

UNIVERSITÉ D'OTTAWA

PROJET DE CONCEPTION
BRAS ROBOTIQUE

TRAVAIL
PRÉSENTÉ
À
PATRICK DUMONT

DANS LE CADRE DU COURS
INTRODUCTION À LA GESTION ET AU DÉVELOPPEMENT DE PRODUITS
GNG2501

PAR
GUILLAUME MONZEROL
8930730
MARTIN RACINE
8098612
ASMAE BIROUK
300030357
ANTOINE BÉRUBÉ
8164817

9 DÉCEMBRE 2017

Dans le cadre du cours d'introduction à la gestion et au développement de produits, nous avons pour but de mener un projet du début à la fin de manière à appliquer les concepts vus en classe. Ainsi, nous avons eu à concevoir un bras robotique visant à rendre plus indépendante une patiente de l'hôpital Saint-Vincent. Ce présent rapport présentera en détail tous les étapes par lesquelles nous sommes passées afin d'aboutir à un prototype compréhensif pour répondre au besoin du client. Ce rapport contiendra entre autre l'analyse des besoins du client, la détermination des critères de conception, le développement du concept et des prototypes, l'analyse économique de notre concept ainsi que l'élaboration d'un plan d'affaire pour mettre notre concept sur le marché.

Table des matières

Introduction.....	4
Première rencontre avec le client et définition des métriques.....	5
Critères de conception et premières solutions trouvées.....	13
Planification initiale et étude de faisabilité.....	21
Deuxième rencontre avec le client et premier prototype.....	24
Modèle d'affaires et validation des hypothèses.....	27
Rapport d'économie.....	30
Dernière rencontre avec le client et second prototype.....	36
Conclusion.....	39

Introduction

Plusieurs personnes souffrent de problèmes d'accessibilité dans le monde moderne. Afin de tenter de résoudre ce problème, notre équipe s'est mise à la tâche de trouver et d'implémenter une solution. Le suivant rapport présente les étapes entreprises afin d'y arriver. D'abord plusieurs rencontres avec les clients et utilisateurs ont été effectuées afin de bien identifier les besoins et l'énoncé du problème. Avec ces informations recueillies, une analyse approfondie du problème a été effectuée de façon empathique en déterminant l'ordre d'importance des besoins, l'énoncé du problème, l'étalonnage, les métriques et les spécifications cibles. Ensuite un processus d'idéation a été entrepris afin de générer des solutions au problème, puis de ces solutions les meilleurs ont été sélectionnés et combinés. Une fois le concept choisi, une planification du processus de création a été effectuée et les risques ont été évalués. Ensuite un premier prototype a été fabriqué afin de déterminer la faisabilité et l'exhaustivité du concept tout en vérifiant l'accord du client. Puis avec ce concept un modèle d'affaires a été dressé afin de faire un lien entre la résolution du problème et la rentabilité du produit. Ensuite un plan de développement et une analyse économique approfondie ont été effectués afin de voir la rentabilité du modèle d'affaires et du produit. Finalement un dernier prototype a été présenté et les dernières étapes ont été déterminées.

Première rencontre avec le client et définition des métriques

1-Une liste de déclarations/observations des clients obtenus à partir des entrevues avec les clients.

Voici les déclarations et observations du technicien de fauteuil roulant et de Bokar:

i) Il y a plus de 50 compagnies de fauteuils roulants, avec plusieurs modèles chacun. Un exemple de compagnie est Invict air-arrow.

ii) Nous pouvons rien perforer, visser, ou arracher de la chaise, donc tout doit être détachable ou ne doit pas endommager la chaise.

iii) Si quelque chose est branchée sur le système d'alimentation de la chaise, il faut rajouter un fusible ou un disjoncteur, il a déjà été essayé dans le passé de brancher un prototype sur un ordinateur portable.

iv) Préférence: un bras robotique indépendant, qui peut être utilisé par plusieurs patients et différents modèles de fauteuils roulants et qui peut être déplacé.

v) On peut assumer qu'une personne moyenne est de 18'' x 18'' et que la hauteur moyenne assise sur un fauteuil roulant est des pieds jusqu'aux genoux d'une personne de taille moyenne, mais la hauteur est beaucoup plus variable.

vi) Il faut avoir le minimum de pièces qui bougent que possible (ex.: moteurs)

vii) Certains patients ont de la difficulté à opérer ces systèmes, alors la simplicité est très importante.

viii) Un bras robotique acheté d'une compagnie industrielle a déjà été essayé, mais le bras a cassé et ne pouvait pas soulever des objets trop lourds.

Voici les déclarations et observations de la patiente Molly:

i) Elle ne peut pas allumer les lumières ou les ventilateurs facilement.

ii) Elle a de la difficulté à utiliser sa tablette et ne peut pas la brancher ou la débrancher toute seule.

iii) Elle a de la difficulté à atteindre son ordinateur portable et à l'allumer.

iv) Difficulté à utiliser son système téléphonique.

v) Difficulté à ramasser des choses sur son plateau et à les bouger, spécialement sa tasse de thé.

vi) Elle doit éviter de serrer ses doigts en soulevant des objets lourds.

vii) Difficulté à utiliser certains boutons de l'ascenseur soit parce qu'ils sont trop petits, ou, car elle a une portée de bras limitée.

viii) Elle aimerait pouvoir prendre des objets et les amener plus près.

ix) Elle a un système de paille pour conduire son fauteuil roulant.

2- Une liste de besoins des clients traduits et priorisés (en utilisant les cinq techniques présentées en classe: quoi et non comment, précision, positive, attribut du produit et éviter les mots doit et devrait)

#	Besoins		Importance (De 1 - important à 5 peu important)
1	Le bras robotique	Est détachable	2
2	Le bras robotique	Est indépendant	4
3	Le bras robotique	A un coût de production minimum	3
4	Le bras robotique	A un minimum de vibrations	4
5	Le bras robotique	Ne dépend pas d'un système d'alimentation externe	2
6	Le bras robotique	Est déplaçable	1
7	Le bras robotique	Est simple à utiliser	1
8	Le bras robotique	Est facile à maintenir en ordre	3

9	Le bras robotique	Est facile à réparer	2
10	Le bras robotique	Est robuste	2
11	Le bras robotique	Est durable	3
12	Le bras robotique	Est silencieux	1
13	Le bras robotique	Permet d'avoir une plus grande portée	2
14	Le bras robotique	Permet de soulever des objets lourds	1
15	Le bras robotique	Permet d'effectuer des actions simples	4
16	Le bras robotique	Permet d'utiliser des appareils technologiques	5
17	Le bras robotique	Permet de transporter des objets et de les déplacés	2
18	Le bras robotique	Permet de faire des actions avec précision et rapidité	3
19	Le bras robotique	Est léger	2
20	Le bras robotique	Est beau	5
21	Le bras robotique	Est facile à nettoyer	4
22	Le bras robotique	Est facile à installer	4
23	Le bras robotique	Est sécuritaire	1
24	Le bras robotique	Est de taille convenable	3

3-Un énoncé de problème (c'est quoi le problème, qui a le problème et quelle forme la solution peut prendre)

Malheureusement notre cliente Molly qui réside à l'hôpital Saint-Vincent n'a d'autres moyens de transportation que sa chaise roulante électrique qu'elle dirige à l'aide d'une paille. Ceci témoigne de son sérieux manque de mobilité. Cette dernière a une force musculaire très limitée, une fatigue musculaire rapide et une courte portée de bras. Les mains de Molly sont très peu fonctionnelles car elle n'arrive quasiment pas à ouvrir et fermer ses doigts, sans oublier qu'il lui est inenvisageable d'atteindre les boutons d'ascenseur, de soulever des objets de son bureau, de charger sa tablette, d'allumer et éteindre la lumière, de tirer les rideaux, de tenir un livre et

tourner ses pages, de porter sa tasse de thé, de ramasser des objets qui lui sont tombés par terre... Pour le cas de Molly, une solution qui semble envisageable est de concevoir un bras robotique fixable sur sa chaise roulante électrique qui remplacera le manque de mobilité de ses bras et ses mains, qui lui servira à accomplir toutes les tâches citées ci-dessus et finalement qui lui permettra d'être moins dépendante des infirmières et des volontaires.

4-L'étalonnage de produits semblable (des produits qui répondent à certains ou à tous les besoins définis ci-dessus). Fournissez des descriptions et des photos lorsque possible!

#1 OWI-535 Robotic Arm Edge(55\$): Ce bras à la capacité de lever 100g, à plusieurs points de rotations et est contrôlé par une télécommande relié par un fil. Le kit requiert une assemblage simple, sans soudure.



