

# RAPPORT FINAL PROJET D'ACCESSIBILITÉ



uOttawa

Dans le cadre du cours

GNG 2501: Introduction à la gestion et au développement de produits en génie et en  
informatique

Présenté à: Professeur Patrick Dumond

Groupe : F2

Étudiant 1: Jonathan Cauz 8650186  
Étudiant 2: Caroline Faubert 8094821  
Étudiant 3: Isabella Jimenez 859 8957  
Étudiant 4: Josée Boudreau 8628005  
Étudiant 5: Valentin Magot 8843488

Date de la soumission: 9 décembre 2017

## ABSTRAIT

Dans le cadre du cours GNG 2501, un problème nous a été présenté afin d'explorer le processus de conception dans le domaine du génie. À l'hôpital Saint-Vincent, certains patients sont plus sujet à tomber à terre dans leur chambres, en raison des habiletés physiques et de la force musculaire limitée. Afin d'éviter ces accidents, nous avons conçu un dispositif de prévention de chute. Nous avons suivi le modèle de conception itérative pour se rendre à notre solution finale. Cette solution comprend un capteur ultrason au bout du lit pour détecter si le patient se redresse sur son lit, ainsi que des coussinets à pression sur les côtés du lit pour vérifier que le patient ne se déplace pas trop près du bord. Si les deux parties du système sont enclenchées, une alarme sonnera pour avertir une infirmière que de le patient nécessite de l'aide. En utilisant ce système à deux variables, nous voulons réduire les fausses alarmes, tout en gardant un prix raisonnable et une bonne durabilité pour le produit.

## TABLES DES MATIÈRES

<b>1.INTRODUCTION</b>	<b>6</b>
<b>2. BESOINS, ÉNONCÉ DE PROBLÈME, ÉTALONNAGE, MÉTRIQUE ET SPÉCIFICATION CIBLE</b>	<b>6</b>
2.1. Liste de déclarations/observations des clients obtenus à partir des entrevues avec les clients.	7
2.2. Liste de besoins des clients traduits et priorisé	8
2.3. Énoncé de problème.	9
2.4. Réflexion sur la manière dont la réunion des clients a eu un impact sur vos résultats et le processus.	15
<b>3. CONCEPT PRÉLIMINAIRE</b>	<b>16</b>
3.1. Développement des critères de conception basée sur l'énoncé de problème, l'étalonnage, les métriques et les spécifications cibles.	16
3.2. Analyse et évaluation de toutes les solutions fournies, ainsi qu'une justification du processus et les méthodes utilisées pour l'analyse et l'évaluation.	21
3.3. Choix des solutions prometteuses basé sur vos critères de conception.	23
3.4. Développement d'un concept d'équipe qui est soit une intégration ou une modification des solutions prometteuses, ou un concept complètement nouveau créé à partir de ces idées avec une justification de l'approche.	24
3.5. Représentation visuelle (esquisses, diagramme, modèle CAO, etc.) du concept de groupe.	24
3.6. Description de la fonctionnalité primaire du concept et la relation aux spécifications cibles, ainsi que ses avantages et ses désavantages.	25
<b>4. PLAN DU PROJET ET BOM</b>	<b>26</b>
4.1. Liste de jalons	27
4.2. Une justification pour chaque coût associé avec le projet.	30
4.3. Une discussion des incertitudes et des risques associés au projet.	30
<b>5.ÉTUDE DE FAISABILITÉ</b>	<b>31</b>
5.1. Technique: Expertises et ressources technique	31
5.2. Économique: Contraintes Budgétaire	32
5.3. Légal: Contraintes legais	32
5.4. Opérationnel: Contraintes organisationnelles	32
5.5. Planification: Dates limites pour notre solution de conception	32
<b>6. PROTOTYPE I ET PRÉPARATION POUR LA RENCONTRE DU CLIENT</b>	<b>33</b>
6.1. Résumé de la deuxième rétroaction	33
6.2. Vérification des hypothèses et plans d'essai pour les prochain prototype	34

6.3. Grande ligne pour la prochaine rencontre	35
6.4. Vidéo et modèle solidworks	35
<b>7. MODÈLE D’AFFAIRE ET VALIDATION</b>	<b>38</b>
7.1 Type de modèle d’affaire utilisé pour la commercialisation du produit.	38
7.2 Hypothèses de bases produites en développant le modèle d’affaires et le tableau de validation.	39
<b>8. RAPPORT D’ÉCONOMIE</b>	<b>41</b>
8.1 Coûts variables, fixes, directs et indirects associés avec l’entreprise et basés sur la fabrication et la vente du produit.	41
8.2 Compte de profits et de pertes sur 3 ans.	42
8.3 Analyse VAN et seuil de rentabilité.	43
8.4 Hypothèse utilisé pour le rapport d’économie.	46
<b>9. PROTOTYPE II ET RÉTROACTION DE LA TROISIÈME RENCONTRE AVEC LE CLIENT</b>	<b>47</b>
<b>Dans notre processus de conception, nous devons vérifier et démontrer que nos prototypes répondent bien au besoin du client. Pour ce faire, nous avons rencontré notre client dans le but d’avoir une rétroaction sur notre prototype physique analytique, un module Solidworks, montrant visuellement l’allure du dispositif sur un lit d’hôpital. Le client nous a donné une rétroaction en nous faisant part de ses craintes pour le projet en plus de quelque recommandations.</b>	<b>47</b>
9.1. Rétroaction du client reçue lors de la troisième rencontre au sujet du premier prototype physique.	47
9.2 Prototype II	48
<b>10. CONCLUSION ET RÉFLEXION</b>	<b>50</b>
<b>11. Bibliographie</b>	<b>52</b>

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 2.1 : Classification des besoins du client	8
Tableau 2.2 : L'étalonnage de produits semblable.	10
Tableau 2.3 : Liste de métriques avec leurs unités associées.	13
Tableau 2.4 : Ensemble de spécifications cibles et raison de choix	14
Tableau 3.1 : Besoin/Spécifications cibles	16
Tableau 3.2 : Étalonnage	19
Tableau 3.3 : Métriques	19
Tableau 3.4 : Analyse de toute les solutions	21
Tableau 4.1 : Repartition des taches	26
Tableau 4.2 : Nomenclature des matériaux détaillée (BOM) pour chaque prototype	29
Tableau 7.1 : Le modèle d'affaires	38
Tableau 8.1 : Coûts fixes et directs	41
Tableau 8.2 : Coûts variable et directs	41
Tableau 8.3 : Compte de profits et de pertes	44
Tableau 8.4 : Valeur actuelle net	45
Tableau 8.5 : Coût pour un produit	45
Tableau 8.6 : Coût total	45
Tableau 8.7 : Coût marginal	46
Figure 2.1 : Alarm avec corde magnétique	11
Figure 2.2 : Pressure pad	11
Figure 2.3 : Moniteur de tension artérielle	12
Figure 2.4 : Détection de profondeur	12
Figure 2.5 : Dispositif à base capteurs	12
Figure 3.1 : Concept de groupe	24
Figure 4.1 : Compte Trello	28
Figure 4.2 : Diagramme de Gantt	28

Figure 6.1: Modèle Solidworks vue de dessus	36
Figure 6.2 : Modèle Solidworks vue de côté	36
Figure 6.3 : Modèle Solidworks vue de derrière	37
Figure 7.1 : Tableau de validation	40
Figure 8.1 : Analyse flux monétaire	44
Figure 8.2 : Analyse flux monétaire actuelle	44
Figure 9.1 : L'intérieur du tapis à pression	49
Figure 9.2 : Le capteur, le arduino et la sonnerie qui est utilisé dans le système	49
Figure 9.3 : Un lit typique dans une chambre d'Hôpital	50

## 1.INTRODUCTION

Plusieurs personnes à mobilité ou force musculaire réduite peuvent rencontrer des problèmes au niveau de l'équilibre ou de la stabilité qui les empêchent de marcher. Par conséquent, en essayant de se lever, ces personnes peuvent tomber et se blesser. Le problème qui nous a été présenté était de concevoir un système de détection de chutes qui pourra alerter les patient lorsqu'un tel incident se produit. La réalisation de ce système pourra aider à réduire le nombre de blessures causées par les chutes à l'hôpital. Nous disposons de 3 mois et un budget de 100\$ pour terminer ce projet. Notre solution finale est un système à deux variables qui combine un détecteur de profondeur au bout du lit et des tapis à pression sur les côtés du lit. La combinaison de ces deux systèmes permet d'éviter les fausses alarmes. Notre solution est donc plus économique, plus durable et plus précise que le système simple de tapis à présent qui est présentement implémenté par l'hôpital. Le présent rapport présentera le déroulement du processus de conception, en commençant par la définition des besoins et du problème, passant par le prototypage, l'analyse économique et le produit final.

## 2. BESOINS, ÉNONCÉ DE PROBLÈME, ÉTALONNAGE, MÉTRIQUE ET SPÉCIFICATION CIBLE

Le problème qui avait été assigné à notre équipe était celui de la détection de chutes. Il était question de construire un dispositif qui pourrait alerter l'équipe d'infirmières lorsqu'un patient tombe. Cependant, après avoir rencontré le client, le problème a dû être redéfini. Le projet est passé d'un dispositif de détection de chutes à un dispositif de prévention de chutes. Selon le client, les patients de l'hôpital ne doivent pas se lever sans l'aide d'une infirmière puisqu'ils n'ont pas la force ou la stabilité pour marcher. Plusieurs patients vont à l'encontre de ces indications, ce qui cause de nombreuses chutes. Il a été difficile pour le client de trouver une solutions car il est interdit de restreindre les patients de l'hôpital. Dans cette section on précisera

sur les besoins du client, le problème comme tel, l'étalonnage, les métriques et les spécifications cibles.

## **2.1. Liste de déclarations/observations des clients obtenus à partir des entrevues avec les clients.**

Plusieurs observations ont été faites durant la rencontre avec le client. Comme le projet a complètement changé de direction dans les quelques premières minutes, il a fallu reformuler plusieurs des questions d'entrevues qui avaient été préparées. Les informations ont été recueillies par le client, Bocar N'Diaye, et un infirmier de l'hôpital.

Premièrement, le client a mentionné que le système qui est déjà en place, soit les matelas qui détectent la pression sur les lits, fonctionne surtout pour la détection et non la prévention. Un autre désavantage de ce dispositif est qu'il crée beaucoup de fausses alarmes, ce qui peut causer du stress chez les patients. Bref, le système en place sur les lits des patients n'est pas efficace.

Pour ce qui est des situations dans lesquelles les chutes se produisent, il a été mentionné que l'heure du changement des infirmiers (15h à 17h) voit plus d'incidents. De plus, les patients qui tombent sont plus souvent ceux qui ont des problèmes de comportement ou des troubles cognitifs. Dans certains cas, ces patients savent même désactiver le système. Il est aussi important de noter que l'hôpital ne peut pas restreindre les patients à cause de contraintes légales. Les patients ont l'option d'ajouter des barrières autour de leur lit pour les empêcher de tomber, mais ça ne peut pas être obligatoire.

Des observations techniques ont aussi été faite au sujet du lit ou du dispositif. Premièrement, les lits ont des hauteurs différentes, et il semble que les lits plus bas sont plus sécuritaires. Ensuite, le dispositif ne peut pas modifier les structures existantes du lit ou de le fauteuil roulant. Finalement, il est important que le dispositif puisse avertir l'infirmière en devoir aussi tôt que possible.



