

Projet de conception en génie : panneau d'impact *BBB*

Par: Samuel Tremblay, Hind Cheikh, Haitam Nezhari et Papa  
Mohamed Kane

Travail présenté à M. Emmanuel Bouendeu  
dans le cadre du cours GNG 1503

Faculté de génie de l'université d'Ottawa  
3 décembre 2018

<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>Processus de conception</b>	<b>3</b>
Empathie	3
Définir	5
Figure 1 : Critères de conception priorisés et spécifications cibles	5
Idéation	6
Figure 2: Séance d'idéation sur tableau blanc	7
Figure 3: Esquisse du concept final	7
Prototypes	8
Figure 4: Photo du prototype 1	8
Figure 5 : Coûts des composantes du prototype 2	9
Figure 6 : Prototype 2	10
Figure 7: Coûts des composantes du prototype 3	12
Figure 8 : Distances horizontale entre l'arrière du tube et la position des trous	13
Figure : Prototype 3	14
Test	14
Figure : Résultats des tests	15
<b>Gestion de projet et planification du temps</b>	<b>15</b>
Formation d'équipe	15
Gestion de conflits	16
Planification	16
<b>Manuel de l'utilisateur</b>	<b>16</b>
<b>Conclusion</b>	<b>18</b>

## Introduction

Dans le cadre du cours de conception en génie GNG 1503, nous avons entrepris un projet de conception réel tout au long de ce semestre d'automne 2018. Celui-ci a permis de mettre en pratique le processus de conception en génie basée sur l'empathie.

Le projet de conception est venu de notre client M. Ugo Garneau, agent médico-légal à la police d'Ottawa. Ce dernier travaille en laboratoire pour faire de la recherche sur les éclaboussures de sang, fait l'analyse d'éclaboussures de sang sur les scènes de crime afin de poser et vérifier des hypothèses et donne des ateliers pédagogiques sur son travail. M. Ugo a proposé que nous faisons la conception d'un panneau d'impact de sang qui servirait à tester l'effet de l'angle d'impact du sang et de la hauteur de la source de sang sur l'empreinte laissée sur la surface d'impact. De la

recherche dans ce domaine à l'aide de ce panneau d'impact permettrait d'augmenter la précision des conclusions que l'on peut tirer sur le crime à l'aide des éclaboussures de sang qui y sont présentes.

Ce panneau servirait à remplacer le produit actuel qui nécessite beaucoup de temps à utiliser et que, puisque le mécanisme de fixation de l'angle d'impact est mal serré, manque de précision.

Le nouveau panneau devait posséder une surface à un angle ajustable par incréments de 5 degrés. D'autres besoins importants sont une surface d'impact dure et lisse, la facilité d'assemblage et de nettoyage, la portabilité, la durabilité et une surface d'impact suffisamment grande pour son utilisation, soit une grandeur minimale de 8 pouces et une longueur de 16 pouces.

Notre solution au problème du client était notre panneau d'impact nommé le *BBB*. Ce produit est axé sur sa simplicité et sa durabilité. Ses qualités principales sont sa simplicité et rapidité d'utilisation, sa rapidité de nettoyage, sa durabilité et fiabilité et son coût. Le produit est le panneau qui est le plus simple et rapide à utiliser parmi tous les projets, ne possède aucune composante électronique et est un assemblage d'aluminium soudé ce qui contribue à sa haute durabilité et possède aussi le coût le plus faible parmi tous les projets dans sa catégorie.

Le livrable suivant sert de résumé de tous les aspects de notre projet, incluant toutes les étapes du processus de conception ainsi que des sujets reliés au travail en équipe, dont la formation d'une équipe de travail efficace et performante ainsi que la gestion de conflits. Le livrable conclut avec les leçons que nous avons apprises tout au long du processus et des recommandations utiles à tout concepteur qui veut entreprendre un projet similaire.

## Processus de conception

### Empathie

La première étape du processus de conception basé sur l'empathie est l'étape à laquelle le processus doit son nom, soit l'étape de l'empathie. Comme son nom le suggère, pendant cette étape, le concepteur doit empathiser avec le client afin de pouvoir comprendre le problème du client, ainsi que ses besoins et ses émotions. Lors de cette étape, il est crucial de pouvoir creuser profondément dans les pensées du client en faisant usage de séries de questions ouvertes consécutives qui permettent d'explorer le problème du client ainsi que ses besoins.

Dans notre projet, la période d'empathie s'est faite lors de la première rencontre avec le client pendant laquelle le client a présenté ses deux problèmes à la classe. Suite à la présentation, nous avons eu la chance de poser des questions au client afin d'approfondir notre compréhension du problème. À partir de l'information partagée par le client, nous avons pu faire la synthèse de ses idées afin de dresser une liste des besoins perçus du client, classés par leur importance relative.