#2 JACO 3 Fingers (n/a): Le tout pèse 5.2kg et peut soulever 1.6kg. Le bras à 6 axes de rotations incluant le poignet et excluant les doigts. Il peut atteindre 900mm de distance et consomme 25W en moyenne. Il peut être conçu pour être contrôlé d'une panoplie de méthode tel que des manivelles pour les pieds ou encore une manette à mains.



#3 NACHI MZ07-01(37 000\$): Ce bras robotique de grade industriel communément utilisé pour les chaînes de montage à la capacité de lever 7kg. Son temps de réaction est de 0.31sec et le bras peut atteindre des objets à 723 mm de distance. Le tout est contrôlé par une écran tactile.



5-Une liste de métriques avec leurs unités associées. Identifiez quel besoin est adressé par chaque métrique.

Métriques	Description	# des besoin adressés	Unités
coût	Coût de la production	3	\$
taille	Dimensions du bras	24	cm
poids	Facilité de transport	6	kg
installation	Complexité pour installation	22, 1, 2	n/a
client	Limitations et habilités du client pour l'utilisation	7	n/a
sécurité	Mesures prises pour prévenir des accidents	23, 20, 4	n/a
force	Poids que peut pousser et soulever le bras	14, 15, 16, 17	N
portée	Distance que peut atteindre le bras	13	cm
autonomie	Dépendance du bras concernant son alimentation en courant	2, 5	n/a
esthétique	Apparence et finition	20, 21	n/a
matériaux	accessibilité , durabilité et coût	3, 10, 19	n/a
qualité/durabilité	Qualité générale et durée de vie du bras	4, 10, 11, 12	h
maniabilité/utilisation	Facilité d'emploi et actions possibles	7, 15, 16, 18	n/a
Entretien et réparation	Fréquence et type, facilité d'accès et outils requis	8, 9, 21	h

6-Un ensemble de spécifications cibles (valeurs idéales et marginalement acceptables). Indiquez les raisons de vos choix.

Métriques	Description	Spécifications cibles
coût	Coût de la production	Le coût devrait être inférieur à 200\$ et serait idéalement de 100\$
taille	Dimensions du bras	Le bras ne devrait pas dépasser des dimensions de 60cm de long,40cm de large et 60cm de haut
poids	Facilité de transport	Le bras devrait avoir un poids inférieur à 8kg et serait idéalement vers 4kg.
installation	Complexité pour installation	Le bras devrait être simple et rapide à installer et détachable
client	Limitations et habilités du client pour l'utilisation	Le client doit pouvoir utiliser le bras avec des doigts non-utilisables, une force très faible et une faible coordination
sécurité	Mesures prises pour prévenir des accidents	Le bras doit en aucun cas pouvoir blesser l'utilisateur ou présenter le moindre risque pour ses alentours
force	Poids que peut pousser et soulever le bras	Le poids doit au minimum pouvoir tirer une page et pousser un interrupteur
portée	Distance que peut atteindre le bras	Le bras devrait au moins avoir une portée de 50cm mais atteindrait idéalement jusqu'à 1 mètre
autonomie	Dépendance du bras concernant son alimentation en courant	Le bras devrait avoir des batteries qui durent au moins 3h

esthétique	Apparence et finition	Le bras être avoir un assemblage propre mais l'apparence est peu importante
matériaux	accessibilité , durabilité et coût	Les matériaux devraient le plus accessibles et économiques possibles avec une durabilité raisonnable
qualité/durabilité	Qualité générale et durée de vie du bras	Le bras devrait durer au moins quelque semaines
maniabilité/utilisation	Facilité d'emploi et actions possibles	Le bras devrait être extrêmement simple et facile à contrôler pour déplacer des objets et activer des interrupteurs
Entretien et réparation	Fréquence et type, facilité d'accès et outils requis	Le bras pouvoir être réparé très simplement et sans outils spéciaux par le technicien de l'hôpital

7-Une réflexion sur la manière dont la réunion des clients a eu un impact sur vos résultats et le processus.

La réunion avec les clients a eu un impact positif sur les résultats et le processus. Cette rencontre nous a permis de bien comprendre les besoins des patients et des employés de l'hôpital St-Vincent, de prendre les mesures nécessaires, d'avoir une idée sur les chaises roulantes utilisées et même à apprendre de toutes nouvelles choses sur la personnalité de la cliente . Aussi cette visite nous a permis de voir dans quelle condition les patients de l'hôpital St-Vincent vivaient, et nous a permis d'empathiser avec eux afin de déterminer les meilleurs moyens de les aider. Le processus a donc été plus facile puisque nous avons pu éliminer des besoins non présents et avons listé seulement les besoins réels.

Critères de conception et premières solutions trouvées

1. Développez des critères de conception basée sur l'énoncé de problème, l'étalonnage, les métriques et les spécifications cibles de votre équipe.

Selon ce que notre équipe a convenu comme priorité pour la conception de notre bras robotique, nous sommes arrivés aux critères suivant pour la conception :

Critères concernant les actions du bras robotique

- Il faut que le bras puisse activer un interrupteur de lumière
- Il faut que le bras puisse activer un bouton d'ascenseur
- Il faut que le bras puisse tourner une page
- On veut que le bras puisse déplacer de petits objets

Critères concernant la production

- Il faut que le bras coûte moins de 100\$ à produire
- Il faut que le bras soit détachable
- Il faut que le bras ait une largeur et longueur à sa base inférieur à 40 cm
- On veut que le bras ait son propre système d'alimentation indépendant
- On veut que le bras ait une belle finition
- On veut que le bras soit simple à fabriquer

Critères concernant l'utilisation

- Il faut que le bras puisse être manipulé sans tirer avec les doigts
- Il faut que le bras puisse être manipulé avec une force très faible
- Il faut que le bras puisse tourner autour de l'axe x/z et se déplacer à travers l'axe des x et y
- On veut que le bras ait des contrôles simples

2. Analysez et évaluez toutes les solutions fournies par chaque membre de votre équipe. Justifiez le processus et les méthodes que vous avez utilisées pour l'analyse et l'évaluation.

Martin:

Concept 1: Bras télescopique extensible avec un crochet au bout:

Avantages: Grande portée de bras, peu encombrant, simple à utiliser, peu

coûteux
Inconvénients: Complexe à construire, fonctionnalités limitées, peut être encombrant.

Concept 2: Bras télescopique avec une articulation et un crochet au bout:

Avantages: plus de fonctionnalités, grande portée de bras, peut atteindre une longueur importante.

Inconvénients: plus difficile à contrôler, plus coûteux à cause de l'articulation, peu versatile, fonctionnalités limitées.

Concept 3: Bras en forme de grue avec un fil à son extrémité et un crochet accroché au fil:

Avantages: plus longue portée de bras, plus forte prise d'objet, peu coûteux, plus au moins flexible.

Inconvénients: ne peut pas appuyer sur les boutons d'ascenseur, ne peut pas allumer la lumière, peu de fonctionnalités.

Concept 4: Bras extensible en forme de grue avec un fil à son extrémité et un crochet accroché au fil :

Avantages: extensible donc peut atteindre des objets à une distance importante, forte prise d'objet, flexible.

Inconvénients: relativement plus coûteux, ne peut pas appuyer sur les boutons d'ascenseur, ne peut pas allumer la lumière donc peu fonctionnel.

Asmae:

Concept 1: Bras en forme de grue de construction.

Avantages: forte prise sur les objets, flexible, grande portée, versatile.

Inconvénients: relativement coûteux à cause des différentes pièces qu'il faudra construire, difficile à manier, difficile à contrôler, relativement lourd.

Concept 2: Bras simple avec une articulation et un crochet

Avantages: peu coûteux, simple à utiliser, relativement simple à construire, peu encombrant et prend moins de place.

Inconvénients: peu versatile, courte portée, ne peut faire que des actions simples, fonctionnalités limitées.

Concept 3: Bras en forme de canne à pêche pliable, avec un bout en caoutchouc à son extrémité et un aimant accroche a un file en plastique.

Avantages: Pas encombrant car le bras est pliable, le bout en caoutchouc permet d'appuyer sur les boutons d'ascenseur et sur les interrupteur, l'aimant permet d'attrapper les objets et de les rapprocher du patient, grande portée.

Inconvénients: Il faudra mettre des aimants sur les objets que l'on veut attrapper, coûteux à cause des aimants, fonctionnalités limitées, peu flexible, faible portée.

Concept 4: Socle cylindrique avec un bras qui tourne sur 360 degrés et un crochet au bout

Avantages: longue portée, capable de ramener les objets à une bonne hauteur du patient, relativement peu coûteux

Inconvénients: peu flexible, difficile à monter et démonter, fonctionnalités limitées, courte portée, faible prise d'objets.

