrait rejoindre des gens qui ne seraient pas poussés à faire leur propre recherche.

Suite à la réalisation de notre projet, nous sommes toujours en accord avec les différents types de clientèle qui seront intéressés par la production d'un coussin intelligent, par contre certaines considérations ont été soulevées lors d'interactions avec différents professionnels de la santé et directeurs de diverses compagnies en génie biomédicale. Il est primordial de considérer que notre clientèle principale au niveau canadien se trouve à être le gouvernement. Celui-ci est représenté par divers professionnels lors de l'achat de nouvelle technologie pour améliorer les soins de santé publique. Ce type de clientèle doit être interpellé par le fait que notre coussin permet de réduire le travail et les coûts associés aux soins des personnes à mobilité réduite. Il serait donc important dans un modèle d'affaire future de démontrer la réduction de la charge de travail pour le corps médical dans l'utilisation de notre coussin, mais également par une réduction des coûts totaux des soins de santé. Notre solution devient presque un indispensable pour les différents gouvernements et cette modification minime du modèle d'affaire et du marketing de notre entreprise serait effectué conjointement avec une meilleure analyse économique.

10. Analyse économique :

Pour donner suite à la description du modèle d'affaire de notre entreprise future, il est possible d'étalonner une étude économique de la production de notre coussin intelligent. Il était donc primordial pour notre équipe d'établir une banque de données sur laquelle nous pourrions bâtir un modèle de production. Cette recherche nous a permis d'établir de nombreuses hypothèses qui nous ont permis d'établir un schéma économique de notre entreprise sur une période de 3 ans. Suite à cette collecte, il a été possible d'établir une séparation de l'analyse, entre les coûts reliés à la production directe et tous les coûts reliés

au fonctionnement de l'entreprise. En effet, les coûts fixes de notre entreprise sont les coûts indépendants de la quantité de production tels que le loyer pour la location de l'immeuble, les coûts administratifs, les coûts d'électricité hors production, etc. Puisque nous n'avons pas de données réelles pour ces coûts, il sera donc important d'établir des hypothèses. De ce fait, une estimation probable pour l'ensemble de nos coûts fixes est de 9 400\$ par mois. En ce qui a trait aux coûts variables, ceux-ci comprennent les coûts qui varient en fonction de la quantité de production comme le prix des matières premières consommées lors de l'élaboration du produit. Puisque notre coussin intelligent ne requiert pas l'apport de matière première pour sa production, on peut compter comme coût variable la main-d'œuvre qui augmentera proportionnellement avec la quantité de coussins intelligents produits, ce coût est donc dépendant de la demande. L'hypothèse que nous pouvons établir pour ce coût est donc un rapport entre la production de coussins intelligents et le coût de la main d'œuvre. Deux variables à tenir en compte pour ce rapport est le nombre d'employés et le nombre d'heures de travail par employé en considérant leur taux horaire respectif. Pour les coûts directs, ceux-ci comprennent les dépenses directes d'une entreprise pour fabriquer un produit. On peut donc considérer les coûts de chaque composante nécessaire pour la production de notre coussin intelligent. Nous avons donc établi une liste complète de l'ensemble des coûts reliés à la production du coussin.

Figure 14 : BOM pour la production d'un coussin intelligent :

BOM pour la production d'un coussin intelligent					
Numéro	Composante	Dimensions	Coût à l'unité (\$CAD)	Quantité nécessaire	Coût total (\$CAD)
1	Feuille conductrice sensible à la pression Adafruit	(28cm x 28cm) par feuille	7,99	3 feuilles	23,97

	(Velostat / Lingstat)				
2	Paquet de 4 rubans Selizo en feuille de cuivre avec adhésif conducteur	¼ po x 20m par ruban	48,83	11m	6,71
3	Paquet de 10 résistances individuelles 1/4W 5%	NA	0,25	64 résistances	1,60
4	Acrylique UNO R3 Plus ATmega328P CH340 - Carte ALLCA U601 UNO avec étui acrylique transparent et câble USB compatible avec Arduino UNO R3	NA	10,99	1	10,99
5	74HC154 - décodeur / démultiplexeur de 4 à 16 lignes	NA	5,20	1	5,20
6	CD4051 – multiplexeur à 8 canaux	NA	2,20	2	4,40
7	Paquet de 10 feuilles de plastique thermo-rétractable	20cm x 30 cm par feuille	21,41	3 feuilles	6,42
8	Batterie 9V	NA	9,99	1	9,99
9	Boîte imprimée en 3D pour l'Arduino	4,5mm x 9,5cm x 19cm	1,30	1	1,30
10	Fixation de ruban adhésif de type velcro autocollant	1 po x 5m	12,99	18 cm	0,47
Coût final par coussin intelligent (\$CAD)					71,05