### **Besoins primordiaux :**

#### Besoins reliés à l'utilisation

- Pouvoir changer l'angle d'inclinaison du panneau entre 0 et 90 degrés
  - Intervalles maximaux de 5 degrés entre les inclinaisons possibles
- Hauteur suffisante pour l'empreinte d'une goutte lorsque le panneau est presque vertical et que la goutte tombe de quelques mètres plus haut
- Grandeur suffisante afin de donner à la personne qui fait tomber la goutte une marge d'erreur raisonnable lorsque la hauteur initiale de la goutte est haute
- Précision de l'angle d'impact
- Durabilité

#### Besoins reliés à la facilité d'utilisation et de transport

- Panneau doit être portatif et léger
- Panneau doit être facile à assembler, désassembler et ranger
- Facile à nettoyer et désinfecter

### **Besoins d'importance moyenne**

- Une surface dure et lisse (Car ceci donne les résultats plus uniformes. Si on veut changer le matériel, la surface en dessous peut quand même être dure, ça ne fait aucune différence, donc il est mieux que la surface de base soit lisse et dure)
- Façon intégrée de déterminer l'angle d'inclinaison du panneau

### **Options supplémentaires**

- Coffre de rangement
- Niveau pour déterminer si la plaque est réellement placée sur une surface à niveau

## Définir

La prochaine étape du processus de conception basée sur l'empathie est l'étape de la définition du problème. Dans cette étape, nous convertissons la longue liste d'informations recueillies lors de la séance avec le client en un énoncé du problème concis, précis et séduisant.

Énoncé du problème :

Concevoir un panneau d'impact portatif, facile à nettoyer et à manipuler et possédant une surface d'impact à angle ajustable.

Afin de pouvoir comparer les concepts qui seront générés à l'étape de l'idéation, nous devons définir la liste de critères de conception sur lesquels nous allons juger la mérite de chacune de ces solutions ainsi que la réponse de notre produit final aux besoins du client.

Pour le faire, nous devons convertir les besoins du client en critères mesurables (quantitatifs ou qualitatifs) et établir la priorité relative de ces critères. Ceux ci sont insérés dans un tableau, visible dans la figure suivante. À ces critères sont ajoutés les spécifications visées pour le projet.

Figure 1 : Critères de conception priorisés et spécifications cibles

Critères de conception	Spécifications cibles	Importance relative
Angle d'impact variable	Oui	5
Intervalles entre les angles possibles	5 à 10 degrés	4
Poids (kg)	Moins que 5 kg	3
Volume non déployé (m <sup>3</sup> )	0.015 m <sup>3</sup>	4
Hauteur de la surface d'impact (m)	30 cm - 50 cm	5
Largeur de la surface d'impact (m)	15 cm - 30 cm	4
Méthode de nettoyage/désinfection rapide	Oui	5
Matériel de la surface d'impact	(Matériel dur et lisse)	5
Précision de mesure de l'angle	Erreur de moins que 2 degrés	4

Surface d'impact changeable	Oui	4
Coût (\$)	Moins que 100\$	5
Durée de vie	5 ans	2

## Idéation

La troisième phase dans le processus de conception basée sur l'empathie est la phase d'idéation. C'est dans cette phase ou plusieurs concepts sont générés. Parmi ces concepts (ou idées), nous convergeons afin de pouvoir choisir ou élaborer un seul concept final que nous allons produire et tester pendant le cours du projet.

Afin de maximiser la productivité et la qualité des concepts, nous avons formalisé notre cadre de travail. Tous les membres de notre équipe devaient générer au moins 5 concepts uniques en essayant de maximiser le plus que possible la diversité de solutions pour chaque sous-système. Le tout devait être fait en 15 minutes. Ce court temps nous a forcé de concevoir sans porter de jugement et donc de maximiser notre créativité. Pendant cette activité d'idéation, nous avons pu générer plus que 30 concepts différents, et plus de 50 concepts de sous-systèmes différents. Suite à l'activité, nous avons passé à l'analyse de ces concepts en énumérant les avantages et les désavantages de chaque concept ainsi que parler de leur faisabilité. Suite à cette discussion, nous avons choisi les meilleures idées et nous les avons combiné pour aboutir avec notre concept final, visible dans l'image suivante.