## 2.2. Liste de besoins des clients traduits et priorisé

Les besoins que nous avons pu regrouper sont assemblés dans le tableau ci-dessous. Leur priorité est marquée par les numéros à la gauche (1 du plus important à 7 le moins important), et classés en groupe à droite (1 = important et 3 = moins important) selon notre jugement.

Tableau 2.1: Classification des besoins du client

Numéro de priorité	Déclaration du client	Besoins	Niveau de classement (1 = important, 3 = moins important)
1.	“Les systèmes que nous avons en ce moment averti les infirmières d’une chute après que c’est arrivé. On aimerait un système qui prévient les chutes.”	Le dispositif détecte les mouvements du patient avant qu’il se lève.	1
2.	“Le coût de ce produit ne doit pas être élevé.”	Le dispositif a un coût raisonnable.	1
3.	“On aimerait utiliser le système à plusieurs reprises, alors il doit être durable et de bonne qualité.”	Le système est construit pour avoir une bonne qualité et pour être réutilisé.	1

4.	“Le système doit avertir les infirmières lorsqu’il y a beaucoup de mouvement.”	Avertissement aux infirmières.	1
5.	“Il est interdit de restreindre les patients.”	Le système n’a aucune restriction pour le patient.	2
6.	“Les fausses alarmes arrivent souvent avec les systèmes en place en ce moment et peuvent faire peur aux patients.”	Le système évite les fausses alarmes.	2
7.	“Certains patients sont capables de désactiver le système.”	La désactivation du système est seulement accessible pour le personnel.	3

### 2.3. Énoncé de problème.

Les infirmières et les patients de l'hôpital St-Vincent ont besoin d'un dispositif de prévention de chute pour les internes de l'établissement. En effet, un grand nombre de patients ont un manque d'habiletés physique ou un manque de force musculaire. Le système doit être capable de prévenir les chutes de façon autonome. Il est important que le système soit peu

coûteux, durable, précis et n'a aucune restriction pour les patients. L'idéale serait la conception d'un dispositif adaptable sur les fauteuils roulants et les lits de l'hôpital.

Tableau 2.2: L'étalonnage de produits semblable.

	Alarme avec une corde magnétique	Tapis à pression	Moniteur de tension artérielle	Détection de profondeur	Dispositif à base de capteurs
<b>Le dispositif prévient la chute</b>	Ce dispositif permet de prévenir la chute en ayant une corde accrochée au vêtement du patient et qui se déclenche quand le patient tombe et que l'aimant à l'autre bout de la corde se détache du haut-parleur de l'alarme	Ce dispositif tente de prévenir la chute d'un patient lorsqu'il détecte un changement de poids considérable lorsque le patient tombe	Ce dispositif tente de prévenir les chutes des patients en calculant la pression artérielle, effectivement lorsqu'une personne passe de la position assise à debout ou lors de chutes, la pression artérielle de l'individu augmente considérablement ce qui provoquera une alarme	Ce dispositif tente de prévenir la chute en utilisant un système de détection de profondeur qui s'accroche au plafond au dessus du lit du patient qui se déclenche lorsque le patient se rapproche de la caméra (alors se lève de son lit)	Ce dispositif fonctionne avec des capteurs dans un puissant microprocesseur posé autour du cou du patient et d'un boîtier servant d'alarme. Le microprocesseur enregistre toute la journée des données sur la patiente quand il est allongé, assis ou debout et détecte les chutes en traitent ces données
<b>Le dispositif n'effectue pas de fausse alarme</b>	Ce dispositif semble très simple à enlever, il est possible que certain mouvement brusque pendant la nuit ou pendant la journée puisse provoquer de fausses alarmes	Ce dispositif a pour désavantage d'effectuer un nombre important de fausses alarmes effectivement au simple changement de poids le dispositif s'actionne	Ce dispositif ne devrait pas limiter les fausses alarmes selon la façon dont il est programmé, pour s'en assurer des tests et enquêtes devraient être envisageable	Ce dispositif n'effectue pas de fausse alarme selon l'efficacité du produit ou des capteurs	Le dispositif semble assez efficace selon des commentaires d'utilisateurs mais cela dépend de la compagnie qui produit ce dispositif
<b>Le dispositif ne restreint pas le patient</b>	Effectivement le dispositif ne restreint pas le patient car il y a juste accrocher à une petite corde magnétique qui s'enlève sans problème	Effectivement ce dispositif ne restreint pas le patient car il est placé en dessous du patient tout simplement	Ce dispositif ne restreint pas le patient car cela ressemble à un petit bracelet ou montre attacher autour du poignet du patient	Ce dispositif ne restreint pas les patients car il est placé au plafond de sa chambre rien ne l'empêche de bouger	Ce dispositif ne restreint pas les patients car il s'agit juste d'un petit collier qui les laisse bouger librement
<b>Le dispositif avertit les infirmières</b>	Le dispositif peut avertir les infirmières grâce à une alarme de 70 à 85 db	Le dispositif peut avertir les infirmières grâce à une puissante alarme qui sonne lorsque le dispositif détecte une différence de poids	Le dispositif peut avertir les infirmières grâce à une puissante alarme qui sonne lorsque le dispositif détecte une différence de tension artérielle considérable	Le dispositif avertit les infirmières grâce à une puissante alarme qui sonne lorsque le dispositif détecte une différence de hauteur considérable du patient	Le dispositif avertit les infirmières lorsque le microprocesseur calcule qu'il y a eu une chute et envoie l'information au boîtier (haut-parleur) qui émet une puissante alarme
<b>Coûts</b>	Environ, 60\$ par alarme	Ce dispositif revient cher car il n'a pas une grande espérance de vie, il faut en remplacer souvent après une seule utilisation. Environ, 50\$ par alarme	Environ, 70\$ par alarme	Plusieurs centaines de dollars	Environ 50\$ par mois
<b>Durabilité</b>	Dépend selon les matériaux utilisés	Environ une seule utilisation, pas vraiment durable	Dispositif durable pouvant tenir plusieurs mois voir années, avec des spécificités comme étant imperméable pour assurer la durabilité	Dépend selon les matériaux utilisés	Cela dépend selon les compagnies
<b>Le dispositif n'est pas désactivable par le patient</b>	Ce dispositif ne devrait pas être désactivable car il est dans le dos du patient ayant des difficultés avec le mouvement mais il est possible de décrocher manuellement la coudre, ou encore de la couper	Ce dispositif n'est pas désactivable par le patient s'il est accroché sur la chaise ou le lit	Ce dispositif ne devrait pas être désactivable par le patient sauf s'il fait preuve de beaucoup de détermination et arrive à briser le moniteur assez résistant. Par contre il ne faudrait pas installer des dispositifs qui s'enlève facilement	Ce dispositif n'est pas désactivable ou encore accessible au patient	Ce dispositif n'est pas désactivable par le patient mais il peut l'enlever facilement



Figure 2.1 : Alarm avec corde magnetique



Figure 2.2: Pressure pad



Figure 2.3: Moniteur de tension artérielle

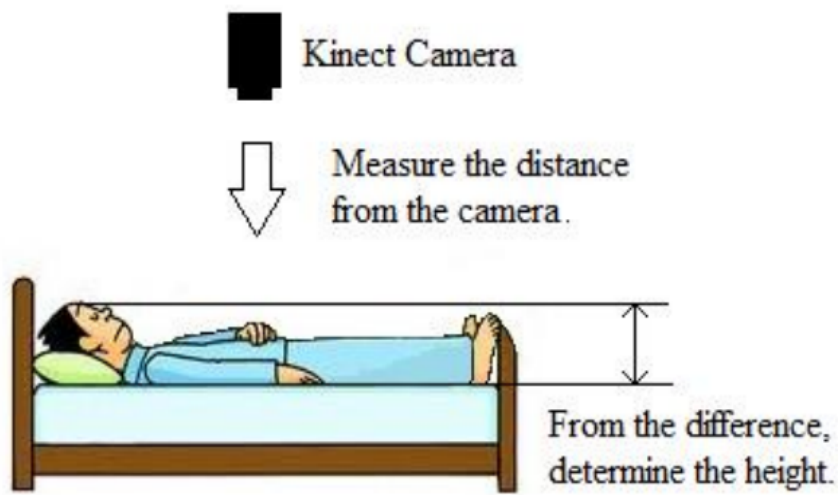


Figure 2.4: Détection de profondeur

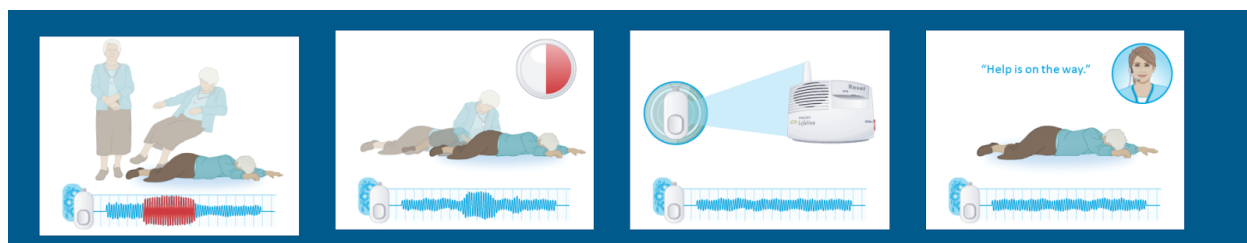


Figure 2.5: Dispositif à base capteurs

Tableau 2.3: Liste de métriques avec leurs unités associées.

Mesure	Unité	Description
Décibels de l'alarme.	dB	L'intensité de l'alarme lors de son déclenchement.
Pression sanguine.	mmHg	La tension artérielle du patient.
Coût	\$	Le coût total de la création du produit
Tension de la corde	N	La quantité de force nécessaire pour déclencher l'alarme magnétique.
Masse totale	kg	La masse combinée de toutes les parties du système de prévention de chute.
Pression	$N/m^2$	La pression mesurée dans un endroit pour déterminer si le patient se lève.
Profondeur	m	Quantité de distance entre le lit et la hauteur du patient.
Vitesse de mouvement minimal	m/s	La vitesse minimum du patient pour déclencher l'alarme.
Accélération minimal	$m/s^2$	L'accélération minimale du patient pour déclencher l'alarme.
Taille/ longueur	in	Unité de mesure pour tous les objets utiliser dans le système.
Durée de l'alarme	s	La quantité de temps que l'alarme sonnera.

Tableau 2.4:Ensemble de spécifications cibles et raison de choix

Spécifications cible	Raison de choix
Coût $\leq$ 100\$	Le budget donné pour notre projet
Pression sanguine $> 160$ mmHg / Une augmentation soudaine	La pression sanguine dépend du patient, mais une pression sanguine supérieure de 160 est une hypertension artérielle. On mesure pour une augmentation soudaine pour voir s'il se lève mais s'il a une très haute pression sanguine il faut avertir immédiatement l'infirmière.
Décibels de l'alarme = 70 - 90 dB	Le décibel de l'alarme d'un autre système de prévention de chute. Mais il est nécessaire de le tester pour voir ce qui est bon pour le patient et assez fort pour que l'infirmière entende.
Tension du corde = la tension nécessaire pour séparer les aimant (dépend de l'aimant)	La tension de la corde qui va séparer les aimants sera assez haute que le patient sentira un peu de résistance quand il se lève, ce qui aidera pour leur prévenir de se lever.
Profondeur $> 0.4-0.7$ m	La profondeur dépend de la taille du patient et il faudra déterminer une distance idéal pour déclencher l'alarme pour chaque patient.
Durée de l'alarme = jusqu'au moment que quelqu'un l'éteint.	La durée de l'alarme devrait continuer à sonner jusqu'au moment que quelqu'un vient aider le patient et éteint l'alarme.