Pour ce qui est des coûts indirects, ces derniers incluent le prix d'éléments essentiels au quotidien pour assurer le bon fonctionnement de l'entreprise, mais qui n'affectent pas directement la production d'une seule unité. Parmi ces coûts, on peut compter le matériel

informatique et téléphonique, la publicité et le marketing, le développement d'un site internet pour la vente en ligne, etc. Une hypothèse plausible que nous avons établi pour ces coûts est donc d'environ 2 700\$ par mois. Avec l'étude de marché que nous avons faite, il est possible d'établir un prix de vente compétitif afin de s'assurer de faire un bon profit et d'acquérir une part du marché. Le prix de vente du capteur de positionnement Gaspard est de 617,23 \$CAD, alors une hypothèse plausible pour le prix de vente de notre coussin intelligent est de 499,99\$ ce qui nous permet de faire un profit net de 121,94\$/unité et donc, 36 582\$ de profit par mois en considérant toujours la production de 300 coussins intelligents. Il est important de noter que les coûts de fabrication de notre produit augmenteront avec un plus grand volume de production, mais il sera également possible de diminuer le prix de vente du coussin avec cette hausse de demande pour maintenir les mêmes marges de profit. Il est également possible d'effectuer une projection des données que nous avons établis sur une période de 3 ans pour démontrer la viabilité du futur de l'entreprise *Building Mobility*.

En premier lieu, il est important d'établir un tableau démontrant l'évolution des coûts variables selon la quantité de coussin que notre entreprise produit :

Figure 15 : Analyse du coût prévu de la main d'œuvre :

	Salaire (\$/heure)	Nombre d'heures	Nombre d'employés	Coût de la main d'œuvre (\$)	Par unité
Année 1	20	1920	25	960000	266,6667
Année2	20	2560	25	1280000	266,6667
Année 3	20	3200	25	1600000	266,6667

Suite à cette démonstration, il est possible d'afficher le bilan de l'entreprise *Building Mobility* sur une période de 3 ans.

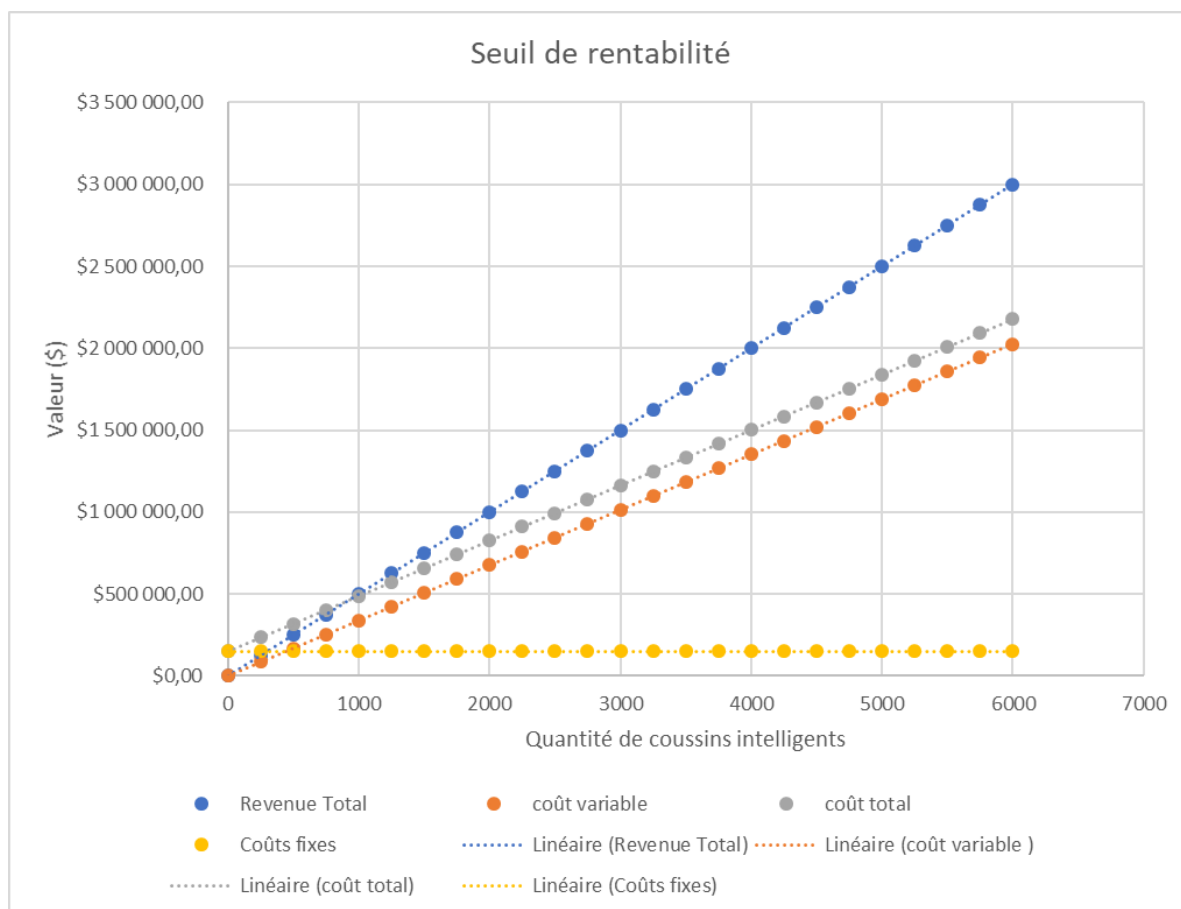
Figure 16 : Analyse financière de l'entreprise sur une période de 3 ans :