Figure 2: Séance d'idéation sur tableau blanc

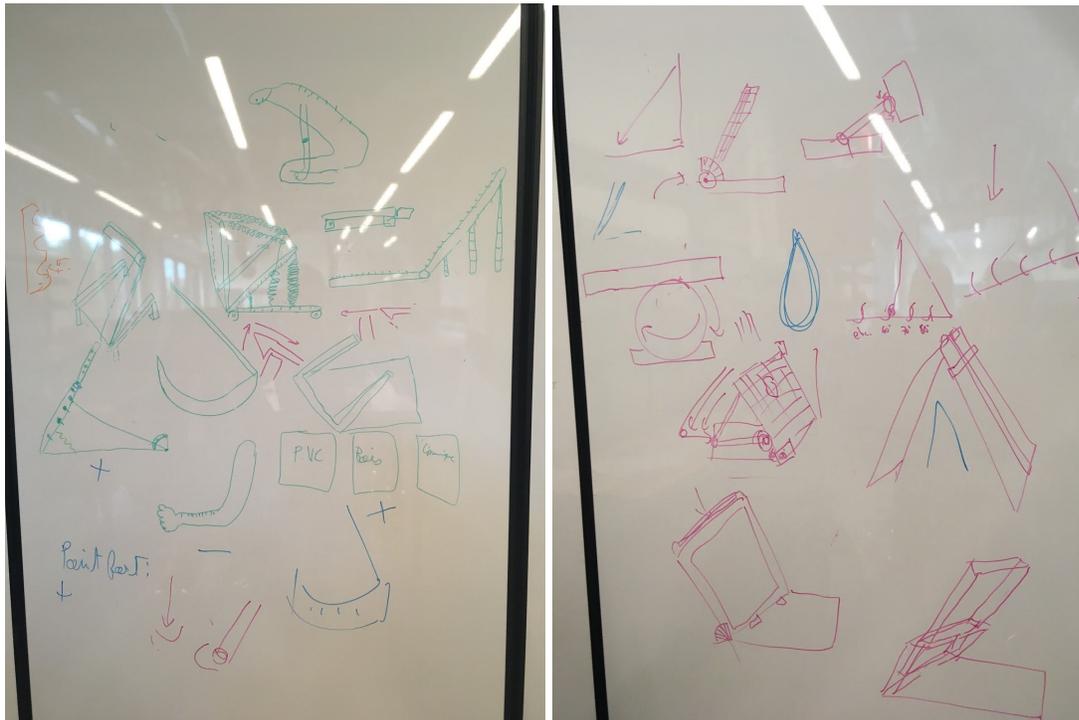
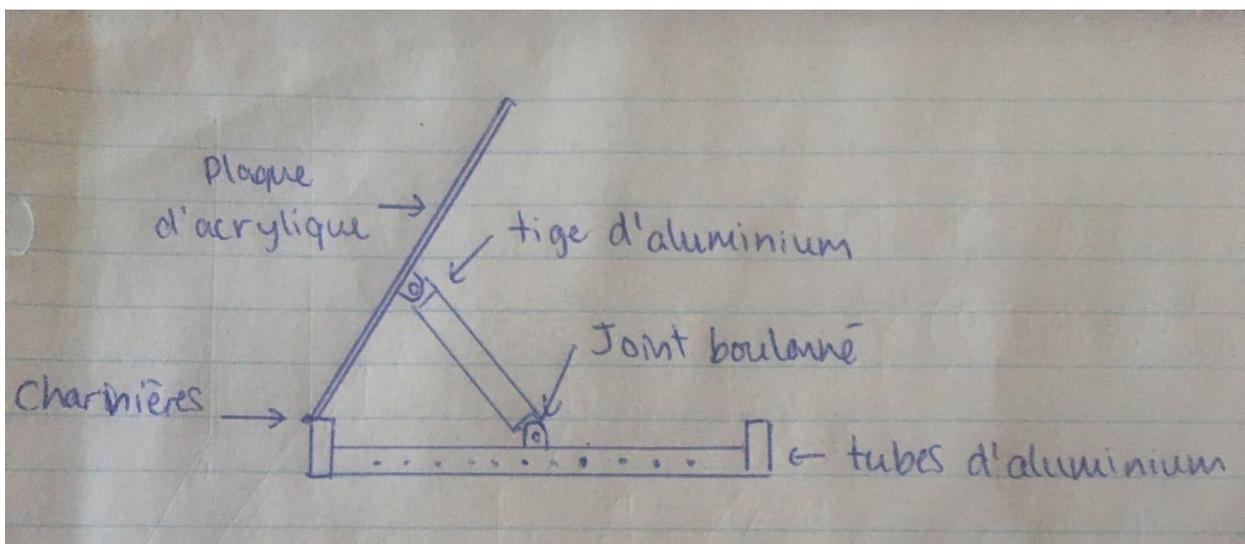


Figure 3: Esquisse du concept final



Ce concept a pris la première place au classement des solutions car elle offre un mécanisme à la fois simple, durable et précis, une facilité d'utilisation sans pareil ainsi qu'un coût faible à cause de l'absence du besoin d'un moteur et de composants électroniques. Avec un concept qui nous était satisfaisant, nous sommes passés à la prochaine étape : le prototypage.

## Prototypes

Après l'idéation vient l'étape de prototypage. On peut définir un prototype comme étant le premier exemplaire d'un modèle ou mécanisme avant la production en série. Pour notre projet, nous avons développé un total de 3 prototypes.