## **2.4. Réflexion sur la manière dont la réunion des clients a eu un impact sur vos résultats et le processus.**

Avant l'entrevue avec notre client, nous pensions que notre projet était basé sur la détection de chutes. Nous avons des idées qui avertissent l'infirmière à l'instant d'une chute, que ce soit du fauteuil roulant, du lit, ou au moment que le patient serait en train de marcher. Durant l'entrevue, M. N'Diaye et les infirmières nous ont spécifié que la majorité des chutes, se passe lorsque les patients qui ont des problèmes de comportement ou cognitif veulent faire la transition du lit au fauteuil roulant, du lit à la salle de bain ou vice versa, sans l'aide de quelqu'un. Après notre entrevue, nous nous sommes rendu compte que notre projet consistait plus sur la prévention de chutes que la détection de chutes. Subséquemment, M. N'Diaye nous a fait parvenir que l'hôpital ait déjà un dispositif en place pour les fauteuils roulants qui est très effectif et un autre pour le lit qui n'est pas très durable ou efficace. Le dispositif pour le lit donne beaucoup de fausses alarmes, qui causent du stress chez les patients. Aussi, beaucoup de nos idées originales étaient déjà en place, mais n'avaient pas de succès. De plus, nous n'avons pas pensé à toutes les restrictions données par l'hôpital sur les dispositifs et le nombre de règlements que nous devrions suivre. Toute cette information nous a donc fait repenser à nos idées originales et les façons de résoudre ce problème.

Pour conclure cette section, notre rencontre avec le client a été très utile et efficace. Nous avons pu bien définir que le personnel de l'hôpital St-Vincent a besoin d'un dispositif de prévention de chute pour les patients avec un manque d'habiletés physique ou un manque de force musculaire. Les besoins du client tel que détecter les mouvements du patient avant qu'il se lève ou que le dispositif ne donne pas de fausses alarmes nous ont été clarifiés et nous ont donné l'information nécessaire pour faire l'étalonnage, les métriques et les spécifications cibles. Dans l'étalonnage, nous avons pu trouver beaucoup de produits déjà en place tels que le tapis à pression, et l'alarme avec une corde magnétique qui nous ont donné beaucoup d'idées pour améliorer les dispositifs déjà en place. Dans les métriques, nous avons pu déterminer qu'on avait



besoin de mettre en considération le coût, la masse totale, la pression et beaucoup plus. Nous avons donc beaucoup d'information qui sera utile une fois rendue à la création d'un concept.

### 3. CONCEPT PRÉLIMINAIRE

Notre projet est désormais dans l'étape de la conception préliminaire. Mais avant d'entamer cette dernière, il nous est primordial de raffiner nos solutions pour développer davantage un produit. Premièrement, nous commencerons par créer une liste de critère de conception basée sur l'énoncé de problème, l'étalonnage, les métriques, et les spécifications cibles que nous avons déterminé dans le livrable précédent. Ces critères vont nous permettre de créer un système fonctionnel ciblé au désir du client. Par la suite, nous allons évaluer les solutions fournies par chaque membre du groupe et déterminer les points forts et points faibles de chacune. Basé sur ces points, il faudra choisir quelques solutions que nous trouvons prometteuses pour ensuite trouver une façon de les intégrer ou encore modifier pour pouvoir développer un nouveau système. Avec un dessin et quelques phrases explicatives du nouveau système créé pour pouvoir visualiser notre idée.

#### 3.1. Développement des critères de conception basée sur l'énoncé de problème, l'étalonnage, les métriques et les spécifications cibles.

Tableau 3.1: Besoins/Spécifications cibles

Numéro de priorité	Déclaration du client	Besoins	Niveau de classement (1 = important, 3 = moins important)
1.	“Les systèmes que nous avons en ce moment averti les	Le dispositif détecte les mouvements du patient avant qu'il se	1

	infirmières d'une chute après que c'est arriver. On aimerait un système qui prévient les chutes."	lève.	
2.	"Le coût de ce produit ne doit pas être élevé."	Le dispositif a un coût raisonnable.	1
3.	"On aimerait utiliser le système à plusieurs reprises, alors il doit être durable et de bonne qualité."	Le système est construit pour avoir une bonne qualité et pour être réutilisé.	1
4.	"Le système doit avertir les infirmières lorsqu'il y a beaucoup de mouvement."	Avertissement aux infirmières.	1
5.	"Il est interdit de restreindre les patients."	Le système n'a aucune restriction pour le patient.	2
6.	"Les fausses alarmes arrivent souvent avec les systèmes en place en ce moment et peuvent faire peur	Le système évite les fausses alarmes.	2

	aux patients.”		
7.	“Certains patients sont capables de désactiver le système.”	La désactivation du système est seulement accessible pour le personnel.	3

Tableau 3.2: Étalonnage

	Alarme avec une corde magnétique	Tapis à pression	Moniteur de tension artérielle	Détection de profondeur	Dispositif à base de capteurs
<b>Le dispositif prévient la chute</b>	Ce dispositif permet de prévenir la chute en ayant une corde accrochée au vêtement du patient et qui se déclenche quand le patient tombe et que l'aimant à l'autre bout de la corde se détache du haut-parleur de l'alarme	Ce dispositif tente de prévenir la chute d'un patient lorsqu'il détecte un changement de poids considérable lorsque le patient tombe	Ce dispositif tente de prévenir les chutes des patients en calculant la pression artérielle, effectivement lorsqu'une personne passe de la position assise à debout ou lors de chutes, la pression artérielle de l'individu augmente considérablement ce qui provoquera une alarme	Ce dispositif tente de prévenir la chute en utilisant un système de détection de profondeur qui s'accroche au plafond au dessus du lit du patient qui se déclenche lorsque le patient se rapproche de la caméra (alors se lève de son lit)	Ce dispositif fonctionne avec des capteurs dans un puissant microprocesseur posé autour du cou du patient et d'un boîtier servant d'alarme. Le microprocesseur enregistre toute la journée des données sur la patiente quand il est allongé, assis ou debout et détecte les chutes en traitant ces données
<b>Le dispositif n'effectue pas de fausse alarme</b>	Ce dispositif semble très simple à enlever, il est possible que certain mouvement brusque pendant la nuit ou pendant la journée puisse provoquer de fausses alarmes	Ce dispositif a pour désavantage d'effectuer un nombre important de fausses alarmes effectivement au simple changement de poids le dispositif s'actionne	Ce dispositif ne devrait pas limiter les fausses alarmes selon la façon dont il est programmé, pour s'en assurer des tests et enquêtes devraient être envisageable	Ce dispositif n'effectue pas de fausse alarme selon l'efficacité du produit ou des capteurs	Le dispositif semble assez efficace selon des commentaires d'utilisateurs mais cela dépend de la compagnie qui produit ce dispositif
<b>Le dispositif ne restreint pas le patient</b>	Effectivement le dispositif ne restreint pas le patient car il y a juste accroché à une petite corde magnétique qui s'enlève sans problème	Effectivement ce dispositif ne restreint pas le patient car il est placé en dessous du patient tout simplement	Ce dispositif ne restreint pas le patient car cela ressemble à un petit bracelet ou montre attacher autour du poignet du patient	Ce dispositif ne restreint pas les patients car il est placé au plafond de sa chambre rien ne l'empêche de bouger	Ce dispositif ne restreint pas les patients car il s'agit juste d'un petit collier qui les laisse bouger librement
<b>Le dispositif avertit les infirmières</b>	Le dispositif peut avertir les infirmières grâce à une alarme de 70 à 85 db	Le dispositif peut avertir les infirmières grâce à une puissante alarme qui sonne lorsque le dispositif détecte une différence de poids	Le dispositif peut avertir les infirmières grâce à une puissante alarme qui sonne lorsque le dispositif détecte une différence de tension artérielle considérable	Le dispositif avertit les infirmières grâce à une puissante alarme qui sonne lorsque le dispositif détecte une différence de hauteur considérable du patient	Le dispositif avertit les infirmières lorsque le microprocesseur calcule qu'il y a eu une chute et envoie l'information au boîtier (haut-parleur) qui émet une puissante alarme
<b>Coûts</b>	Environ, 60\$ par alarme	Ce dispositif revient cher car il n'a pas une grande espérance de vie, il faut en remplacer souvent après une seule utilisation. Environ, 50\$ par alarme	Environ, 70\$ par alarme	Plusieurs centaines de dollars	Environ 50\$ par mois
<b>Durabilité</b>	Dépend selon les matériaux utilisés	Environ une seule utilisation, pas vraiment durable	Dispositif durable pouvant tenir plusieurs mois voir années, avec des spécificités comme étant imperméable pour assurer la durabilité	Dépend selon les matériaux utilisés	Cela dépend selon les compagnies
<b>Le dispositif n'est pas désactivable par le patient</b>	Ce dispositif ne devrait pas être désactivable car il est dans le dos du patient ayant des difficultés avec le mouvement mais il est possible de décrocher manuellement la coudre, ou encore de la couper	Ce dispositif n'est pas désactivable par le patient s'il est accroché sur la chaise ou le lit	Ce dispositif ne devrait pas être désactivable par le patient sauf s'il fait preuve de beaucoup de détermination et arrive à briser le moniteur assez résistant. Par contre il ne faudrait pas installer des dispositifs qui s'enlève facilement	Ce dispositif n'est pas désactivable ou encore accessible au patient	Ce dispositif n'est pas désactivable par le patient mais il peut l'enlever facilement

Tableau 3.3: Métriques

Mesure	Unité	Description
Décibels de l'alarme.	dB	L'intensité de l'alarme lors de son déclenchement.
Pression sanguine.	mmHg	La tension artérielle du patient.
Coût	\$	Le coût total de la création du produit
Tension de la corde	N	La quantité de force nécessaire pour déclencher l'alarme magnétique.

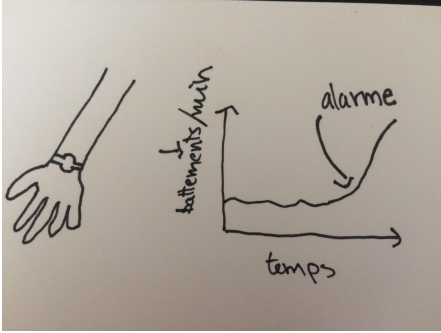
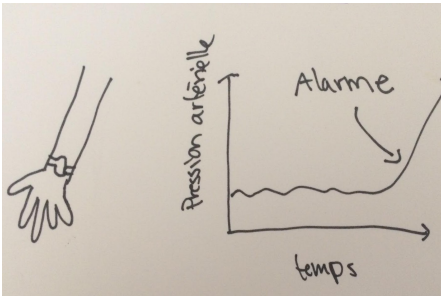
Masse totale	kg	La masse combinée de toutes les parties du système de prévention de chute.
Pression	N/m <sup>2</sup>	La pression mesurée dans un endroit pour déterminer si le patient se lève.
Profondeur	m	Quantité de distance entre le lit et la hauteur du patient.
Vitesse de mouvement minimal	m/s	La vitesse minimum du patient pour déclencher l'alarme.
Accélération minimal	m/s <sup>2</sup>	L'accélération minimale du patient pour déclencher l'alarme.
Taille/ longueur	in	Unité de mesure pour tous les objets utiliser dans le système.
Durée de l'alarme	s	La quantité de temps que l'alarme sonnera.