Guillaume:

Concept 1: Bras simple avec une articulation et un crochet à son bout contrôlé par une télécommande

Avantages: relativement simple, pas trop coûteux et facile à utiliser.

Inconvénients: pas très versatile, dépend de l'alimentation de la chaise roulante électrique et ne peut pas exécuter d'actions complexes.

Concept 2: Bras avec une articulations et une pince à son bout et contrôlé par un joystick.

Avantages: peut effectuer des actions complexes, peut être utilisé indépendamment de la chaise roulante.

Inconvénients: grande complexité de fabrication et moins maniable.

Concept 3: Bras avec une forme différente de pince au bout et contrôlé par une télécommande avec croix directionnelle.

Avantages: télécommande plus facile à utiliser qu'un joystick et capable de faire plusieurs actions.

Inconvénients: La pince nécessite une certaine habilité à la manier, bras plus complexe à concevoir.

Concept 4: Bras avec des bouts interchangeable, alimenté par des batteries et contrôlé par un joystick

Avantages: Capable de faire différentes tâches grâce aux bouts adaptables au besoin, les batteries permettent au bras d'être installé ailleurs que sur une chaise roulante et une grande versatilité.

Inconvénients: la complexité d'utilisation (changement des bouts), relativement plus coûteux à produire.

Antoine:

Concept 1: Un bras robotique en forme de grue contrôlé par une télécommande (input)

Avantages: Plus solide qu'un bras conventionnel, plus simple à concevoir et à construire, et plus précis.

Inconvénients: difficile à utiliser, taille imposante, relativement pesant, peu flexible.

Concept 2: Bras robotique style excavateur contrôlé par une télécommande (input)

Avantages: plus simple à manipuler, plus facile et rapide à installer sur le fauteuil roulant et est versatile.

Inconvénients: portée restreinte, difficile à appuyer sur un bouton d'ascenseur, peut que soulever des objets légers.

Concept 3: Bras style chariot élévateur contrôlé par une télécommande (input)

Avantages: peut soulever des objets lourds, simple à utiliser, peut servir à allumer la lumière

Inconvénients: bloque le champ de vision du patient, encombrant, plus lent à utiliser

Lors de l'analyse et l'évaluation, les connaissances pré acquises des membres de l'équipe ont été utilisées afin de déterminer qu'elle composantes de chaque prototype serait la meilleure option pour le premier prototype afin d'avoir une idée finale qui incorpore les idées de chacun. En dressant une liste des critères de conception, les avantages et désavantages de chacun des prototypes ont été comparés et la solution la plus réaliste et exhaustive a été choisie. Aussi, les spécifications cibles et les métriques ont été utilisées afin de mieux comprendre les avantages et désavantages de chacun des prototypes et afin de répondre à la question: "Est-ce que ceci résout le problème?". L'étalonnage a été utilisé afin de savoir quels critères de conception étaient importants et lesquels étaient réalistes. Le prototype, qui sera un modèle physique, nous permettra de mieux analyser si notre idée résout les problèmes présentés et si des améliorations sont possibles. Finalement les dessins de chaque prototype nous ont données une façon visuelle de déterminer des avantages et désavantages supplémentaires, et ont déterminé si le prototype est exhaustif et réaliste.

3. Choisissez une ou quelques solutions prometteuses que vous souhaitez développer davantage basé sur vos critères de conception.

Basé sur nos critères de conceptions, notre équipe a décidé d'inclure les solutions suivantes et de les développer d'avantages:

- Limiter le nombre de joints pour la robustesse
- Inclure une extension télescopique pour atteindre les boutons d'ascenseur et l'interrupteur de la lumière
- Un bout ressemblant à une grue
- Des seringues hydrauliques pour supporter le bras lorsque celui-ci est en extension.

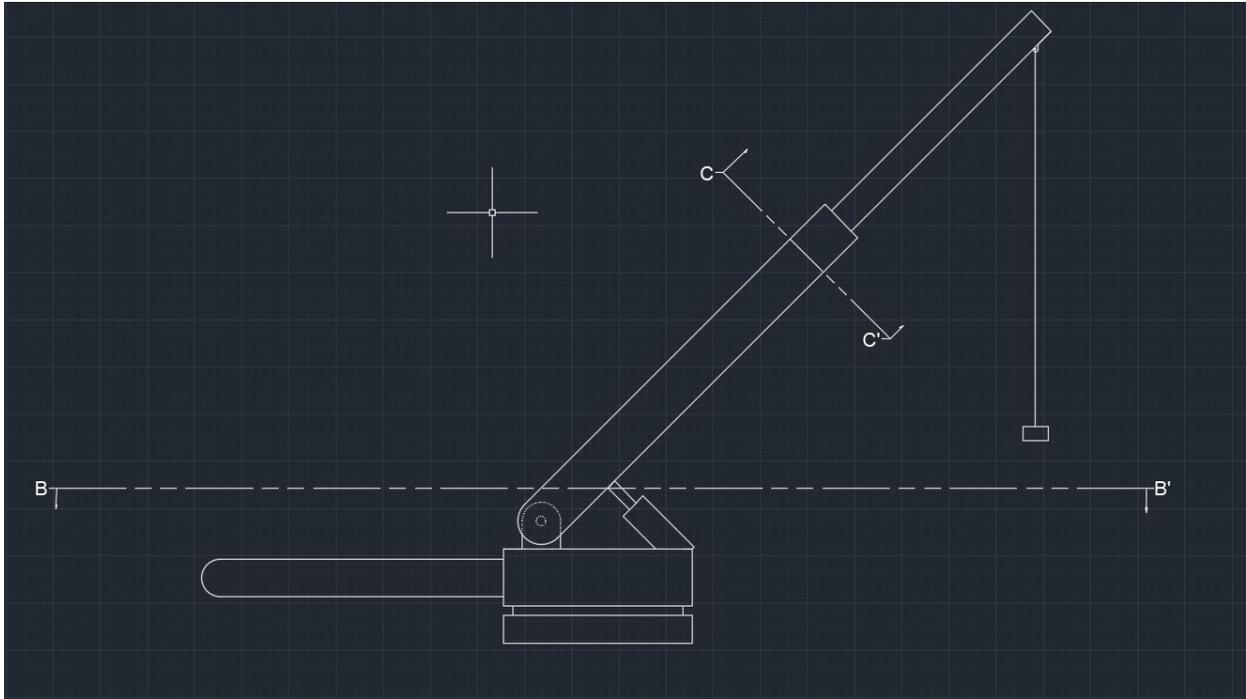
4. Développez un concept d'équipe qui est soit une intégration ou une modification des solutions prometteuses choisies à l'étape 3, ou un concept complètement nouveau créé à partir de ces idées. Justifiez votre approche.

Suite à l'élaboration des solutions que nous souhaitons développer davantage, notre équipe a créé un concept complètement nouveau en intégrant les aspects positifs des concepts de chacun. On a donc utilisé une approche coopérative pour que tous les membres du groupe soient motivés à travailler sur un concept qu'ils aiment. La base est complètement nouvelle et le mouvement générale du bras sont alimentés par une seringue hydraulique. Pour atteindre des objets plus élevés, une composante télescopique fut ajoutée. Finalement, un bout sous forme de grue est intégré afin de rendre notre bras plus polyvalent. Nous avons discuté des composantes une par une et avons choisi chaque solution grâce à l'étude collective des avantages et désavantages de chaque possibilités.

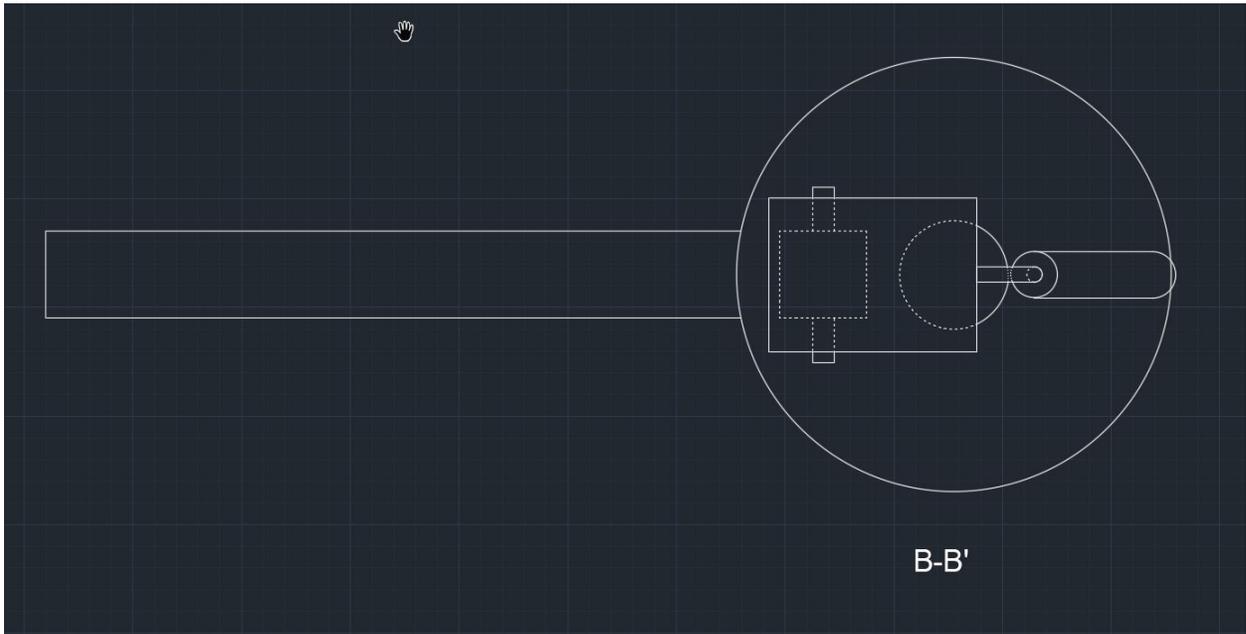
5. Représentez visuellement (esquisses, diagramme, modèle CAO, etc.) votre concept de groupe.