Un processus de prototypage strict est nécessaire pour obtenir les résultats désirés dans un délai raisonnable. Des paramètres importants à définir avant de commencer le processus de prototypage sont : les objectifs du prototype, sa fidélité, son coût, le temps du cycle itératif, le type de prototype et comment nous allons utiliser notre prototype afin d'atteindre nos objectifs. Nous avons utilisé les document « Plan d'essai pour le prototypage » afin de planifier notre processus pour chaque prototype développé.

Dans le cadre de notre projet, le premier prototype devait être un prototype physique non-fonctionnel à coût presque nul. C'est donc essentiellement un outil de modélisation, utilisé pour vérifier la faisabilité et analyser les sous-systèmes, ainsi que pour communiquer nos idées au client pour la première rétroaction. Nous avons utilisé des restes de pièces imprimées en 3D pour tous le prototype : surface d'impact, supports et tige pour changer l'angle.

Figure 4: Photo du prototype 1



Notre deuxième prototype est un prototype ciblé du sous-système le plus critique de notre produit : le mécanisme de changement de l'angle. Ce deuxième prototype possède les mêmes dimensions que notre produit final. En fait, le

prototype final sera bâti autour de ce deuxième prototype en y ajoutant les autres sous-systèmes. Le prototype nous permettra de tester le fonctionnement du mécanisme afin de pouvoir l'améliorer dans notre troisième prototype, corriger les erreurs de géométrie, s'assurer de la cohésion des diverses pièces qui composent le mécanisme et tester la durabilité et la solidité du système. Bref, il permet de tester la réponse de notre concept face aux besoins du client.

Pour construire le prototype, nous avons utilisé plusieurs matériaux, attaches et pièces imprimées en 3D. Voici une liste des composantes nécessaires à la construction de notre prototype :

- 2 tubes d'aluminium 2.5 cm x 5 cm x 24 cm + 1 tube d'aluminium 2.5 cm x 2.5 cm x 38 cm (Visibles dans la figure 8)
- 1 tige d'aluminium 1.5 x 1 cm x 18 cm
- 2 attaches pour la tige (Figure 4)
- 1 attache pour la plaque (Figure 2)
- 1 cube glissant (Figure 3)
- 2 boulons  $\frac{3}{8}$  pouce (Figure 7)
- 2 écrous  $\frac{3}{8}$  pouce
- 8 boulons 10/32 pouce (Figure 6)
- 8 écrous 10/32 pouce (Figure 6)
- 2 petites charnières (Figure 6)
- 1 plaque d'acrylique coupée à 43 cm x 24 (Figure 8)
- 2 pièces circulaires  $\frac{3}{8}$  pouce (Figure 4)

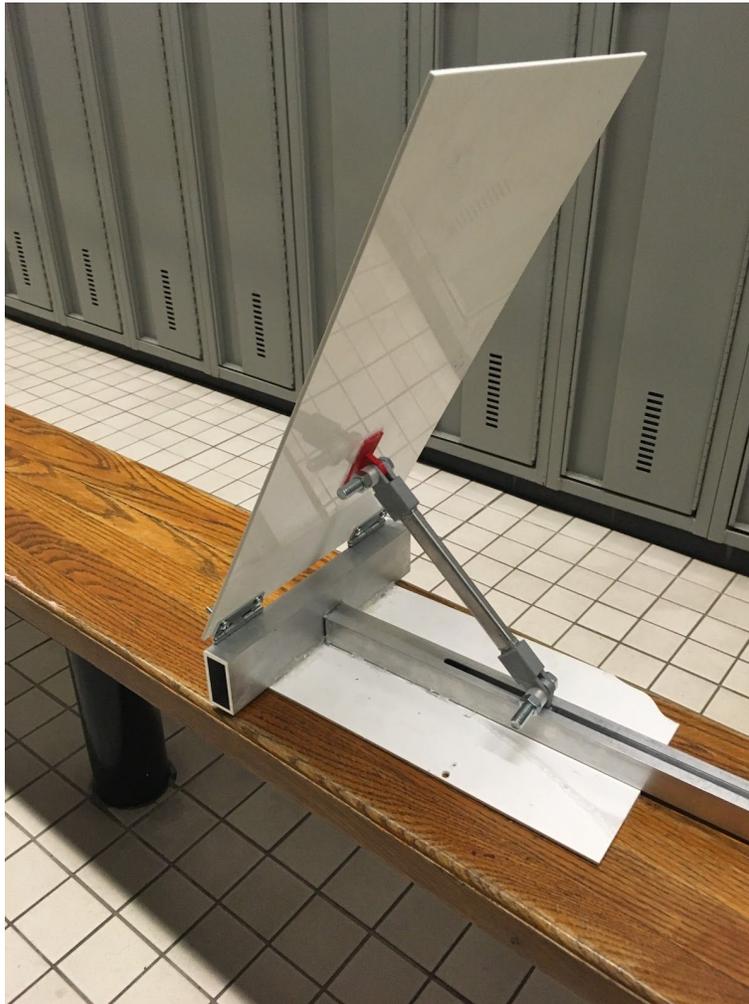
Avant de pouvoir faire l'assemblage, il fallait créer une fente de plus de 6 mm de largeur et 23 cm de longueur sur un des côtés du tube d'aluminium 2.5 cm x 2.5 cm x 38 cm. De plus, il fallait aussi créer 4 trous sur les tubes de 2.5 cm x 5 cm x 24 cm pour y fixer les deux charnières. Pour ce prototype, les tubes étaient collés sur une surface en acrylique au lieu d'être soudées afin de faciliter le perçage des trous de fixation lors de la création du troisième prototype.