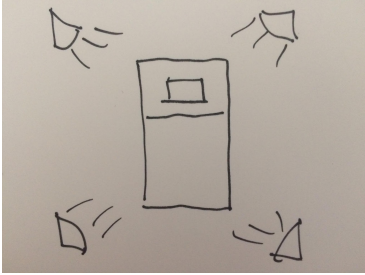
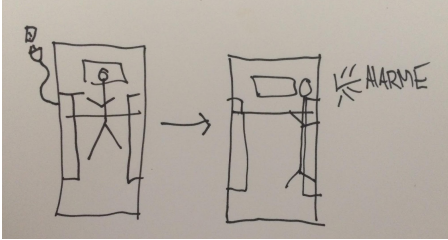
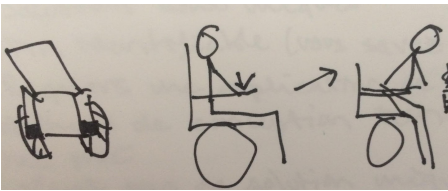
### Critères de conception

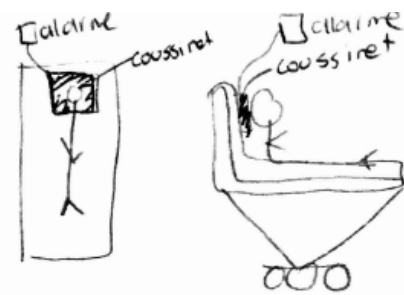
1. Le dispositif doit pouvoir avoir un bon rapport qualité-prix. Notre produit doit être durable et résistant tout en respectant un budget de moins de 100 \$ pour la création totale du dispositif.
2. Le dispositif doit absolument prévenir la chute et non seulement enclencher une alarme pour alerter de la chute, l'alarme doit pouvoir être assez puissante pour être entendu par les infirmières sans non plus réveiller tout l'hôpital donc entre au 50 et 90 dB et d'une durée raisonnable.
3. Le dispositif ne doit pas restreindre le patient, cela est indispensable, alors nous devons être capables de déterminer la force (N.) de nos matériaux, la taille ou encore leur poids, car les patients ont des capacités musculaires réduites.

### 3.2. Analyse et évaluation de toutes les solutions fournies, ainsi qu'une justification du processus et les méthodes utilisées pour l'analyse et l'évaluation.

Tableau 3.4: Analyse de toutes les solutions

Idée	Fonctionnalité	Points forts	Points faibles	Croquis
Bracelet qui mesure le rythme cardiaque	Lorsqu'un patient essaie de se lever, son rythme cardiaque va augmenter à cause du mouvement. Un rythme cardiaque trop élevé fera sonner une alarme qui avertira les infirmières.	Petit, discret, précis, facilement mesurable, pas dispendieux, détecte le mouvement avant que le patient soit levé	Pourrait causer des fausses alarmes si le rythme cardiaque augmente pour d'autres raisons, pourrait sonner trop tard.	
Bracelet qui mesure la pression sanguine	Lorsqu'un patient qui a été couché ou assis pendant une longue période de temps essaie de se redresser ou de se lever, le changement important de la pression sanguine sera mesuré par le moniteur, qui fera sonner une alarme.	Le changement de tension artérielle est facile à détecter puisqu'il sera grand, discret, petit	Certains patients ne voudront pas porter le bracelet	

<p>Système de détecteurs de mouvements dans la chambre</p>	<p>Un système de détecteurs de mouvements dans les coins de la chambre qui pourrait sonner une alarme si un mouvement est trop rapide, ou dans les zones non acceptables (trop haut = patient est debout)</p>	<p>Détecte les mouvements trop rapides ou hors des zones normales, le patient ne peut pas le désactiver</p>	<p>Dispendieux, difficile d'identifier les mouvements anormaux des mouvements quotidiens acceptables.</p>	
<p>Détecteur de pression sur les côtés du lit</p>	<p>Des matelas détecteurs de pression seulement sur le bord du lit pourraient détecter quand le patient essaie de sortir du lit. Lorsque de la pression est appliqué sur ces coussins, une alarme sonne.</p>	<p>Donneraient moins de fausses alarmes car il ne serait pas activé par les mouvements normaux, discret, plus difficile pour le patient de désactiver</p>	<p>Les coussins peuvent être chers, ils s'usent rapidement, le lit doit être plus large que le patient</p>	
<p>Détecteur de pression sur les bras de la chaise</p>	<p>Lorsqu'un patient essaie de se lever de sa chaise, il doit utiliser les bras pour s'appuyer. La pression placée sur</p>	<p>Faciles à installer, les patients ne peuvent pas le désactiver, ne causerait pas</p>	<p>Seulement pour les chaises et il y a déjà un système fonctionnel pour les fauteuils</p>	

roulante	les bras activerait une alarme.	beaucoup de fausses alarmes.	roulants, comment déterminer une pression normale et une pression d'une personne qui se lève.	
Détecteur de pression au niveau de la tête et des épaules.	Ce dispositif tente de prévenir la chute du patient lorsqu'il détecte une différence de poids considérable.	Il n'est pas désactivable par le patient et il ne restreint pas le patient.	Il pourrait bouger beaucoup et déclencher l'alarme par accident pendant que le patient se couche. Pas très durable, et il doit être remplacé après une seule utilisation	

### 3.3. Choix des solutions prometteuses basé sur vos critères de conception.

1. Système de détecteurs de mouvements dans la chambre
2. Bracelet qui mesure la pression sanguine
3. Coussinets de pression sur les côtés du lit



### **3.4. Développement d'un concept d'équipe qui est soit une intégration ou une modification des solutions prometteuses, ou un concept complètement nouveau créé à partir de ces idées avec une justification de l'approche.**

Nous voulons combiner la première idée, le détecteur de profondeur avec le coussinet de pression sur les côtés du lit. Nous avons choisi de combiner deux idées afin de créer un système à deux variables. Cela pourra contribuer à réduire les fausses alarmes puisque les deux conditions devront être comblées pour sonner l'alarme. Les variables seront donc la profondeur par-dessus le lit, et la pression sur les côtés du lit. Ainsi, si le patient se redresse pour manger, mais reste au centre du lit, il n'y aura pas d'alarmes qui se déclenchent. De même, si le patient se déplace durant son sommeil, aucune alarme ne sera déclenchée. Nous avons aussi pensé à quelles idées étaient les plus réalistes en matière de budget et d'habileté. Nous avons jugé que la programmation nécessaire à cette combinaison sera faisable et que les pièces requises seront disponibles au MakerSpace.

### **3.5. Représentation visuelle (esquisses, diagramme, modèle CAO, etc.) du concept de groupe.**



Figure 3.1: Concept de groupe

### **3.6. Description de la fonctionnalité primaire du concept et la relation aux spécifications cibles, ainsi que ses avantages et ses désavantages.**

Avec la combinaison du détecteur de profondeur avec le coussinet de pression on aura un système de prévention de chute le plus précis que possible. En ayant deux systèmes qui fonctionnent ensemble en utilisant des vérifications entre eux pour savoir si le client essaye vraiment de se lever, ou s'il est seulement en train de dormir sur le coussinet de pression. La fonctionnalité primaire du système est dans le détecteur de profondeur qui détermine la hauteur du patient pour savoir s'il se couche ou essaye de se lever. Mais aussi le coussinet de pression qui est alerté s'il y a une haute pression sur le coussinet. Pour déclencher l'alarme, il faut que les deux systèmes détectent qu'il essaye de se lever, pour avoir une prévention de chute précise. Avec cette combinaison, on élimine les désavantages des deux systèmes, de fausse alarme. C'est aussi vérifié par tous nos critères de conception, et les spécifications cibles sont toutes atteintes.

Pour résumer, en analysant nos besoins et spécifications cibles telles que le coût ne doit pas être élevé et que le système ne peut pas restreindre le patient. Notre étalonnage, nos métriques, et nos critères de conception, nous avons pu avoir une idée de comment analyser chaque idée de conception des membres de l'équipe. Une fois que nous avons fait un répertoire de la variété d'idées de chaque membre et que nous avons justifié chaque conception, nous sommes donc venues à quelques solutions que nous trouvions les plus appropriées : le système de détecteurs de mouvements dans la chambre, le bracelet qui mesure la pression sanguine, et les coussinets de pression sur les côtés du lit. Notre concept d'équipe est donc la combinaison du détecteur de profondeur avec le coussinet de pression sur les côtés du lit. Nous croyons qu'avec deux systèmes qui détectent le mouvement du client, il y aurait moins de chance de fausses alarmes puisqu'il y a deux vérifications que le dispositif ferait avant de sonner. Notre concept comble donc la majorité de nos besoins et nos critères de conception.

#### 4. PLAN DU PROJET ET BOM

En analysant la demande de M. Bocar inquiet pour la prévention des chutes des patients, notre équipe a continué à travailler sur les solutions possibles. Une fois cette étape terminée nous avons fait un remue-méninges de ce qui reste à faire, les matériaux nécessaires pour construire notre concept, et les différentes approches pour accomplir nos tâches. Pour continuer à être productifs, nous avons donc mis des listes de plans, des BOM et des processus que nous allons utiliser et suivre tout au long du restant du projet.

Tableau 4.1 : Répartition des tâches

Tâches	Responsable	Dépendances
Prototype (Non fonctionnel analytique)	Isabella	aucune
Recherche de ressources	Tous	aucune
Étude de faisabilité	Valentin et Jonathan	aucune
Commande des ressource	Josée et Caroline	Recherche des ressources
Programation	Valentin et Jonathan	Commande des ressources
Essais de matériaux	Caroline	
Définir les limites pour les alarms	Jonathan	Commande des ressources
Programmation	Valentin et Caroline	Limites des alarmes
Assemblage	Josée et Isabella	Commande des ressources

Prototype fonctionnel	Josée et Isabella	programmation
Essais du prototype	Caroline	programmation
Design Day	Tous	Tout

#### 4.1. Liste de jalons

Sprint de préparation au prototype initial (22-29 octobre):

- Prototype analytique
- Étude de faisabilité
- Recherche pour les ressources et matériaux nécessaires
- Recherche pour la programmation du système
- Essais de matériaux (ceux disponibles aux MakerSpace)

Sprint du prototype initial (30 octobre au 13 novembre):

- Commande des matériaux
- Programmation préliminaire (programmes pour les deux éléments du système séparés)
- Assemblage du coussin de pression
- Assemblage du capteur de profondeur (dispositif pour le maintenir en place)
- Définir les limites des alarmes
- Assemblage avec l'arduino

Sprint du prototype final (14 novembre au 20 novembre):

- Essais du prototype
- Itérations pour améliorer le produit (trouver les erreurs et leurs solutions)
- Programmation pour relier les deux systèmes
- Itérations pour améliorer le système
- Ajustements pour l'esthétique si nécessaire

Caroline est maitre du scrum.