Les dessins ont été effectués à l'aide du logiciel AutoCad.

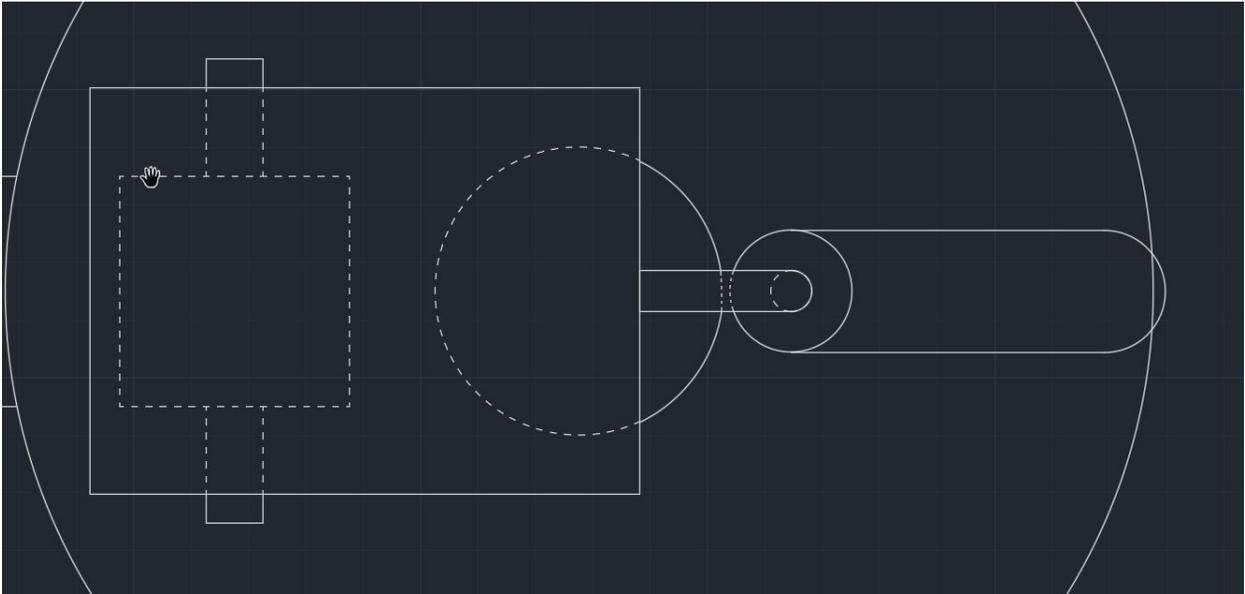
Le premier dessin montre une vue de côté du bras robotique, deux coupes d'intérêts ont été choisies soit la section B-B' et la section C-C'.



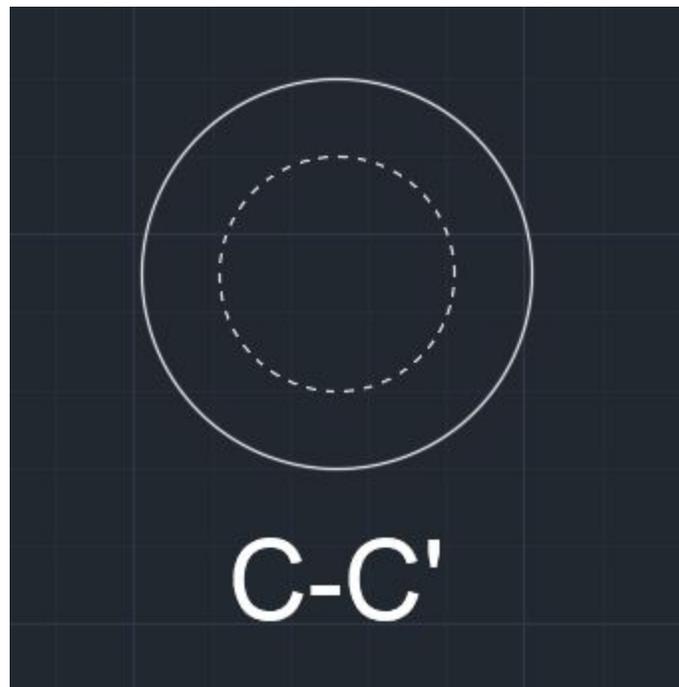
Coupe B-B'



Vue de près de la coupe B-B'



Coupe C-C'



6. Fournissez quelques lignes pour décrire la fonctionnalité primaire de votre concept de groupe et la relation aux spécifications cibles, ainsi que ses avantages et ses désavantages.

Ces dessins permettent de visualiser le bras d'une façon plus réaliste, quoique ces versions du bras ne sont pas finales. D'abord nous pouvons voir que le bras peut tourner sur lui-même grâce à un levier contrôlé par les coudes de la cliente. Ensuite le bras peut monter et descendre de façon angulaire, tout en pouvant se prolonger et se rétracter de façon télescopique. Le bras est aussi compris d'une ficelle qui retient un bout en caoutchouc permettant à la cliente de changer ces pages et de retenir ces autres pages. Cette portion pourrait être plus tard remplacé par une pince afin de ramasser des objets.

Les avantages de ce bras est qu'il est simple à concevoir et qu'il est versatile, permettant de résoudre plusieurs des problèmes de la cliente en lien à un bras robotique. Aussi ce bras peut être modifié pour convenir à différentes tâches.

Les désavantages de ce bras est d'abord qu'il pourrait être difficile à contrôler, nous allons donc devoir ajuster le bras à la patiente afin de rendre son utilisation plus facile. Ensuite ce bras n'est pas précis et ne permet pas de ramasser des objets pour l'instant. Finalement, ce bras pourrait ne pas être assez long pour fermer et ouvrir les lumières et ventilateurs ou pour utiliser l'ascenseur.

Planification initiale et étude de faisabilité

1.

#	Tâches	Durée de temps	Responsable (s)	Dépendance
1	Commande de pièces	2h	Tout le groupe	2,4 et 5
2	Conception de la base	4h	Martin et Asmae	
3	Fabrication de la base	4h	Martin et Asmae	2
4	Conception du bras	2h	Antoine et Guillaume	2
5	Conception du système hydraulique du bras	6h	Antoine	4
6	Fabrication du bras et du système hydraulique	10h	Antoine, martin et guillaume	3 et 4
7	Assemblage du bras, de la base et du système hydraulique	2h	Tout le groupe	3 et 6
8	Système d'entrée (input)	6h	Guillaume et Asmae	
9	Système informatique	4h	Guillaume	8
10	Conception d'un système d'aide pour la lecture	2h	Antoine et Asmae	3 et 6
11	Fabrication et ajout du système d'aide pour la lecture	2h	Antoine et Asmae	10