Figure 5 : Coûts des composantes du prototype 2

Item	Prix unitaire	Prix total
Tubes d'aluminium	2.00 \$(Estimé)	2.00\$
Tige d'aluminium	0.50\$ (Estimé)	0.50\$
Pièces imprimées en 3D	8.00\$ (Estimation basée sur le coût du filament)	8.00\$
Boulons $\frac{3}{8}$ pouce	0.75 \$(Canadian Tire)	1.50\$

Écrous $\frac{3}{8}$ pouce	0.25 \$(Canadian Tire)	0.50\$
8 Boulons 10/32 pouce	2.25\$	2.25\$
8 Boulons 10/32 pouce	2.25\$	2.25\$
2 Charnières	3.50\$	3.50\$
Plaque d'acrylique	13.50\$	13.50\$
Clou de 3/16 de pouce	0.10\$	0.10\$
Total :		33.50 \$

Figure 6 : Prototype 2



Enfin, en troisième lieu vient le dernier prototype. Notre troisième prototype est un prototype compréhensif physique fidèle à notre produit final. Il inclut le mécanisme de changement de l'angle d'impact construit lors de la deuxième phase de prototypage, ainsi que diverses autres composantes du projet comme les trous de fixation et des ajouts finaux tels que la coupe des boulons et la plateforme pour ajouter d'autres surfaces d'impact. Ce prototype nous a permis de démontrer les capacités de notre concept lors de la présentation finale en classe ainsi que la présentation de Design Day. Puisque ce prototype est notre produit final, le critère englobant du succès de notre projet été sa capacité à répondre aux exigences du client.

Pour construire le prototype, nous avons utilisé plusieurs matériaux, attaches et pièces imprimées en 3D. Voici une liste des composantes nécessaires à la construction de notre troisième prototype :

- 2 tubes d'aluminium 2.5 cm x 5 cm x 24 cm + 1 tube d'aluminium 2.5 cm x 2.5 cm x 38 cm (Visibles dans la figure 8)
- 1 tige d'aluminium 1.5 x 1 cm x 18 cm
- 2 attaches pour la tige (Figure 4)
- 1 attache pour la plaque (Figure 2)
- 1 cube glissant (Figure 3)
- 2 boulons  $\frac{3}{8}$  pouce (Figure 7)
- 2 écrous  $\frac{3}{8}$  pouce
- 8 boulons  $\frac{10}{32}$  pouce (Figure 6)
- 8 écrous  $\frac{10}{32}$  pouce (Figure 6)
- 2 petites charnières (Figure 6)
- 1 plaque d'acrylique coupée à 43 cm x 24 (Figure 8)
- 2 pièces circulaires  $\frac{3}{8}$  pouce (Figure 4)
- Clou de  $\frac{3}{16}$  de pouce (Tige de fixation)

Avant de faire l'assemblage, il fallait créer une fente de plus de 6 mm de largeur et 23 cm de longueur sur un des côtés du tube d'aluminium 2.5 cm x 2.5 cm x 38 cm. Il fallait aussi créer 4 trous sur les tubes de 2.5 cm x 5 cm x 24 cm pour y fixer les deux charnières. Ensuite, une fois le mécanisme de changement d'angle assemblé, nous utiliserons une équerre afin de mesurer les rapports cosinus de la plaque (en divisant la distance horizontale entre le côté inférieur et le côté supérieur de la plaque par la longueur de la plaque (soit de 38 cm) ainsi qu'un outil de mesure comprenant un gyroscope et un accéléromètre afin de déterminer la position des trous de fixations nécessaires pour former chaque angle (À des intervalles de 5 degrés).

En utilisant les rapports cosinus et les outils électroniques de mesure des angles, nous avons formé tous les angles désirés et marquer la position des trous de fixation nécessaire, donc la position du milieu de la pièce glissante

dans le tube. Nous avons ensuite percé tous les trous de  $3/16^{\text{èmes}}$  de pouce dans le tube de métal.