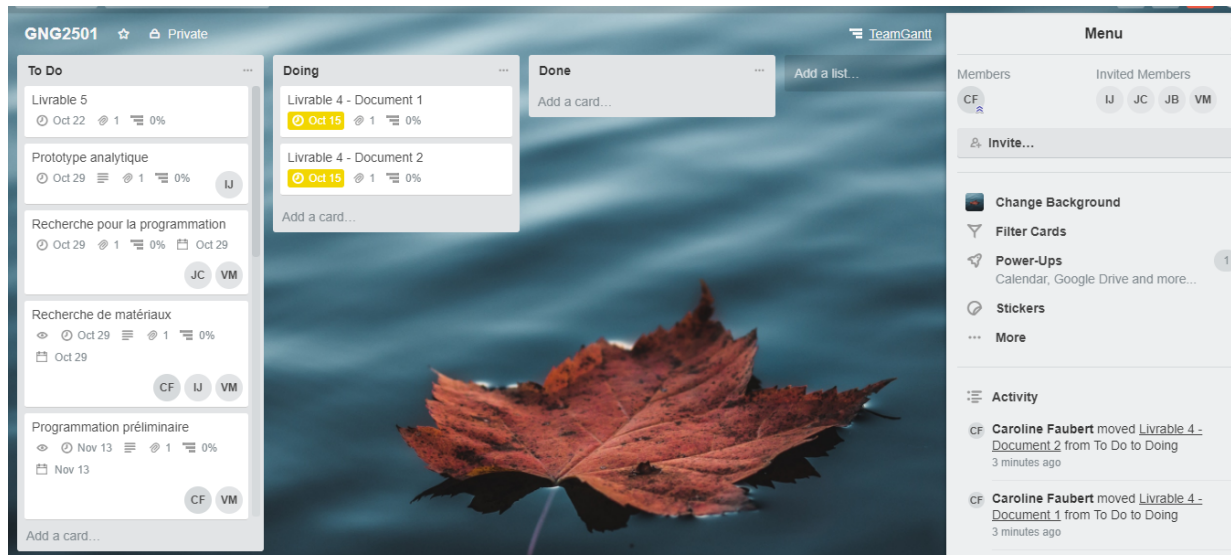


Figure 4.1: Compte Trello

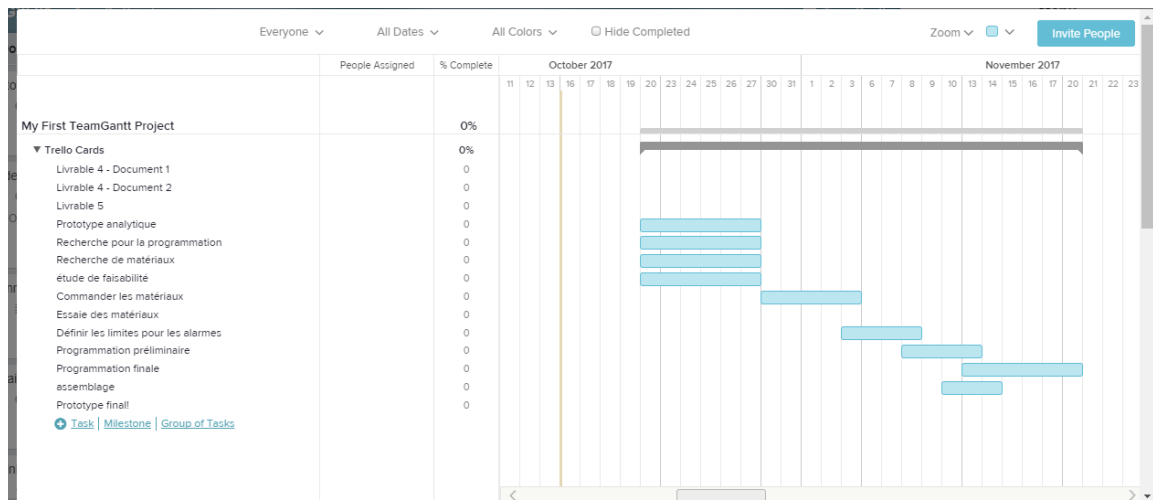


Figure 4.2: Diagramme de Gantt

Tableau 4.2 : Nomenclature des matériaux détaillée (BOM) pour chaque prototype

No. De l'item	Composante	Description	Quantité	Cout Unitaire (\$)	Quantité x Coûts (\$)
1	Arduino	Microcontrôleur Arduino Uno R3	1	25.94	25.94
2	Tapis à pression	Ideal Security(marque)	2	29.95\$	59.9\$
3	Fils électrique	Fils de cuivre	2	2.99\$	5.98\$
4	Ruban électrique	18mm x 10m. Ruban électrique pour usage intérieur.	1	0.59\$	0.59\$
5	Interrupteur	1 Pc 50V 0.5A 3 Pin 2 Position On/OFF 1P2T SPDT Slide Switch 3 Pin	1	1.45\$	1.45\$
6	Capteur Ultrason	Capteur Ultrason (HC - SR04)	1	6.49\$	6.49\$

Total (\$)	100.35\$
------------	----------

#### 4.2. Une justification pour chaque coût associé avec le projet.

- **Arduino** : Pour le fonctionnement de notre prototype, nous allons avoir besoin d'un microcontrôleur dans le but de pouvoir programmer notre capteur ultrason.
- **Tapis à pression** : Nous avons besoin de deux tapis à pression de chaque côté du lit pour notre prototype dans le but d'avoir un premier dispositif pouvant prévenir les chutes. Les tapis sont fournis avec des piles et une alarme.
- **Fils électriques** : Pour le fonctionnement de notre prototype, nous allons avoir besoin de fils électriques pour pouvoir connecter chaque composante de notre dispositif.
- **Ruban électrique** : Pour le fonctionnement de notre prototype, nous allons avoir besoin de ruban électrique pour pouvoir fixer les différentes composantes de notre dispositif.
- **Interrupteur** : Nous avons besoin d'un interrupteur pour notre prototype lorsque l'utilisateur décide de ne plus s'en servir.
- **Capteur Ultrason** : Nous avons besoin d'un capteur ultrason au-dessus du lit pour notre prototype dans le but d'avoir un deuxième dispositif pouvant prévenir les chutes.

#### 4.3. Une discussion des incertitudes et des risques associés au projet.

Dans le processus de conception de notre produit, il y'a des incertitudes et des risques qui peuvent causer des problèmes. Dans le système de prévention de chute, il y'a l'incertitude de compatibilité avec différent type de lit et de patient, ce qui changera la précision des mesures de détection. Des risques associés à notre projet, inclut la possibilité de ne pas connecter le tapis à pression avec l'arduino ce qui nous forcera à créer uniquement un des deux système. De plus, le système pourrait être désactivée par le patient si on ne détermine pas une bonne méthode pour installer le système avec le lit.

En conclusion, nous avons décidé d'utiliser la méthode de scrum pour la gestion de notre projet. Nous avons donc fait un graphique d'avancement scrum et un tableau scrum montrant nos tâches et la date d'échéance. Pour nos matériaux, notre budget est de 100\$ et celui-ci fait un total de 100.35\$ qui est seulement 35 cents de plus. D'autre part, nous avons quelques incertitudes et risques associés à notre projet tel que l'adaptabilité du produit à chaque lit.

## 5.ÉTUDE DE FAISABILITÉ

Après avoir fait une liste des solutions et de les avoir analysés individuellement, nous sommes rendues à l'étape de faisabilité. Cette étape est de vérifier l'évaluation de nos solutions fait précédemment. La tactique que nous avons donc utilisée est celle du TELOP. Ce document présente la vérification de nos états technique, économique, légale, opérationnelle et de planification.

### 5.1. Technique: Expertises et ressources technique

Bien que notre équipe est composée de personnes provenant de différent genre de génie; génie biomédical, génie civil, génie du logiciel et génie mécanique, nous avons certainement assez d'expertise et de ressources techniques pour accomplir ce projet. Non seulement que chacun d'entre nous avons les compétences nécessaires, le fait que chaque membre a des forces dans différent domaine comme la programmation, l'utilisation des appareils techniques (arduino), et la fabrication, nous rend une équipe de haute performance. De plus, pour bien réussir le projet nous avons accès aux endroits comme Maker Space et Brunsfield où il est possible de réaliser nos idées avec la nouvelle technologie disponible.



## **5.2. Économique: Contraintes Budgétaire**

Oui le coût de notre projet peut être raisonnable puisque nous avons choisi des matériaux peu dispendieux. Avec la recherche c'est possible de concevoir un produit final avec un budget raisonnable.

## **5.3. Légal: Contraintes legais**

Nous travaillons avec l'Hôpital St-Vincent alors il y a certainement des légalités à considérer. Premièrement si nous souhaitons attacher notre système à un lit (ou une chaise roulante) nous ne pouvons pas modifier la structure déjà existante puisque cela va donc devenir un problème de fiabilité. De plus, nous ne pouvons pas restreindre les patients pour les empêcher de tomber puisque cela pose des problèmes de sécurité au moment d'urgences. Donc, nous avons conçu notre solution en tenant compte de tous ces détails.

## **5.4. Opérationnel: Contraintes organisationnelles**

Dans notre groupe, une des plus grandes contraintes organisationnelles qui peut empêcher notre succès c'est que les horaires de chaque membre sont très chargés et diversifiés. Essayer d'organiser un temps de rencontre ensemble n'est pas toujours facile, donc ceci peut causer des problèmes plus tard quand le temps vient de faire la construction et l'assemblage du produit.

## **5.5. Planification: Dates limites pour notre solution de conception**

Nous avons décidé de placer différentes dates limites au courant du semestre pour nos différents sprints afin d'accomplir notre projet final à temps. Le premier sprint est la préparation au prototype initial qui est en place jusqu'au 29 octobre. Par la suite, nous avons le sprint du prototype initial qui commence le 30 octobre et termine le 13 novembre. Ensuite nous avons notre dernier sprint du prototype final qui commence le 14 novembre et termine le 20 novembre.

Le tout du projet doit être terminé avant Design Day, qui est la semaine du 27 novembre 2017. Pour produire un produit de haute qualité, cette date limite est un peu irréaliste puisque le processus de conception prend du temps et cela est une grande contrainte, mais si on accomplit chaque tâche dans les sprints, nous allons terminer le projet. C'est une date limite qui est difficile à atteindre, mais notre groupe est capable de le réaliser.

## 6. PROTOTYPE I ET PRÉPARATION POUR LA RENCONTRE DU CLIENT

Lors de notre rencontre avec le client, nous avons présenté nos idées de conception pour notre projet final. Avec la rétroaction de Bocar, nous sommes maintenant capables de modifier nos idées et continuer avec le prototypage. Pour le premier prototype, nous allons démontrer l'allure de notre prototype et sa forme en utilisant des objets peu (ou non) coûteux. Cette section a pour but de résumer la deuxième rétroaction du client, créer le premier prototype non fonctionnel, et clarifier notre but avec une vidéo démonstrative et un modèle Solidworks.