2. Liste des Jalons

i) Prototype de la base du bras

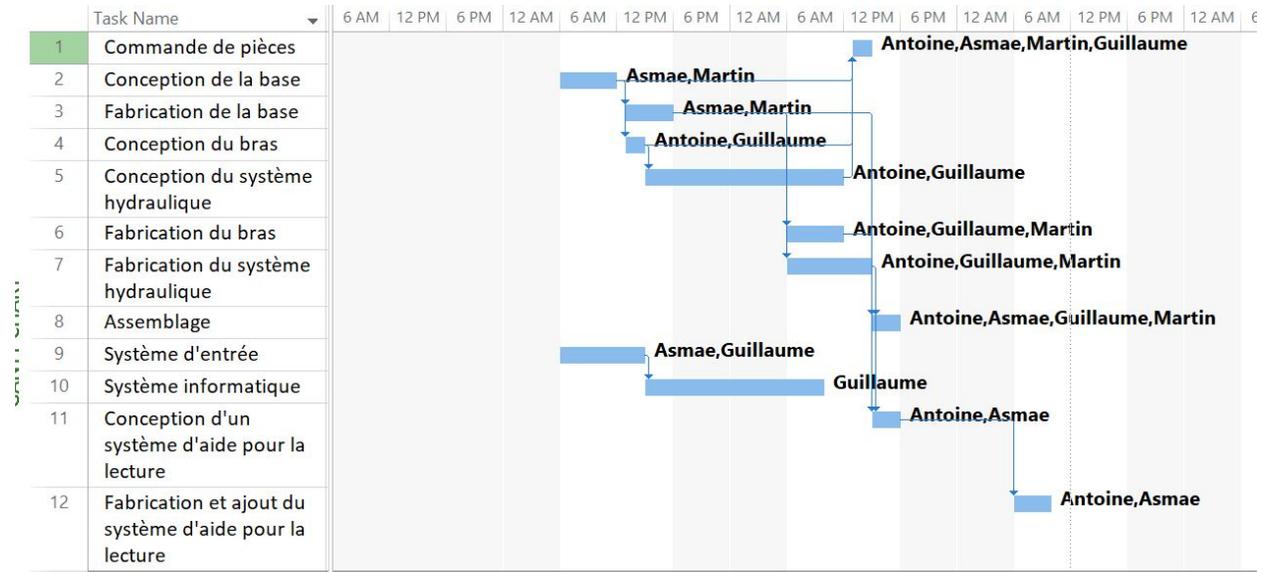
ii) Prototype du bras sans la base avec le système hydraulique

iii) Prototype et ajustement du système d'entrée

iv) Assemblage

v) Ajouts de systèmes supplémentaires

3. Diagramme de Gantt



4-BOM

Nom de la pièce	Nombre de pièce	Coût de la pièce (\$)
Base inférieur	1	0
Base supérieur	1	0
Bearings	1	0.61-2.54
Seringue 50ml en plastique avec tube de 80cm	2	2.59
Première moitié du bras télescopique	1	0
Deuxième moitié du bras télescopique	1	0
Manche pour la base	1	0
Corde de 1m	1	0
Morceaux de caoutchouc	1	0
Goujon en aluminium	1	1.41-5.51

Attache entre le bras et la base	1	0
----------------------------------	---	---

5- Justification des coûts:

Les coûts associés à notre projet sont les suivant:

- Pour toute les pièces imprimés, le coût est gratuit puisque les imprimante sont offerte gratuitement au Makerspace. Ceux-ci inclut; la base inférieur et supérieur, les deux moitié du bras télescopique, le manche pour la base et l'attache entre le bras et la base.
- Pour le morceaux caoutchouc, nous pouvons tenter de le trouver gratuitement ou utiliser une gomme à effacer.
- Pour la corde, nous pouvons tenter de la trouver une gratuitement ou utiliser de la soie dentaire-Le bearing va être commandé de la compagnie Bearings Canada puisque nous ne pouvons pas le créé ou en trouver.
- La seringue avec le tube vont être commandé d'Ebay
- Le goujon en aluminium va être acheter au Home Depot.

6-Une discussion des incertitudes et des risques associés à votre projet:

Les incertitudes associés à notre projet sont de différent types dont le fait que nous n'ayons pas de membre de notre équipe qui ait une bonne expérience en mécanique ce qui nous créera une difficulté lorsque nous voudrons implémenter un système hydraulique pour le bras robotique ou utiliser de la motorisation. Une autre incertitude est le fait que l'on ait pas le droit de faire une modification à la chaise roulante va nous donner beaucoup de travail, c'est à dire que de ce fait le bras robotique doit être indépendant de la chaise et amovible et donc ne peut pas être relié au branchement électrique. Les risques associés à notre projet serait probablement que le bras robotique ait des difficultés à marcher et à bouger correctement, ou alors que son control serait difficile et impossible à faire de la part du patient. Un autre risque qu'on pourrait rencontrer est que les frais nécessaire à la fabrication du bras robotique soient plus élevées que le budget défini par le professeur, ceci aura aussi des conséquences sur le côté abordable du produit final car la majorité des patients n'ont pas beaucoup de moyens financiers pour acheter ces dispositifs.

Deuxième rencontre avec le client et premier prototype

1. Résumez la rétroaction des clients reçue lors de votre deuxième rencontre au sujet de votre concept préliminaire et énoncez clairement ce qui doit être changé ou amélioré par rapport à votre concept.

Lors de la dernière rencontre avec notre client à l'hôpital Saint-Vincent, nous avons réussi à avoir de la rétroaction de la part de ce dernier qui était plutôt positive. Mr. Bocar a beaucoup aimé la simplicité de notre concept et a été conquis par le fait que nous ne comptons pas faire un bras robotique relié à une alimentation électrique mais plutôt un bras entièrement mécanique qui fonctionne à l'aide de pistons hydrauliques. Cependant, notre client attend de voir une forme concrète de notre concept afin de s'assurer que ce dernier est exhausable, capable de bouger correctement et est facilement contrôlable. Pour l'instant notre client n'a pas évoqué la nécessité de faire quelque changement que ce soit, mais a parlé du fait que si le bras bouge et marche correctement, qu'il serait meilleur d'ajouter plus de fonctionnalité au bras, chose qu'on avait l'intention de faire, car nous avons décidé auparavant de rajouter, si tout se passe comme prévu, à la fin des composantes qui se fixe à l'extrémité du bras pour le rendre multitâche dans la mesure du possible.

2. Définissez un essai que vous voulez utiliser pour vérifier des hypothèses critiques de votre produit et créez votre premier prototype physique que vous allez utiliser pendant l'essai.

Pour notre premier prototype, nous allons faire un prototype de faible fidélité étant donné que nous avons un temps et des ressources très limités. Pour ce faire, nous ferons un prototype physique en carton qui représentera la forme réelle du concept. Ceci nous permettra d'avoir une meilleure idée de la taille requise pour le socle du bras ainsi que de la longueur requise du bras en testant les actions que notre concept doit faire avec le prototype pour pouvoir trouver la taille optimale.

3. Exposez les grandes lignes sur ce que votre équipe a l'intention de présenter à vos clients lors de votre prochaine rencontre. Assurez-vous d'inclure les hypothèses que vous essayez de vérifier et comment vous allez mener l'essai.

Nous prévoyons présenter à notre client la taille du socle et la taille du bras afin qu'il puisse nous dire s'il considère la taille convenable pour une chaise roulante et s'il pense que la longueur du

bras sera convenable pour atteindre les boutons d'ascenseurs et interrupteurs de lumières. Ceci permettra de confirmer nos hypothèses qu'une longueur du bras de 12'' serait la portée idéale et qu'une largeur du socle de 6'' serait suffisamment compacte pour embarquer sur une chaise roulante. Pour se faire, nous essaieront d'atteindre des boutons d'ascenseurs et des interrupteurs avec le bras pour voir si ceux-ci seront faciles d'accès avec la taille de notre prototype.

4. Documentez votre prototype en utilisant autant de photo que nécessaire et expliquez le but et le fonctionnement du prototype.

Photo de côté du prototype en carton, ici le bras est à son étirement maximum.



Différentes photos du bras qui montrent les différentes propriétés du bras.



Prototype en carton avec étirement minimum.