Coussin intelligent	Valeur par unité (\$)	Année		
		1	2	3
Nombre d'unité produite		3600	4800	6000
Emprunt effectué		1 200 000,00 \$	250 000,00 \$	100 000,00 \$
Ventes (revenu)	499,99 \$	1 799 964,00 \$	2 399 952,00 \$	2 999 940,00 \$
Coût du produit	337,72 \$	1 215 792,00 \$	1 621 056,00 \$	2 026 320,00 \$
Coût de la main d'œuvre	267 \$			
Coût des matériaux	71,05 \$			
Profit brut		(615 828,00 \$)	528 896,00 \$	873 620,00 \$
Frais d'exploitation par mois		150 200,00 \$	149 950,00 \$	149 712,50 \$
Frais de Marketing	2 700,00 \$	32 400 \$	32 400 \$	32 400 \$
Frais administratifs	2 400,00 \$	28 800 \$	28 800 \$	28 800 \$
Frais immobiliers et généraux	7 000,00 \$	84 000,00 \$	84 000,00 \$	84 000,00 \$
Frais d'amortissement, dépréciation	0,00 \$	5 000,00 \$	4 750,00 \$	4 512,50 \$
Intérêt	5%	60 000,00 \$	12 500,00 \$	5 000,00 \$
Profit avant impôt		(826 028,00 \$)	366 446,00 \$	718 907,50 \$
Montant imposable	Entre 20 et 25%	-165205,6	73 289,20 \$	143 781,50 \$
Profit net		(826 028,00 \$)	293 156,80 \$	575 126,00 \$
Coût total seuil de rentabilité		1 365 992,00 \$	1 771 006,00 \$	2 176 032,50 \$

Quelques notions qui sont primordiales à souligner suite à la démonstration de ce bilan sont que notre entreprise démontre une croissance très rapide dû au coût peu élevé des matières présentes dans la fabrication du coussin. Alors, suite à un remboursement des coûts fixes qui sont toujours plus encombrant au départ, l'entreprise devient rapidement profitable. Il

est également intéressant d'observer le seuil de rentabilité de notre entreprise, c'est-à-dire quelle quantité d'unité vendu est nécessaire pour permettre une équivalence entre les pertes et les profits.

Figure 17 : Analyse du seuil de rentabilité :



Alors selon cette figure, il est possible d'identifier que le seuil se retrouve à une vente de 200 000\$ (prix de vente 499,99\$= 400 coussins). Cela est très peu si on considère tous les patients qui pourraient nécessiter la présence d'un capteur de pression pour permettre au personnel médical de mieux comprendre leur mauvaise posture. Ce besoin sera également grandissant avec le vieillissement continue de la population et l'augmentation de la durée de vie. C'est grâce à ces nombreuses raisons que nous sommes capables d'affirmer que nos

analyses économiques sont très plausibles et permettraient à l'entreprise *Building Mobility* d'obtenir du succès.