### 6.1. Résumé de la deuxième rétroaction

Notre client semble être impressionné par les idées présentées lors de notre rencontre. Il a beaucoup aimé le fait que nous avons créé deux variables afin de déclencher notre système de prévention pour but d'éviter des fausses alarmes. Cependant Bocar avait des inquiétudes envers l'emplacement des capteurs de mouvement. Il a suggéré que notre dispositif ne doit pas être encombrant ou dans le chemin des patients quand ils se déplacent, alors il nous recommanda un dispositif qui puisse s'enlever et se mettre au bon vouloir des infirmières ou encore placer le dispositif en tête ou pied de lit mais d'essayer d'éviter les côtés du lit, pour raison de sécurité. De plus, il nous avait recommandé de faire une recherche approfondie sur quel type de capteur serait le plus adéquat pour notre projet.

Ensuite après une entrevue avec le technicien de l'hôpital, nous nous sommes rendu compte que les tapis de pression utilisée présentement dans l'établissement ont un coût exorbitant alors il nous suggéra se peut être essayé de construire nos propres tapis. Nous considérons fortement cette option après avoir remarqué que le dispositif est en réalité assez simple à réaliser.

## **6.2. Vérification des hypothèses et plans d'essai pour les prochain prototype**

Lors de notre entrevue, nous avons eu l'opportunité de vérifier nos hypothèses avec le technicien de l'hôpital, il nous a confirmé que le fait de vouloir combiner un système de tapis à pression en plus d'un dispositif fonctionnant avec des capteurs et une idée intéressante et plausible qui réduirait considérablement les défauts d'un des deux systèmes seul, en plus d'assurer une meilleure prévention de chutes. En raison de la complexité de notre projet il nous a tout de même conseillé de faire une recherche approfondie sur quel type de capteur utilisé (distance, thermique, etc.), et de l'emplacement de ces capteurs pour ne pas gêner les patients. De plus, sachant que la programmation de notre projet risque d'être complexe plus des recherches sur la programmation nous avons décidé de faire beaucoup d'essais et le plus rapidement possible. Selon les recherches faites jusqu'à maintenant, la programmation pour le prototype semble être faisable. De plus, notre budget est suffisant pour commander tous les matériaux nécessaires comme nous l'avions prévue.

Nous voulons faire des essais avec le capteur de distance pour en vérifier la précision. Pour ce faire, nous avons commandé les pièces nécessaires pour notre prototype, incluant un Arduino, un capteur ultrason, des fils, etc. Une fois le matériel reçu, nous pourrions vérifier si notre programmation est adéquate. Nous allons donc essayer de trouver les limites des distances auxquelles le capteur reste précis. Ceci nous permettra de confirmer le meilleur emplacement pour ce capteur, soit au bout du lit soit au-dessus. Ensuite nous allons, tenter de programmer nos

deux principaux dispositifs ensemble ( tapis à pression et capteur) dans le but de répondre le plus précisément possible aux critères de conceptions.

### **6.3. Grande ligne pour la prochaine rencontre**

Pour notre prochaine rencontre nous espérons présenter à notre client un de nos sous-systèmes fonctionnels, ainsi que notre vidéo du fonctionnement, et notre modèle Solidworks. Des tests de mouvement sur notre sous-système des capteurs nous permettent de déterminer si l'arduino fonctionne et nous permettra aussi d'acquérir des données afin de déterminer s'il faut modifier certaines limites (comme les limites d'activation du système). Nous aimerions démontrer le fonctionnement réel de ce dernier car cela permettra au client de mieux visualiser le fonctionnement final. La vidéo est utile pour que Bocar puisse déterminer si le fonctionnement satisfait les besoins des patients à l'hôpital. Le modèle Solidworks donne un aperçue de l'esthétique finale et permet au client de facilement changer certains aspects du système comme la grosseur ou l'emplacement des sous-systèmes.

### **6.4. Vidéo et modèle solidworks**



Figure 6.1: Modèle Solidworks vue de dessus

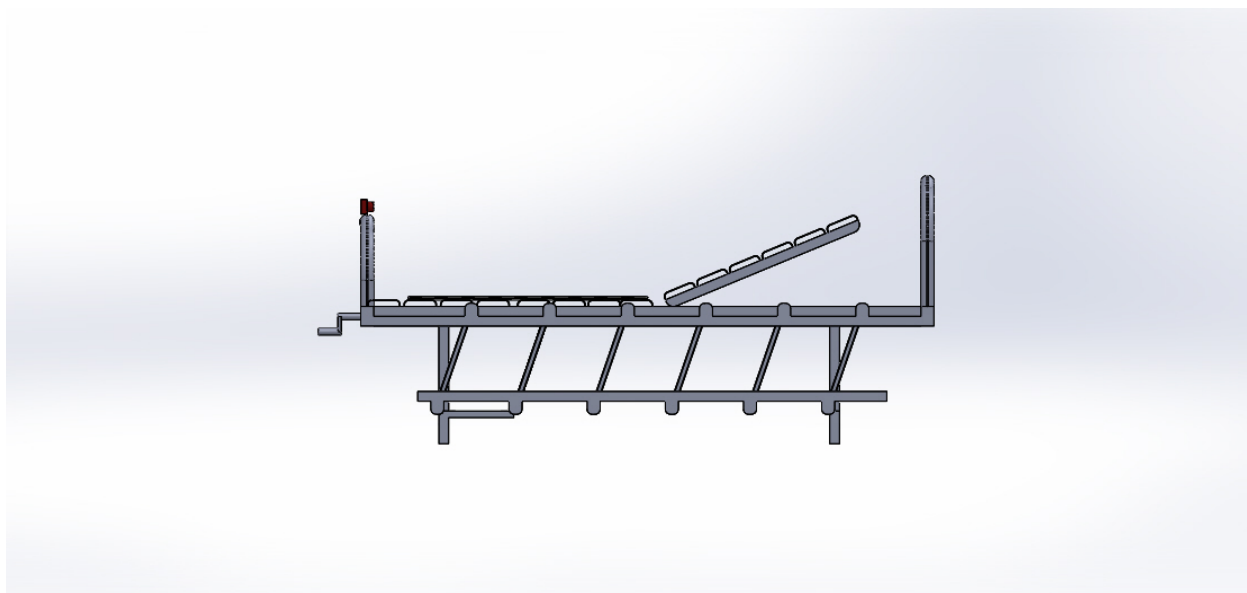


Figure 6.2: Modèle Solidworks vue de côté

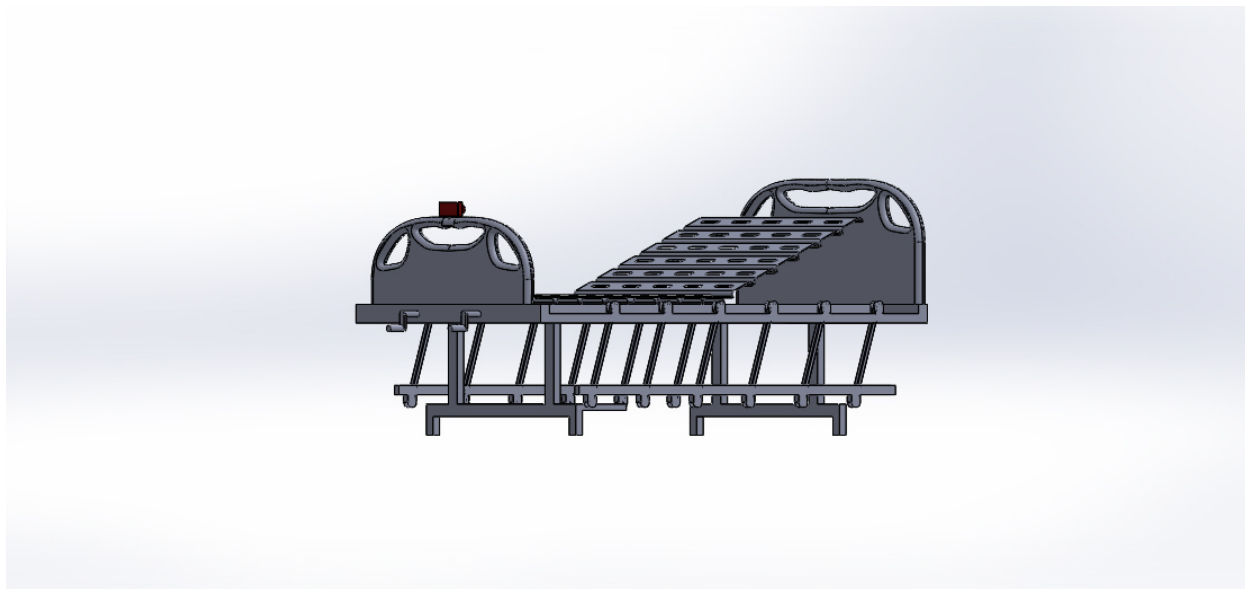


Figure 6.3: Modèle Solidworks vue de derrière

Vidéo explicative

<https://youtu.be/yxrfe4J-Tb4>

Après une entrevue constructive avec notre client, nous avons eu l'opportunité d'avoir de précieuses rétroactions par rapport à nos idées et au prototype que nous allons développer. Cette rétroaction nous a permis de réajuster nos solutions au problème et de s'assurer que notre concept répond bien aux critères de conception établis précédemment. Ensuite, nous avons vérifié nos hypothèses lors de recherches avancées et nous avons planifié le prochain prototypage dans le but de continuer nos essais itératifs. Enfin, dans le but d'assurer que nos hypothèses et prototypes répondant au besoin du client nous espérons pouvoir présenter de façons plus visuelles nos idées et avoir en retour de constructive critique et remarque qui pourrait améliorer notre dispositif.

## 7. MODÈLE D’AFFAIRE ET VALIDATION

Le modèle d’affaire montre et présente la façon dont une entreprise est présumé de réaliser des bénéfices. Suite au modèle d’affaires, un tableau de validation est fait pour vérifier que le modèle d’affaire est faisable et productif. Ce tableau de validation aide à vérifier chacune des hypothèses faites lors du modèle d’affaires et surtout notre hypothèse a plus risquée. Voici une présentation du modèle d’affaires le plus efficace pour notre produit ainsi que l’identification et l’évaluation des hypothèses qui ont été faites à son sujet.

### 7.1 Type de modèle d’affaire utilisé pour la commercialisation du produit.

Pour la commercialisation de notre produit, nous avons choisi d’aller avec un modèle d’affaire qui est une combinaison de production et ventes, et publicité. Notre produit est très spécialisé et donc s’offre seulement à une clientèle spécifique (hôpital, maison d’âge, etc.). Avec la publicité qui se fera par des affiches, contacts directs, et des annonces publicitaires sur des sites web, nous pouvons attirer l’attention de nos clients. Par la suite, lorsqu’il y a une demande de produit, nous pouvons faire la vente directe avec le client.