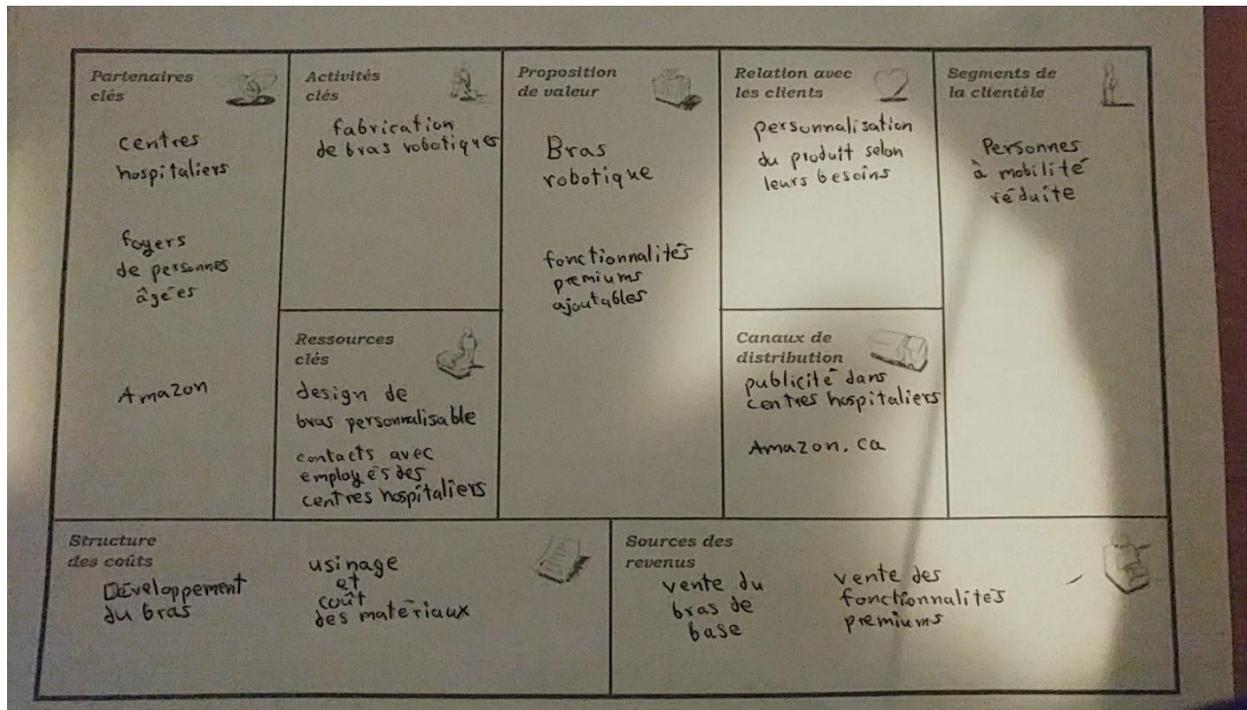
Le prototype en carton est disposé d'une extension en carton qui permet au client de tourner le bras. Il est aussi disposé d'une ficelle qui permettra de changer les pages d'un livre. Des supports ont été rajouté pour retenir le bras en place. Le bras qui s'allonge permet d'allumer et de fermer des lumières, des ventilateurs et d'appuyer sur des boutons d'ascenseur.

Modèle d'affaires et validation des hypothèses

1. Identifiez et décrivez un type de modèle d'affaires qui conviendrait bien à la commercialisation de votre produit. Discutez les raisons pour votre choix.

Nous pensons que le modèle d'affaire qui serait le plus rentable pour notre produit est un modèle "lames de rasoir". Nous pensons que ce choix serait le plus approprié puisqu'il est facile d'ajouter des fonctionnalités supplémentaires au bras qui coûtent peu à produire mais qui peuvent se vendre avec une grosse marge de profit (par exemple contrôle avec télécommande ou embout différent pour le bras). Le bras de base serait par exemple à moins de 100\$ (coût de vente très prêt du coût de production) mais les options supplémentaires pourraient être vendues entre 20\$ et 50\$. Nous pensons ainsi faire le plus gros de notre profit à partir d'extensions au bras que nous vendons à part. De plus, nous pensons que notre clientèle visée, les gens avec mobilité réduite, vont chercher à acheter le bras le moins cher possible étant donné qu'ils n'ont pas nécessairement beaucoup de subventions du gouvernement. Ainsi, ils pourront acheter notre produit à moindre coût et pourront par la suite prendre uniquement les options supplémentaires dispendieuses dont ils ont vraiment besoin, ce qui leur est plus rentable que d'acheter un bras avec toutes les fonctionnalités qui sera bien plus dispendieux et qui aura certaines fonctionnalités qui leur seront inutiles. Il faudrait aussi avoir un partenariat avec les centres hospitaliers et leurs employés afin qu'ils puissent renseigner leurs patients sur la possibilité d'avoir notre produit pour les aider à avoir plus d'indépendance. Un partenariat avec le site web Amazon serait aussi nécessaire afin de pouvoir distribuer le produit en ligne. Bref, nous croyons que les clients seront prêts à payer plus afin d'ajouter des options au bras qui répondront à leurs besoins particuliers.

2. Remplissez un tableau du modèle d'affaires en répondant aux questions comment, quoi, qui et combien reliées au modèle d'affaires que vous avez choisi.



3. Décrivez les hypothèses de bases que vous avez faites en développant votre modèle d'affaires.

En faisant le modèle d'affaire, nous avons pris en compte le fait que le coût du bras doit absolument rester inférieur à 100\$ vu que les patients de l'hôpital Saint-Vincent ne bénéficient pas d'assez de moyens. On pense aussi que le bras doit aider le patient à devenir plus autonome et donc à moins dépendre de l'aide des infirmier(e)s et des volontaires, et ce en répondant à des besoins spécifique à chaque patient. Pour ce fait nous avons donc penser qu'un bras auquel on pourrait ajouter des extensions serait la meilleure chose à concevoir. Aussi, nous avons pensé qu'ils faudrait qu'on ait des partenaires qui pourront nous aider à développer notre produit et le faire connaître, comme les centre hospitaliers et le foyers pour gens âgés, ainsi que le site Amazon par exemple pour faire la distribution du produit.

4. En utilisant le tableau de validation, validez ou invalidez votre hypothèse la plus risquée et décrivez les étapes que vous avez suivies pour accomplir cette tâche.

leanstartupmachine **Tableau de validation** Nom du projet: _____ Nom du dirigeant de l'équipe: _____

Les pivots	Début	1er pivot	2e pivot	3e pivot	4e pivot
Hypothèses clients	les personnes qui ont une mobilité réduite				
Hypothèses problème	le bras permet au patient d'être le plus autonome possible tout en étant peu coûteux.	<small>Rappel: L'une d'une note collante par bache. Écrivez en MAJUSCULES. N'écoutez pas plus que 5 mots par note collante.</small>			
Hypothèses solution	<small>Constatez le POC (même une solution avant d'avoir validé le problème)</small>				

Concevoir l'expérience	Résultats	Invalide	Validé
<p><small>Conseil: Enlever toutes ses notes collantes de cette case après le réalisation de chaque expérience.</small></p> <p>le prix du bras être inférieur à 100\$ le bras doit être complètement fonctionnel</p> <p>Hypothèses de bases <small>N'importe quelles hypothèses que si invalidé, détruit l'entreprise</small></p> <p>le bras doit rendre le patient le plus autonome possible</p> <p>le bras doit être détachable</p> <p>le bras doit avoir une longue durée de vie</p>	<p>Hypothèse la plus risquée le prix du bras être inférieur à 100\$ <small>Quelle hypothèse de base a la plus grande incertitude?</small></p> <p>Méthode exploration <small>Quelle est la méthode la moins chère pour vérifier l'hypothèse la plus risquée? Choisissez: exploration, argumentaire, conseilage?</small></p> <p>Critère de succès minimal 1/1 <small>Quel est le résultat le plus facile que nous accepterions comme validation?</small></p> <p>SORTEZ DE LA BÂTISSE</p>	<p><small>Si invalidé, faites un pivot sur au moins une hypothèse de base</small></p> <p>1 2</p> <p>3 4</p> <p>5 6</p> <p><small>Seulement placer l'hypothèse la plus risquée d'une expérience dans ses boîtes. Documentez les données et l'apprentissage séparément.</small></p>	<p><small>Si validé, faites un revues-mérites et validez la prochaine hypothèse la plus risquée</small></p> <p>le prix du bras doit être inférieur à 100\$</p> <p>2 3 4 5 6</p>

www.ValidationBoard.com © 2012 Lean Startup Machine. You are free to use it and earn money with it as an entrepreneur, consultant, or educator, as long as you are not a software company that later need to license it from us.

1. Définir la position du client dans la section début.(Les personnes à mobilité réduite)
2. Définir l'hypothèse du problème.(le bras permet au patient d'être le plus autonome possible tout en étant peu coûteux.)
3. Définir des hypothèses que si elles s'avèrent invalides vont détruire l'entreprise.
4. Choisir l'hypothèse la plus risquée. (Le bras doit coûter moins de 100\$)
5. Vérifier l'hypothèse avec la méthode d'exploration en pensant aux propos que nous avait dit le client lors de la présentation de notre premier prototype.
6. Définir le critère de succès minimal. (1/1)
7. Lors de la vérification de l'hypothèse qui est que le bras doit coûter moins de 100\$ on a trouvé que le prix pour ce projet est vraiment primordiale. Car selon notre client les bras robotique existent déjà mais le soucis qu'il y a est que les patients ne sont pas capables de les acheter car ils sont très coûteux. Alors, notre but est surtout de faire un bras robotique qui va aider le patient à devenir plus autonome mais a un prix inférieur à 100\$ comme précisé par le client. Donc notre hypothèse est valide.