Une dernière analyse qui est capitale à souligner suite à une rétroaction d'un client et cette étude avait déjà été mentionné lors de la rétroaction de notre équipe sur notre travail du modèle d'affaire. Cette analyse est de démontrer comment notre coussin permet de réduire les coûts totaux associés aux soins de santé offerts aux personnes à mobilité réduite. Par exemple, pour représenter les coûts réels associés aux soins, il est possible d'observer que les coûts pour résider à l'hôpital Sacré-cœur de Montréal se présente de cette façon pour toutes personnes ne disposant pas de l'assurance du gouvernement :

- Prix de journée (hospitalisation) : 3267 \$/jour
- Prix de journée en soins intensifs (hospitalisation) : 11019 \$/jour
- Chirurgie d'un jour : 3870 \$/jour
- Prix de journée pour un nouveau-né : 1296 \$/jour
- Soins d'urgence : 697,47 \$/jour
- Cliniques externes : 120,60 \$/visite

Ces montants sont très élevés, en plus, ceux-ci exclus les frais associés aux services d'un médecin spécialiste. Si on considère le prix d'une chirurgie d'un jour à 3870 \$ qui peut survenir à quelques reprises par année par patient lors de complications des plaies ou de blessures musculosquelettiques. Il serait possible de fournir environ 8 coussins intelligent pour la même somme. Il devient alors, pratiquement indispensable d'utiliser notre coussin intelligent, car celui-ci peut grandement réduire le nombre d'opérations par patient, mais pourrait même, dans certains cas, permettre à des patients d'intégrer d'autre services que les hôpitaux. Les patients pourraient mieux comprendre leur position stagnante et ne

nécessiteraient pas la présence d'un spécialiste médical. Ces patients pourraient donc mieux intégrer un centre de réhabilitation et finalement réduire la charge de coûts sur le système. Voici donc, encore une autre raison qui permet de remarquer la viabilité et le succès de notre entreprise.

11. Fichiers de conception :

Voici le lien pour retrouver le code de la programmation pour le coussin intelligent :

https://github.com/TsaiJ/Tapis_Int

12. Conclusion et recommandations pour le futur :

Nous sommes fiers d'avoir pu produire un prototype fonctionnel de notre produit qui répondait à tous les besoins et demandes de notre client, mais nous sommes aussi déçus de ne pas avoir pu faire fonctionner notre produit final. Notre plus grande recommandation future découle de cette déception. En effet, nous recommandons à quiconque qui s'embarque dans ce projet de ne pas négliger le temps considérable que prend la programmation de l'Arduino et de l'application mobile ainsi que le montage du produit final en soi. En effet, nous avons commencé à travailler sur ces aspects lorsqu'il restait environ quatre semaines au projet et nous n'avons pas eu assez de temps pour compléter notre produit même si nous avions une excellente idée de ce que nous voulions faire. Donc, dès qu'une décision est prise concernant la solution à développer, il faut tout de suite commencer à travailler sur le produit final en même temps que sur les prototypes. Nous recommandons aussi l'utilisation de Velostat comme capteurs de pression. C'est un matériau très peu coûteux comparé à des capteurs de pression conventionnels en plus d'être extrêmement mince et malléable, ce qui est parfait pour ce type d'application, car les utilisateurs ne ressentiront pas la présence du coussin en raison de sa très mince épaisseur.

Le Velostat permet aussi de créer facilement des matrices de capteurs qui sont très utiles dans l'affichage des données recueillis.

13. Bibliographie :

NordicPlayground. “NordicPlayground/Android-NRF-UART.” GitHub, 6 Oct. 2015, github.com/NordicPlayground/Android-nRF-UART.

TSAI, Jérémie, App pour le coussin intelligent, [en ligne], 20 décembre 2018, https://github.com/TsaiJ/Tapis_Int

TESKSCAN, Body Pressure Measurement System (BPMS), [en ligne], 20 décembre 2018, <https://www.tekscan.com/products-solutions/systems/body-pressure-measurement-system-bpms>

ALIMED, Alimed Cordless Pressure Sensor Pad, [en ligne], 20 décembre 2018, <https://www.alimed.com/alimed-cordless-sensor-pads.html>

BODITRAK, BodiTrak MONITOR, [en ligne], 20 décembre 2018, <http://boditrak.com/products/boditrakmonitor.php>

CENTRE INTÉGRÉ UNIVERSITAIRE DE SANTÉ ET DE SERVICES SOCIAUX DU NORD-DE-L'ÎLE-DE-MONTRÉAL, Frais d'hospitalisation, [en ligne], 20 décembre 2018, <http://www.hscm.ca/usagers-et-proches/sante-physique-pavillon-principal/votre-arrivee/frais-dhospitalisation/index.html>