Tableau 7.1: Le modèle d’affaires

<b><u>Partenaires clés</u></b>	<b><u>Activités clés</u></b>	<b><u>Proposition de valeur</u></b>	<b><u>Relation avec les clients</u></b>	<b><u>Segments de la clientèle</u></b>
-Maker Space -Université d’Ottawa -L’Hôpital St-Vincent -Patrick Dumond	-Production de tapis à pression -Installation des dispositifs -Publicité	Procurer un système discret et efficace qui pourra réduire la fréquence des chutes de patients.	Face à face Courrier électronique	-Hôpital Saint-Vincent -Autres hôpitaux de soins continus -Personnes âgées
	<b><u>Ressources clés</u></b> Arduino Capteur de ultrason		<b><u>Canaux de distribution</u></b> Livraison par les producteurs	

<b><u>Structure des coûts</u></b>	<b><u>Sources des revenus</u></b>
Matériaux (variable, direct) Coûts de la plateforme Coût de mentions légales Production Distribution	Revenu net des ventes

## **7.2 Hypothèses de bases produites en développant le modèle d'affaires et le tableau de validation.**

Lors de la conception de notre modèle d'affaire nous avons fait plusieurs hypothèse. Tout d'abord envers notre segment de clientèle, nous faisons l'hypothèse que les personnes âgées, l'hôpital St-vincent ou encore d'autres hôpitaux de soins continues seront notre clientèle et acheteur de notre produit car celui-ci répond au besoin pour un système sécuritaire de prévention de chutes. Ensuite nous faisons l'hypothèse, que le meilleur moyen de pouvoir distribuer notre produit est par livraison. Grâce aux étapes précédentes de notre conceptions de projet, nous avons un prototype où nous avons pour ressources et composantes clés un Arduino et un capteur ultrason. Enfin nous avons fait la structures de nos coûts en incluant les matériaux, le coût de la plateforme, le coûts des mentions légales, de la production et de la distribution. Pour terminer, nous avons pour théorie que la source de notre revenu sera le revenue net des ventes.

Notre hypothèse la plus risquée est le prix des légalités puisque celle-ci peuvent devenir très dispendieuses à cause de toutes le réglementations dont l'hôpital doit suivre lors de l'achat d'un produit qui à rapport à l'accessibilité.



leanstartu <b>machine</b>		Validation Board				Project Name:	Team Leader Name:												
Track Pivots	Start	1st Pivot	2nd Pivot	3rd Pivot	4th Pivot														
Customer Hypothesis	Patient de hospital St-Vincent	Patient de hospital St-Vincent																	
Problem Hypothesis	Un système de détection des chutes	Un système de prévention des chutes																	
Solution Hypothesis	Solution qui détecte la chute pendant ou après que le patient tombe du lit	Solution qui détecte que le patient essaye de se lever																	
Design Experiment		Riskiest Assumption		Results															
<p>Tip: Clear all post-its from this area after each experiment is completed</p> <div>Que les patients ne soient pas sourds</div> <p><b>Core Assumptions</b> Any assumption that, if invalidated, will break the business</p> <div>Les patients tombent de leurs lits</div>		<p>Which Core Assumption has the highest level of uncertainty?</p> <p>Method</p> <p>What is the lowest cost way to test the Riskiest Assumption?</p> <p>Choose: Exploration, Pich, or Conderge</p> <p>Minimum Success Criterion</p> <p>What is the weakest outcome we will accept as validation?</p>		<p><b>GET OUT OF THE BLDG</b></p> <p>Invalidated</p> <p>If invalidated, pivot at least one Core Hypothesis</p> <p>Only put the Riskiest Assumption from an experiment in these boxes</p> <p>Record data &amp; learnings separately</p> <p>Validated</p> <p>If validated, transform and test the next Riskiest Assumption</p>															
				<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </table>		1	2	3	4	5	6	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>6</td> </tr> </table>		1	2	3	4	5	6
1	2																		
3	4																		
5	6																		
1	2																		
3	4																		
5	6																		
				<div>Un produit qui alerte les infirmières et prévient une chute</div>															

www.ValidationBoard.com

© 2012 Lean Startup Machine. You are free to use it and earn money with it as an entrepreneur, consultant, or executive, as long as you are not a software company (the latter need to license it from us).

Figure 7.1: Tableau de validation

En conclusion, nous avons choisis le modèle d'affaires production et vente, et nous l'avons jumelés avec le modèle d'affaire de publicité. Ce modèle à été choisis car notre produit est spécialisé et lors d'une demande, nous pouvons faire la vente directe avec le client. Nous avons fait notre modèle d'affaires en répondant quoi, qui, comment et combien pour pouvoir suivre avec le tableau de validation. Nos hypothèses sont, que notre clientèle et acheteur est principalement les personnes âgées et les hôpitaux, et que le meilleur moyen de distribuer notre produit est par livraison. Nous avons donc identifié un modèle d'affaires qui convient bien à la commercialisation de notre produit et nous avons vérifié notre hypothèse la plus risquée.

## 8. RAPPORT D'ÉCONOMIE

Pour appuyer le modèle d'affaires précédent, ce rapport d'économie démontre un compte de profits et de pertes prévisionnel pour notre entreprise. Pour ce faire, le rapport contient une liste des coûts basés sur la fabrication et la vente. Suivie d'un compte précis de profits et de pertes sur une durée de 3 ans. Nous déterminons ensuite le seuil de rentabilité, grâce à une analyse VAN tout en développant nos hypothèses.

### 8.1 Coûts variables, fixes, directs et indirects associés avec l'entreprise et basés sur la fabrication et la vente du produit.

Dans le modèle d'affaires les coûts sont mentionnés, ils ne sont pas détaillés. Voici des tableaux qui démontre en précision les coûts variables, fixe, direct et indirects associés avec l'entreprise pour fabriquer les cents premiers dispositifs.

Tableau 8.1: Couts fixes, et directs

Article	Prix	Nombre d'unités	Cout
Pince à dénuder	8.4	3	25.2
fer a soudure	17.53	3	52.59
total			77.79

Tableau 8.2: Couts variables, et directs

Article	Prix	Nombre d'unités	Couts
Arduino	6	100	600

Fils électrique	1.69	100	169
buzzer	6	100	600
capteur ultrason	12.99	20 (paquet de 5)	259.8
fibre de carbone	29.43	20 (paquet de 5)	588.6
		Total	2217.4

Nous assumons que pour les 3 premières années, nous n'aurons pas de bureau. Nous travaillerons à partir de l'Université pour économiser les coûts indirectes tels que le loyer, l'électricité, les coûts de transportation, etc. Grâce à ceci, nos coûts indirects serait notre contributions à l'université pour nous laisser utiliser leurs espaces de travailler qui serait un total de 1000\$ par année puisque nous sommes des étudiants. Un autres coût indirect est le coût pour les permis légaux sur l'accessibilité qui doivent être payer pour pouvoir vendre notre produit sur le marché.

## 8.2 Compte de profits et de pertes sur 3 ans.

Pour le compte de profits, nous avons visionné une vente de 15 produits à 200\$ chaque pour notre première année. Notre deuxième année nous visionnons une vente de 18 produits, et la troisième année une vente de 20 produits, puisque au courant du temps, nous trouverons plus de clients et nous serons plus connues. Nous commençons par acheter trois fer à souder et pince à dénuder, puisque ceux-ci sont nos coûts fixes et directs. Nos produits nous coûte donc 71.65\$ pour produire.

Tableau 8.3: Compte de profits et de pertes

Année	0	1	2	3
Ventes	0\$	3,000\$	3,600\$	4,000\$

Coût des produits vendu	<b>-77.76\$</b>	-1,074.75\$	-1,289.70\$	1,433.00\$
Profit brut sur les ventes	<b>0\$</b>	1,925.25\$	2,310.30\$	5,433.00\$
Frais d'exploitation:				
• Frais de marketing	<b>-300\$</b>	<b>-300\$</b>	<b>-300\$</b>	<b>-300\$</b>
• Frais généraux et administration	<b>-1000\$</b>	<b>-1000\$</b>	<b>-1000\$</b>	<b>-1000\$</b>
<u>Total</u> des frais d'exploitation	<b>-1300\$</b>	-1,300\$	-1,300\$	-1,300\$
Profit d'exploitation	<b>-1377.76</b>	625.25\$	1,010.30\$	4,133.00\$

### 8.3 Analyse VAN et seuil de rentabilité.

Pour la valeur actuelle net, nous avons un intérêt de 5% et nous utilisons la formule:

$$V_{\text{act}} = \frac{\Sigma V_{\text{acq}}}{(1+i)^n}$$

Tableau 8.4: Valeur actuelle net

Année	0	1	2	3
Profit d'exploitation	<b>-1377.76</b>	595.48\$	916.37\$	3570.24\$

### Analyse flux monétaire

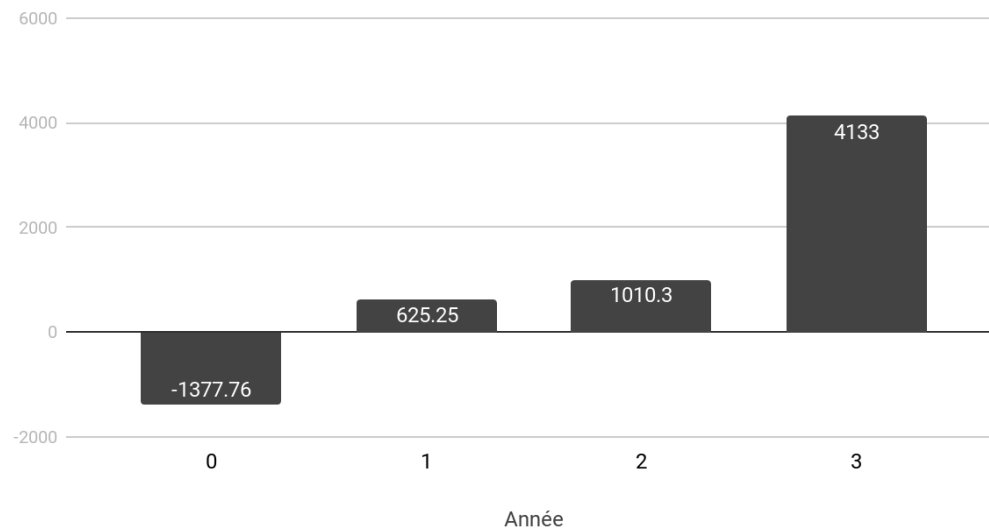


Figure 8.1: Analyse flux monétaire

### Analyse flux monétaire Actuelle

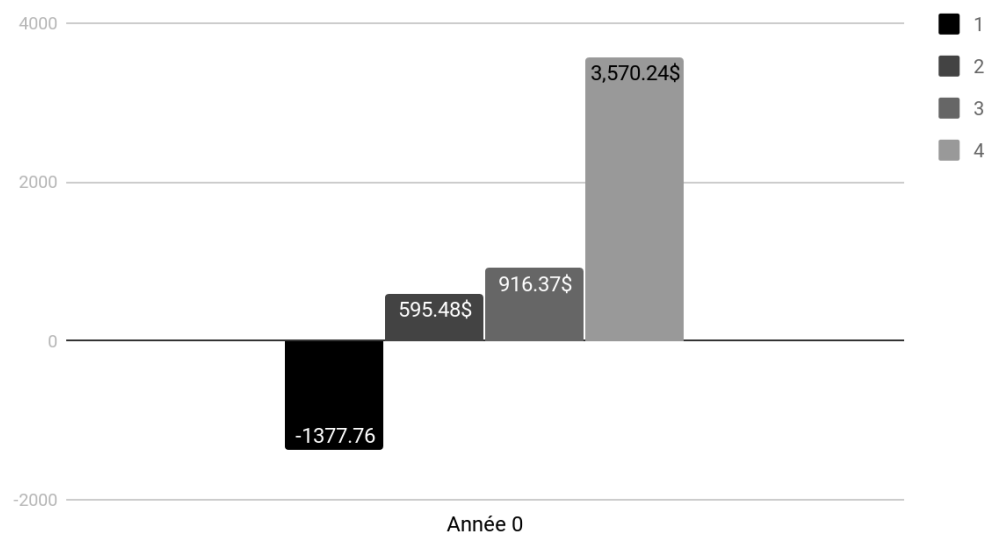


Figure 8.2: Analyse flux monétaire Actuelle

La valeur actuelle net est la somme de mon flux monétaire actuelle qui est de 3704.33\$ après trois ans.