**N.B. Tous les fichiers de pièces imprimées en 3D peuvent être trouvés en pièce jointe à la soumission du livrable.**

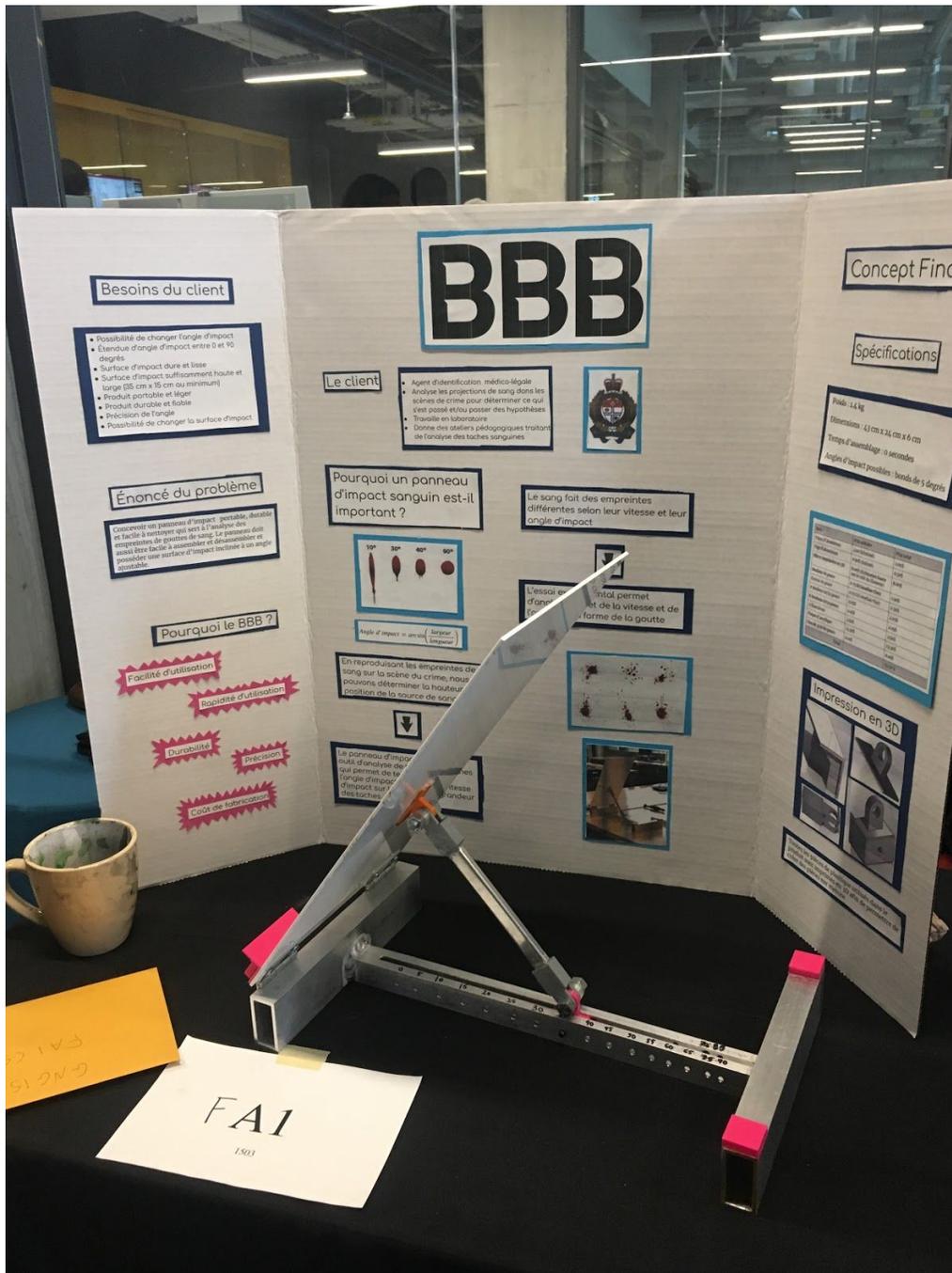
Figure 7: Coûts des composantes du prototype 3

Item	Prix unitaire	Prix total
Tubes d'aluminium	2.00 \$(Estimé)	2.00\$
Tige d'aluminium	0.50\$ (Estimé)	0.50\$
Pièces imprimées en 3D	8.00\$ (Estimation basée sur le coût du filament)	8.00\$
Boulons $3/8$ pouce	0.75 \$(Canadian Tire)	1.50\$
Écrous $3/8$ pouce	0.25 \$(Canadian Tire)	0.50\$
8 Boulons $10/32$ pouce	2.25\$	2.25\$
8 Boulons $10/32$ pouce	2.25\$	2.25\$
2 Charnières	3.50\$	3.50\$
Plaque d'acrylique	13.50\$	13.50\$
Clou de $3/16$ de pouce	0.10\$	0.10\$
Total :		33.50 \$

Figure 8 : Distances horizontales entre l'arrière du tube et la position des trous

Angle Formé (Degrés)	Distance de l'arrière (mm)
0	30
10	36
15	41
20	48
25	58
30	73
35	88
40	104
45	125
50	143
55	161
60	190
65	203
70	239
75	261
80	285
85	309
90	329

Figure 9 : Prototype 3



## Test

Le testing est l'étape finale du processus de conception. Dans cette phase, nous effectuons divers tests pour évaluer le produit final et s'assurer que le tout fonctionne correctement et répond aux exigences du client.