Rapport d'économie

En premier lieu, l'analyse des coûts variables, fixes, directs et indirects associés à notre entreprise et sa production sera décrite. Ci-dessous se trouve une liste résumant chaque coût et les facteurs qui les impliquent.

Coût variables : (proportionnels au nombre de bras produit)

- Plastique d'imprimante 3d ($\frac{1}{8}$ de rouleau par bras) : 430\$ le rouleau
- Seringues et tube (x2 par bras) : 7.88\$
- Palier ('bearing') (x1 par bras) : 2.54\$
- Corde (1 ft par bras) : 18.59\$ pour 300 ft

Coûts fixes : (ne change pas dépendamment du nombre de bras produits)

- Imprimantes 3d : 3800\$

Coûts directs : (dépenses spécifique pour la production du bras)

*Noté que les coûts variables noté ci-haut font tous partie des coûts directs.

*Nous considérons que les imprimantes 3d peuvent servir pour d'autres projets donc elles ne sont pas considérées comme des coûts directs

- Employé pour le design des bras et conception des dessin pour l'imprimante. : 15\$/h
- Employés pour l'opération des imprimantes et l'assemblage des bras robotiques. : 15\$/h

Coûts indirects : (dépenses indépendantes de la production du bras)

- Employé pour l'entretien de l'équipement (imprimantes 3d) : 30\$/h
- Location de salle et alimentation électrique : 1000\$ par mois
- Location d'équipement pour opérations diverses de l'entreprise : 1000\$ par ans

Basé sur ces données, il est évident qu'il faudra produire des bras robotiques en grande quantité si l'on souhaite amortir le coût d'acquisition de l'imprimante 3d par rapport au coût de production unitaire d'un bras et ainsi pouvoir fixer un prix compétitif sur le marché.

Nous avons fait plusieurs hypothèses pour l'estimation de ces coûts. D'abord, nous avons supposé que le coût de la main d'oeuvre sera de 15\$/h étant donné que ce sera le salaire minimum en ontario d'ici 2020 et que ce sera des étudiants en génie qui seront engagé (donc pas payé cher). Pour l'entretien de l'équipement, nous avons supposé que le coût d'un tel spécialiste serait d'environ 30\$/h. Pour le coût du matériel et de l'imprimante, nous avons supposé que les prix affichés sur les sites web de Staples.com et Makebot.com seraient représentatifs des prix sur le marché en général. Finalement, nous avons fait l'hypothèse que la location de salle et d'équipement ferait un total d'environ 2000\$.

Compte de profit et pertes

D'abord le coût de production (sans la main d'oeuvre) d'une unité a été calculé d'après le BOM. Il a été trouvé que pour 3 rouleau de plastique d'imprimante 3d, le cout est de 380\$ + taxes, donc de 430\$ (<https://store.makebot.com/filament/tough-pla-filament-bundle/>). Il a aussi été assumé que pour 1 rouleau, 5 prototype peuvent être imprimées, ce qui amène le nombre d'achat nécessaire a $(3 \text{ rouleau/achat}) \times (5 \text{ item / rouleau}) = 15 \text{ item/achat de rouleau}$. Voici le tableau avec ces coûts et ces nombres d'items nécessaire afin de fabriquer un bras.

Cout de production d'une unité			
Item	Cout par item (\$/item)	# d'item nécessaire	Cout (\$)
Plastique d'imprimante	430	0.07	28.66667
Seringue (X2) et tube	7.88	2	15.76
Palier (bearing)	2.54	1	2.54
Corde de 300 ft	18.59	0.001666667	0.030983
		Cout de production	46.99765

Il est a noté que le coût de chacun de ces items pourraient variées avec le temps, pour simplifier les choses, et puisqu'il n'y auras pas une grande variation dans 3 ans, ceci a été ignoré.

Ensuite le nombre total d'heure de main d'oeuvre a été calculé:

Travail	Nombre d'heure
Base inférieur	3
Bras télescopique extérieur	4
Base supérieur	3
Bras télescopique intérieur	2
Total	12

Ce qui donne un total de 12h de production par bras, de façon surestimée.

Puis le coût total par vente a été calculée avec les informations sur la hausse du salaire minimum en ontario pour les 3 prochaines années. Le prix de vente a été initialement estimé à 400\$ avec une augmentation de 10% par année. Ceci est bien sur conservatif avec les valeurs similaires du marché, par contre afin de bien compétitionné ce coût devrait être diminué en conséquence. Donc le prix de vente initial a été estimé à 250\$ avec une augmentation de 25\$ par année.

Année	Nombre d'heure de main d'oeuvre (h)	Salaire minimal (\$/h)	Coût de main d'oeuvre (\$)	Coût total (\$)	Prix de vente
2017	12	11.6	139.2	186.9977	250
2018	12	14	168	214.9977	275
2019	12	15	180	226.9977	300
2020	12	15	180	226.9977	325

Puis le profit par vente a pu être calculée en soustrayant le prix de vente du coût total par ventes.

Le nombre de vente a été estimé à 20 initialement avec un doublement à chaque année. Le profit brut a ensuite pu être calculé en multipliant le nombre de vente par le profit par vente. Ensuite le coût d'exploitation a pu être calculée. D'abord dans la première année il faut se procurer une imprimante a 3800\$,

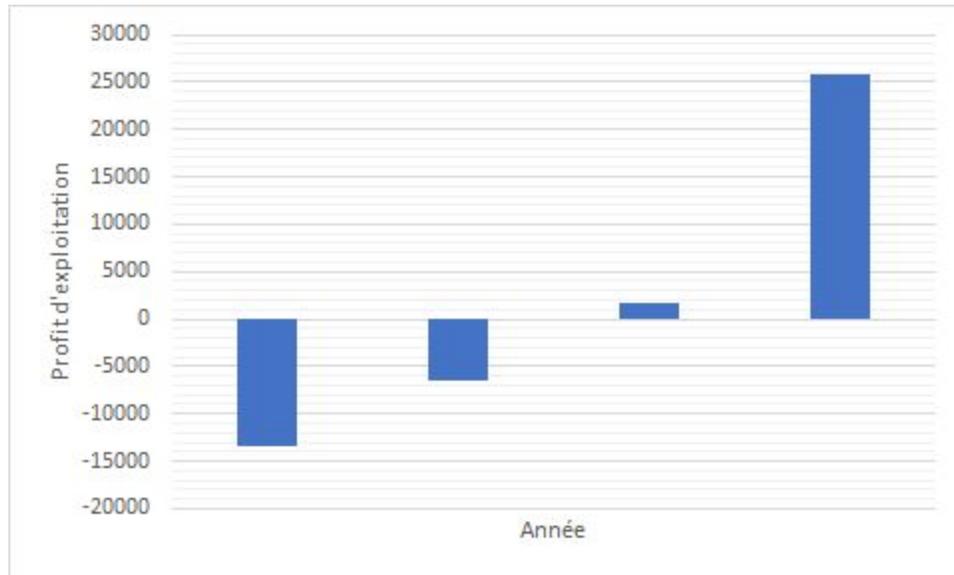
(https://www.staples.ca/fr/Makerbot-Imprimante-3D-de-table-Replicator-MP07825/product_2606271_1-CA_2_20001), de l'équipement variée a 1000\$ et payer un coût de location de salle et d'électricité de 1000\$ par mois. Par contre en achetant l'imprimante, nous obtenons un rouleau de plastique gratuit. Par exemple pour l'an 1, on a 3800\$ (l'imprimante) + 1000\$ (outils divers) + 1000\$/mois*12mois (location et électricité) - 378\$/3 (rouleau) = 16673.67 \$. En soustrayant cette valeur du profit brut nous obtenons le profit d'exploitation. Ceci est démontrée dans la figure ci-dessous. Il est aussi noté qu'une augmentation supplémentaire du coût de 500\$ a été rajoutée par année.

Profit par vente	Nombre de ventes	Profit brut	Cout d'exploitation	Profit d'exploitation
63.80235	50	3190.118	16673.67	-13483.5
60.00235	100	6000.235	12500	-6499.77
73.00235	200	14600.47	13000	1600.47
98.00235	400	39200.94	13500	25700.94
			Somme	7318.096

Comme il peut être observée, les deux premières années constituent une perte, mais du profit peut être obtenus à partir de la deuxième années. Il est est noté que si un bras prend 2 journée de travail à construire, alors il y a un maximum d'environ 150 bras qui peut être construit en un an (sans compter les vacances). Donc afin d'augmenter la production, plus d'imprimante et/ou de meilleurs imprimantes devraient être ajoutées. Ceci augmentera aussi le coût d'exploitation en augmentant l'espace requis et l'électricité consommée. Il faudra aussi s'ajuster pour l'offre et la demande.