Tableau 8.5: Coût pour un produit

	Fabriquer	acheter
Pince à dénuder	\$8.40	\$0.00
Fer à souder	\$17.53	\$0.00
Arduino	\$6.00	\$0.00
Fils électriques	\$1.69	\$1.69
Buzzer	\$6.00	\$0.00
Capteur Ultrason	\$2.60	\$0.00
Fibre de carbone	\$29.43	\$0.00
Tapis à pression	\$0.00	\$300.00
Détecteur de mouvements	\$0.00	\$12.99
Coût total pour une pièce	\$71.65	\$314.68

Tableau 8.6: Coût total

	Fabriquer	acheter
Pince à dénuder	\$8.40	\$0.00
Fer à souder	\$17.53	\$0.00
Arduino	\$6.00	\$0.00
Fils électriques	\$1.69	\$1.69
Buzzer	\$6.00	\$0.00
Capteur Ultrason	\$12.99	\$0.00
Fibre de carbone	\$29.43	\$0.00
Tapis à pression	\$0.00	\$300.00
Détecteur de mouvements	\$0.00	\$12.99
Coût total	\$82.04	\$314.68

Tableau 8.7: Coût marginal

	Fabriquer	acheter
Pince à dénuder	\$0.00	\$0.00
Fer à souder	\$0.00	\$0.00
Arduino	\$6.00	\$0.00
Fils électriques	\$1.69	\$1.69
Buzzer	\$6.00	\$0.00
Capteur Ultrason	\$2.60	\$0.00
Fibre de carbone	\$29.43	\$0.00
Tapis à pression	\$0.00	\$300.00
Détecteur de mouvements	\$0.00	\$12.99
Coût marginal	\$45.72	\$314.68

Donc, en observant nos trois tableau de coût total, coût marginal et coût pour un produit, nous pouvons conclure que notre seuil de rentabilité arrive dès notre premier produit. N est égale à un. Nous achetons la majorité de nos matériaux en montant individuelle donc, un arduino, un fils électrique, etc. Ceci fait que dès le début notre coût de fabrication est inférieur au coût d'acheter le détecteur de mouvement et le tapis de pression déjas fait. Puisque ceci est le cas, notre seuil de rentabilité est obtenue automatiquement.

#### 8.4 Hypothèse utilisé pour le rapport d'économie.

Puisque notre rapport économique est une vision économique nous avons dû faire beaucoup d'hypothèse sur notre vente du produit. Pour commencer, un prix de vente devait être mis sur notre produit. Pour notre produit qui est un produit à bas volume de production puisque c'est un produit qui est plus personnalisé pour les personnes à mobilité restreinte et qui ont tendance à tomber, le prix peut être élevé sans être impossible d'acheter. En utilisant le seuil de rentabilité, nous voyons que dès notre première production notre seuil arrive automatiquement donc, pour avoir un produit qui est à un prix concurrentiel, notre prix peut varier de 100\$ à 300\$

avec du profit brut sachant qu'un produit nous coûte 71.65\$ à produire. . Avec toutes cette information, notre prix à été fixé à 200\$ chaque pour faire du profit profitable pour avoir une valeur actuelle net assez élevé et ne pas tomber en ruine. Pour notre projection de trois ans, la vente des produits va de 15 produits la première année, 18 produits la deuxième année et 20 produits la troisième année. Nous commençons par acheter trois outils qui seront nos coûts fixes et direct. Notre coût d'exploitation est de 1300, 300 pour le marketing qui serait fait par des affiches dans les hôpitaux, 300 \$ par année et 1000\$ pour pouvoir utiliser l'établissement de l'université d'Ottawa. Nous supposons que les prix des coûts variables, ne changeront pas. Cela ne peut pas être prédéterminé et que nos prix des coûts fixe, ne changeront pas.

La valeur actuelle net est donc de 3704.33\$, nous avons un seuil de rentabilité qui arrive dès notre premier produit conçu, notre coût pour un produit est de 71.65\$, et notre prix de ventes est de 200\$.

## 9. PROTOTYPE II ET RÉTROACTION DE LA TROISIÈME RENCONTRE AVEC LE CLIENT

Dans notre processus de conception, nous devons vérifier et démontrer que nos prototypes répondent bien au besoin du client. Pour ce faire, nous avons rencontré notre client dans le but d'avoir une rétroaction sur notre prototype physique analytique, un module Solidworks, montrant visuellement l'allure du dispositif sur un lit d'hôpital. Le client nous a donné une rétroaction en nous faisant part de ses craintes pour le projet en plus de quelques recommandations.



### **9.1. Rétroaction du client reçue lors de la troisième rencontre au sujet du premier prototype physique.**

Durant la troisième rencontre avec le client nous lui avons présenté notre premier prototype, soit le modèle conçu avec SolidWorks. Bocar était très impressionné par le modèle et semblait optimiste par rapport au développement de notre produit final.

Il avait cependant des remarques constructives à faire au niveau de nos choix de matériaux. Originellement, nous pensions construire le tapis à pression avec du carton et du papier aluminium, comme matériau conducteur. Nous voulions recouvrir le tapis avec une couche d'éponges pour le rendre plus confortable. Cependant, Bocar nous a fait part de certaines inquiétudes à ce sujet. Premièrement, le tapis doit être résistant à l'humidité puisque c'est un des points faibles des tapis que l'hôpital utilise présentement. Ensuite, il doit être durable et solide, puisque le coût de remplacement est élevé. Notre but est effectivement, de faire un produit qui dure plus longtemps que les tapis utilisés présentement, qui ont une durée de vie de 6 mois.

En suivant ces indications, nous avons repensé aux matériaux à utiliser. Nous avons choisi d'utiliser du fibre de carbone, comme matériau conducteur, et de mettre les éponges entre les deux couches de fibre de carbone pour créer un coussin. Nous allons recouvrir le tout d'une taie d'oreiller, ajustée à la taille des tapis. Une autre des recommandations de Bocar était de commencer à tester le capteur de distance le plus tôt possible afin d'optimiser le code.

### **9.2 Prototype II**

Notre prototype fonctionnel est constitué du tapis et du détecteur de mouvement qui sont jumeaux et programmé pour fonctionner ensemble. Le tapis est fait de deux feuilles de fibres de carbone qui sont séparés par plusieurs éponges alignées de façon à qu'il y ait des espaces entre chaque éponge. Les deux feuilles de fibres de carbone sont conductives ce qui fait que dès le moment où il y a une force qui s'applique sur le tapis, les deux feuilles vont se toucher, où il y a

des espaces entre les éponges, ce qui forme un circuit électrique. Il y a des fils électriques attacher sur le tapis du haut et le tapis du bas et à l'arduino. Donc, nous avons programmé l'arduino à sentir ce circuit entre les des feuilles de fibre de carbone pour que quand il est présent, celui-ci cherche pour un mouvement à une distance prêt. Si ce mouvement existe, une alarme attaché à l'arduino sera donc déclenchée. L'arduino est donc mis dans une boîte faite imprimée en trois dimensions et le tapis est inséré dans un étui fait de tissus. Tout ceci sera mis en marche par des batteries insérées dans la boîte de l'arduino.



Figure 9.1: L'intérieur du notre tapis à pression



Figure 9.2: Le capteur, le arduino et la sonnerie qui est utilisé dans le système



Figure 9.3: Un lit typique dans une chambre d'hôpital

La rétroaction de Bocar fut satisfaisante dans l'ensemble, il a bien aimé ce que nous avons à lui présenter, nos idées et nos choix de matériaux. Il nous a aussi fait part de ses inquiétudes, mais nous l'avons rassuré en lui expliquant nos hypothèses et nos choix de conception. Notre prototype fonctionne au niveau attendu et est prêt à être utilisé.

## 10. CONCLUSION ET RÉFLEXION

Pour conclure, nous avons réussi à construire un produit entièrement fonctionnel malgré les contraintes importantes qui nous ont été présentées au niveau du temps et du budget. Pour y arriver, nous avons utilisé le modèle de conception itérative vu dans le cadre du cours GNG2501. Nous avons effectué différentes activités de prototypage et des essais pour s'assurer que notre solution fonctionne très bien. Malgré le fait que notre produit est fonctionnel, il y a plusieurs choses que nous pourrions améliorer avant de mettre le produit sur le marché. Par exemple, on pourrait implémenter un système Bluetooth pour communiquer avec les infirmières via SMS ou avec une application plutôt que par l'entremise d'une alarme. Un autre aspect à améliorer serait l'apparence finie du produit. En effet, il serait important de recouvrir les fils électriques et les coussinets à pression. Finalement, il faudrait avoir un système de faille sécuritaire qui avertira les utilisateurs lorsque la batterie du dispositif s'apprête à mourir. À travers du projet, nous avons appris plusieurs leçons, qui sont importantes à retenir pour des projets futurs.

Premièrement, le travail en équipe est une habileté indispensable en génie. Nous avons su prendre avantages de nos différences pour séparer les tâches efficacement et trouver des solutions aux problèmes que nous avons engendrés. Nous avons aussi appris l'importance de faire une entrevue empathique avant de générer des solutions afin d'être sûrs de répondre au bon problème. Nous avons aussi appris des choses plus techniques, telles que la programmation d'un Arduino, les branchements électriques, l'utilisation d'une imprimante 3D, entres autres. En bref, le cours a été une expérience enrichissante et stimulante puisqu'elles nous a permit d'explorer le processus de conception pour résoudre un problème réel dans notre communauté.

## 11. Bibliographie

1. “Personal Patient Safety Alarm for Slips and Falls”,  
<https://www.rehabmart.com/product/personal-alarm-40141.html>, page consulte le 25 septembre 2017.
2. “Pull-String Fall Monitors”,  
<http://smartcaregiver.com/fall-prevention/pull-string-alarm-monitors/>, page consulte le 25 septembre 2017.
3. “Extra Large Bed Sensor Pad”,  
<https://www.rehabmart.com/product/extra-large-bed-sensor-pad-43475.html>, page consulte le 25 septembre 2017.
4. “Blood Pressure, Oxygen Monitor, and Heart Rate Fitness Tracker”,  
<https://www.groupon.com/deals/gg-ca-blood-pressure-and-heart-rate-fitness-tracker>, page consulte le 25 septembre 2017.
5. “Proposal of System to Prevent Midnight Prowl”,  
<https://www2.ia-engineers.org/iciae/index.php/icisip/icisip2013/paper/viewFile/197/139>, page consulte le 25 septembre 2017.
6. “Auto Alert Fall Detection Technologie”,  
<https://www.lifeline.ca/en/fall-detection-technology-autoalert/>, page consulte le 25 septembre 2017