Pour notre plaque, divers essais ont été fait pendant cette étape. Premièrement, nous avons mesuré les dimensions et le poids du prototype final pour les comparer aux spécifications cibles établies dans le troisième livrable. Deuxièmement, nous avons fait subir à notre plaque des forces semblables aux forces normale d'utilisation et de transport pour vérifier que le prototype peut y résister et rester intact lors de son transport. Finalement, nous avons effectué des tests de nettoyage pour s'assurer que le produit est véritablement facile à nettoyer et à désinfecter. Voici les résultats des tests effectués :

Figure : Résultats des tests

Test	Résultat
Portabilité	Dimensions : 43cm x 24 cm x 6 cm Poids : 1.4 kg
Durabilité	Le panneau résiste très bien aux forces appliquées sur la partie inférieure de la plaque ainsi que sur la tige et sur la base. La plaque se courbe lorsqu'on applique beaucoup de force directement sur les coins supérieurs de la plaque.
Nettoyage	Très facile à nettoyer. Peu d'obstacles à contourner

## Gestion de projet et planification du temps

La gestion de projet et l'organisation sont deux facteurs cruciaux au succès au sein d'une équipe de conception en génie. Cet aspect doit être présent du début à la fin du projet et joue un rôle énorme dans la productivité et l'efficacité du groupe.

### Formation d'équipe

Cette gestion débute lors de la formation d'équipe. 5 aspects sont à considérer si on veut créer une équipe forte et productive : la diversité ( personnalité, d'expérience, culturelle etc.), la communication, le respect et le soutien, l'enthousiasme et finalement l'organisation et la ponctualité.

En formant notre équipe, nous avons pris tous ces facteurs en considération. Nous avons bâti une équipe avec une énorme diversité culturelle, d'expérience et de

personnalité, avec des forces variées dans plusieurs aspects utiles au projet. Tous les membres de notre équipe étaient aussi respectueux, organisés et ponctuels.

## Gestion de conflits

Les conflits font partie de tout travail d'équipe. En fait, des conflits sains, si gérés de la bonne façon sont souvent même bénéfiques à la performance d'une équipe. Il existe plusieurs façons de résoudre des conflits. Notre équipe a opté pour la méthode suivante. Pour commencer, les deux partis ont la chance d'exprimer leur point de vue pour faire voir à l'autre les avantages de leur solution. Après avoir entendu les deux perspectives, le groupe discute pour soit convaincre l'autre ou arriver à un compromis qui comporte certains avantages des deux côtés. Si aucune entente peut être faite, nous passons à un vote par majorité. Si le résultat n'est pas concluant, nous passons le cas à un parti extérieur pour prendre une décision pour le groupe. Une emphase particulière est mise sur le respect et le soutien lors de ces conflits afin de ne pas créer une séparation dans le groupe.

## Planification

La planification et la gestion du temps est un autre aspect important dans des projets complexes. Afin d'aider cette organisation du temps, nous avons créé un diagramme de Gantt qui inclut toutes les tâches reliées au projet ainsi que les événements clés du projet. Ce diagramme peut être trouvé dans le livrable E, et en pièce jointe à la soumission de ce livrable final.

## Manuel de l'utilisateur

Liste des matériaux pour le produit final: (voir figure 10)