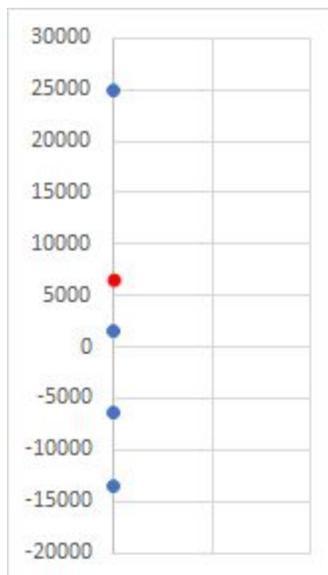
Analyse VAN

Dans le graphe ci-dessous, les valeurs non actuelles sont affichées:



Ceci est bien sur sans taux d'intérêt. Alors il est évident que le seuil de rentabilité se situe entre la deuxième et la troisième année d'opération. Par contre, afin d'avoir une idée claire de quel est la valeur présente de ces pertes et profits les valeurs nettes actuelles (VAN) doivent être calculée. D'après la banque du Canada, le taux d'intérêt directeur est présentement de 1% (<https://www.banqueducanada.ca/grandes-fonctions/politique-monetaire/taux-directeur/>), nous assumerons cette valeur afin de trouver les VAN. Pour les calculer, il suffit de prendre la valeur futur et de la divisée par $(1+i)^n$ ou n est le nombre d'années afin de rendre une valeur future actuelle. Le tableau ci-dessous présente ces valeurs ainsi que le graphique ci-dessous.

Année	Profit d'exploitation	VAN
0	-13483.5	-13483.5
1	-6499.77	-6435.41
2	1600.47	1568.934
3	25700.94	24945.08
Somme	7318.096	6595.054



Où le point en rouge est le total de la VAN. Donc la vraie valeur actuelle des profits est de 6595\$ ce qui donne un RCI = $6600/17000 = 0.388$. Ceci veut dire que le rendement du capital investi est de 38.9 % pour les 3 premières années. Par contre comme il peut être observée les profits augmentent d'années en années.

Dernière rencontre avec le client et second prototype

Rétroaction du client

Dans le cadre de notre rencontre avec le client, il nous a simplement dit que notre prototype semble être un bon concept et qu'il avait hâte de le voir en vrai. Il a aussi dit qu'il aimait le fait que le concept soit simple et sans composants électroniques. Il nous a prévenu qu'il était important de s'assurer que la portée du bras soit suffisante et qu'il ne se renverse pas en s'allongeant. Finalement, il nous a encouragé à commencer la fabrication aussi tôt que possible pour s'assurer que le prototype soit fonctionnel à temps même dans le cas où il y aurait des complications. La seule modification que nous aurons à faire pour le prochain prototype suite à cette rétroaction sera de concevoir une base plus lourde et nous allons refaire des mesures pour s'assurer que la longueur du bras soit convenable. Nos incertitudes avant la rencontre étaient que nous n'étions pas certains si le client allait apprécier le contrôle du bras (base pivotante et pousser des pistons) et ses mouvements possibles (s'allonger et se rétracter) mais il a approuvé nos idées pour ces sujets alors nous allons continuer avec ces idées pour le second prototype.

But de conception

Le but de conception ultime de notre deuxième prototype est d'avoir un produit assemblé qui permettra à une patiente à mobilité réduite d'appuyer sur les boutons d'ascenseurs, d'allumer et d'éteindre les lumières ainsi que les ventilateurs dans sa chambre. Aussi avec l'ajout d'une corde et d'une bille la patiente pourra lire ses livres plus efficacement. Toutes ces choses lui permettront d'avoir une plus grande indépendance et de lui redonner de la liberté. Avec ce prototype fonctionnel, il sera réellement possible de voir si notre produit final sera fonctionnel, et de voir quelle amélioration possible pourrait être effectuée afin de rendre notre produit plus efficace.

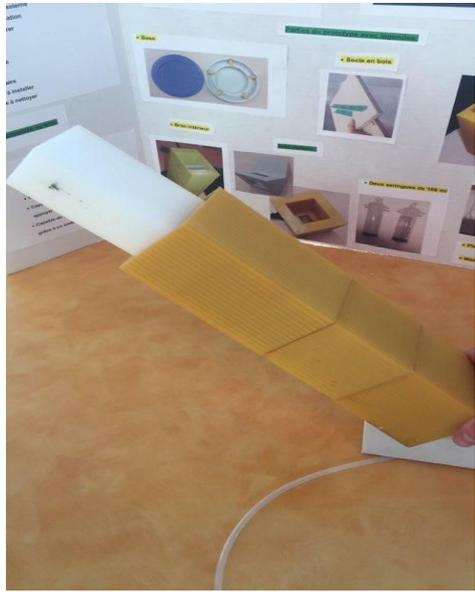
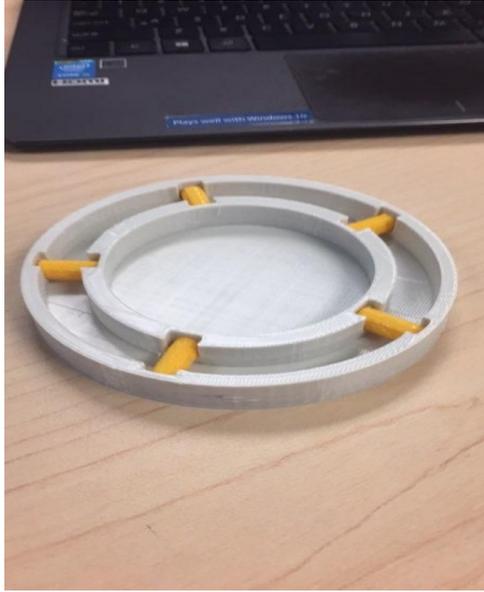
Description du prototype

Notre second prototype physique a été fait de manière très compréhensive et est proche de ce que nous avons prévu comme produit final pour notre concept. D'abord, ce prototype a été exceptionnellement peu coûteux à produire étant donné qu'il a requis moins de 50\$ pour ses composants alors que notre budget initialement prévu était de 100\$. Nous pouvons donc dire que ce prototype a permis de bien valider que notre contrainte de coûts allait être respectée. Afin d'utiliser un budget aussi minime que possible, nous avons fait tous les composants du bras à l'aide d'une imprimante 3d, excepté pour les seringues et le renfort de la base en bois (le bois peut être obtenu gratuitement dans une quincaillerie). Le bras dans son ensemble ainsi que la base et son mécanisme peuvent être observés à l'annexe 2. En ce qui concerne le fonctionnement de ce prototype de bras, il s'agit d'un bras télescopique incliné à un angle de 45 degrés. Le bras

peut être allongé et contracté avec un système pneumatique composé de deux seringues. La première seringue se trouve à l'intérieur du bras. Lorsqu'on pousse sur la poignée de la seconde seringue, l'air ainsi comprimé applique une force sur la poignée de la première seringue, ce qui pousse sur le bras et l'allonge. Le principe inverse s'applique quand on tire sur la poignée de la seconde seringue. Dans ce cas, l'air dans la première seringue perd de la pression, ce qui fait en sorte que cette seringue se referme et que le bras se contracte. Pour changer la direction du bras, il suffit simplement de le faire tourner sur sa base pivotante. Celle-ci est faite à partir de petits cylindres en plastiques qui roulent et activent ainsi une plaque tournante. Cette base nécessite toutefois d'être fixée avec une plaque en bois, autrement, le bras renverse à cause du poids du bras télescopique. Le but de ce prototype était de tester si notre concept permet réellement faire les actions que nous souhaitons que le bras puisse faire et de déterminer si un système pneumatique allait bien fonctionner.. Ainsi, nous avons essayé avec ce prototype d'activer des interrupteurs et des boutons. Nous avons ainsi conclu qu'un système pneumatique s'applique bien pour le bras et que notre concept permet de raisonnablement bien effectuer les actions souhaitées.

Ci-dessous se trouve une image du second prototype et de sa base :





Conclusion

Afin de finaliser la conception du produit final, certaines étapes doivent être entreprises. D'abord il faut renforcer la base et rajouter des supports pour éviter que le bras ne bascule en s'allongeant, imprimer un support pour fixer la seringue avec le bras et imprimer un système pour faciliter l'appui de la seringue. Ensuite il faudra améliorer l'apparence du bras, ajouter des fonctionnalités supplémentaires et réduire les coûts. Avec ces étapes complétées, une base de clientèle suffisante et un investissement initial, le bras robotique pourrait être un produit finalisé qui améliorerait l'indépendance et l'accessibilité des clients. Toutes les étapes entreprises lors de ce projet présenté dans ce report sont reproductibles pour presque n'importe quel autre produit et est donc un atout important dans l'amélioration de nos compétences en génie et de nos futurs carrières.