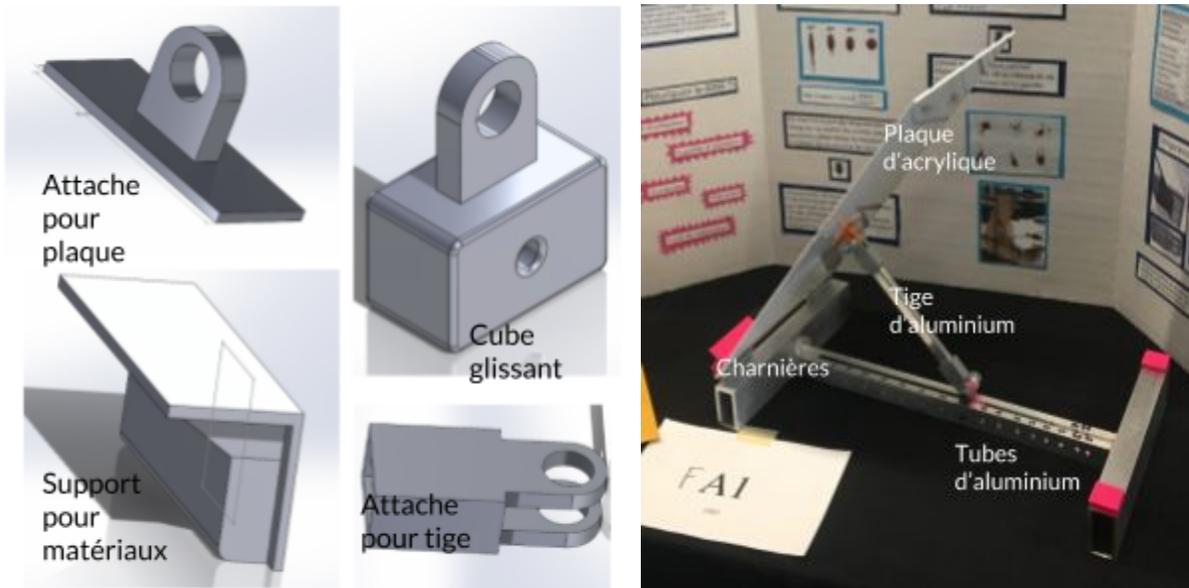
- 2 tubes d'aluminium 2.5 cm x 5 cm x 24 cm + 1 tube d'aluminium 2.5 cm x 2.5 cm x 38 cm
- 1 tige d'aluminium 1.5 x 1 cm x 18 cm
- 2 attaches pour la tige
- 1 attache pour la plaque
- 1 cube glissant
- 2 boulons  $\frac{3}{8}$  pouce
- 2 écrous  $\frac{3}{8}$  pouce
- 8 boulons  $\frac{10}{32}$  pouce
- 8 écrous  $\frac{10}{32}$  pouce
- 2 petites charnières
- 1 plaque d'acrylique coupée à 43 cm x 24
- 2 pièces circulaires  $\frac{3}{8}$  pouce

- Clou de 1/8 de pouce (Tige de fixation)
- 2 Supports pour matériaux rigides

**Distances horizontale entre l'arrière du tube et la position des trous**

Angle Formé (Degrés)	Distance de l'arrière (mm)
0	30
10	36
15	41
20	48
25	58
30	73
35	88
40	104
45	125
50	143
55	161
60	190
65	203
70	239
75	261
80	285
85	309
90	329

Figure 10 : Composantes du prototype



Mode d'emploi:

- Lever ou baisser la plaque jusqu'à obtention de l'angle souhaité.
- Aligner le trou sur le côté du tube avec le trou de la pièce au milieu.
- Insérer la pièce de fixation dans le trou.

Nettoyage :

Essuyer la surface avec du papier ou un chiffon avec de l'eau de javel (ou autre désinfectant) pour désinfecter après l'utilisation.

## Conclusion

Après de longues semaines de travail tout au long de ce semestre, nous avons finalement complété notre projet de conception en génie de cette automne, le BBB. C'était une expérience très enrichissante de pouvoir vivre la réalité d'une telle entreprise. Nous avons beaucoup appris à chaque étape du processus et acquis des compétences essentielles à travailler dans le domaine du génie et nous avons abouti avec un produit final dont nous sommes très fiers, qui réussit à répondre à toutes les exigences de notre client avec une grande efficacité malgré sa simplicité.

Notre parcours n'était pas toujours sans difficultés. Comme débutants dans le monde de la conception, nous avons commis plusieurs erreurs malgré la simplicité du projet que nous avons entrepris. Cependant, ces erreurs nous ont permis de tirer encore plus du projet car nous avons appris des leçons qui seront applicables non seulement lors de nos carrières en génie, mais dans nos vies de tous les jours.

D'une part, respecter un horaire serré et strict nous a fait réaliser que les choses prennent souvent plus de temps et d'effort que prévu. De cette réalisation vient la leçon qu'il faut toujours allouer plus de temps à la tâche que l'on croit est nécessaire et de ne pas procrastiner.

D'autre part, s'aventurer dans un domaine auquel nous n'étions pas familiers nous a appris les bienfaits de consulter des personnes qui s'en connaissent plus que nous. Bien que notre projet était relativement simple, il a nécessité l'utilisation d'imprimantes 3D, de perceuses, d'un moulin d'usinage et le soudage de tubes d'aluminium en plus de plusieurs décisions dont notre niveau de connaissances était insuffisant pour prendre des décisions sensées.

Nous devons un grand merci au personnel du makerspace et du centre Brunsfield, ainsi qu'à notre TA Sergio et notre gérante de projet Maddie pour leur aide et leur support tout au long du semestre.