

Livrable F - Prototype I et rétroaction du client

Chloé Al-Frenn
Isabelle Brisebois
Michael Nduwa Kasongo
Souhail Daoudi
Le 7 mars 2021

Table de matières

1. Introduction
2. Plan d'essai de prototypage
3. Développer un prototype
4. Analyse de système critique
5. Documentation du plan d'essai de prototypage
6. Rétroaction
7. Conclusion
8. Références

1. Introduction

Le prototypage est une étape importante en génie de la conception qui consiste à développer ou créer un prototype capable de représenter les concepts liés à notre projet de conception. Dans ce livrable, le but principal est de créer un prototype d'un dispositif de mesure d'angle de tir. Ainsi, grâce à cela, nous allons être en mesure d'entendre les rétroactions de notre client liées au prototype afin de pouvoir l'améliorer en fonction des recommandations du client.

2. Plan d'essai de prototypage

Tableau : plan de test des prototypes

# de test	Objectif du test	Description du prototype utilisée et de la méthode de test de base	Description des résultats à documenter et comment ces résultats seront utilisés	Durée estimée du test et date prévue du début du test
1	<p>L'objectif du test #1 est de vérifier si le prototype est de grandeur (longueur) idéal et fonctionnel. Ce test est destiné à déterminer la fonctionnalité et la précision de l'outil.</p> <p>Critère d'arrêt: Nous allons arrêter lorsque nous trouvons que la lecture d'angle est le plus précis possible</p>	<p>Le prototype construit pour ce test est deux morceaux de carton et demi cercles et un quart de cercle. Le quart de cercle est collé sur le centre du demi cercle verticalement. Il a des écritures d'angles entre 0 et 90 degrés sur le quart de cercle et de 0 à 180 degré sur le demi cercle. Nous avons ajouté une tige qui sort de l'angle 0 du demi cercle. Afin de réaliser ce test nous allons prendre des photos des tiges de la vue de haut et la vue du côté afin de voir si les angles sont lisibles. Ceci est un prototype ciblé.</p>	<p>Les informations mesurées sont la grandeur du prototype. Les résultats seront documentés et modifiés lors du prochain prototype au besoin. Les données que nous avons assemblées lors de ce test sont importantes puisqu'elles jouent un grand rôle dans la précision de l'outil final.</p>	<p>Ce test prend quelques minutes à réaliser. Le prototype serait construit le 3 mars. Ce test sera réalisé le 4 mars par Isabelle Brisebois. (voir diagramme de Gantt pour détails)</p>
2	<p>L'objectif du test #2 est de vérifier si le prototype à une largeur idéal et fonctionnel. Ce test est destiné à déterminer la fonctionnalité et la</p>	<p>Le prototype pour ce test est le même que le prototype #1 mais il y en n'a deux différents. Un prototype à des morceaux de carton à 1 demi pouce de largeur et l'autre à 1 sixième de</p>	<p>Les résultats mesurés seront la largeur du prototype. Les résultats documentés seront une comparaison entre les morceaux de carton plus épais et ceux plus minces. À l'aide des</p>	<p>Ce test prend quelques minutes à réaliser. Le prototype serait construit le 3 mars. Ce test sera réalisé le 4 mars par Isabelle Brisebois. (voir diagramme de</p>

	<p>précision de l'outil.</p> <p>Critère d'arrêt : Nous allons arrêter lorsque le prototype à une largeur qui assure la précision.</p>	<p>pouce de largeur. Afin de réaliser ce test nous allons utiliser la méthode de photo du test 1. Ceci est un prototype ciblé.</p>	<p>résultats obtenus nous allons déterminer quelles largeurs de carton donnent des résultats plus précis.</p>	<p>Gantt pour détails)</p>
3	<p>L'objectif du test #3 est de vérifier si les ventouses peuvent bien tenir le prototype. Ce test sert à déterminer la stabilité du prototype et l'utilisation par une personne.</p> <p>Critère d'arrêt : Nous allons arrêter une fois que les ventouses sont assez fortes pour supporter l'outil.</p>	<p>Le prototype pour ce test est le même que le test 1. Mais on y ajoute des ventouses sur la surface droite du demi cercle. Le test sera de voir si les ventouses peuvent soutenir l'outil contre le mur. Nous allons simplement mettre l'outil contre une surface et vérifier si elles collent et restent debout par elle-même. Ceci est un prototype ciblé.</p>	<p>Les résultats mesurés lors de ce test seront la stabilité des ventouses. Nous allons documenté si les ventouses collent bien sur le prototype et s'ils collent bien à la surface. Ces données sont très importantes pour cet outil puisqu'il est très important que cet outil puissent être utilisés par une personne seulement.</p>	<p>Ce test prend quelques minutes à réaliser. Le prototype serait construit le 3 mars. Ce test sera réalisé le 5 mars par Isabelle Brisebois. (voir diagramme de Gantt pour détails)</p>
4	<p>L'objectif du test #4 est de vérifier si des aimants pourraient supporter notre outil. Ce test sert à déterminer la stabilité du prototype et l'utilité par une personne.</p> <p>Critère d'arrêt : Nous allons arrêter lorsque les aimants sont assez fort et supporte bien l'outil.</p>	<p>Le prototype pour ce test est le même que le test 1. Mais on y ajoute des aimants sur la surface droite du demi cercle. Le test sera de voir si les aimants peuvent soutenir l'outil contre le mur. Nous allons simplement mettre l'outil contre une surface et vérifier s' ils collent et restent debout par eux-même. Ceci est un prototype ciblé.</p>	<p>Les résultats mesurés lors de ce test seront la stabilité des aimants. Nous allons documenté si les aimants collent bien sur le prototype et s'ils collent bien à la surface. Ces données ces très importantes pour cet outil puisqu'il est très important que cet outil puissent être utilisés par une personne seulement</p>	<p>Ce test prend quelques minutes à réaliser. Le prototype serait construit le 3 mars. Ce test sera réalisé le 5 mars par Isabelle Brisebois. (voir diagramme de Gantt pour détails)</p>
5	<p>L'objectif du test #5 est de vérifier si un niveau est capable de nous dire si notre outil est à niveau. Ce test sert à déterminer la précision des</p>	<p>Le prototype pour ce test est le même que le prototype #1 mais on y ajoute une pièce d'attachement sur les 2 rapporteurs verticales et horizontales. Le test sera</p>	<p>Les résultats mesurés lors de ce test seront la précision du rapporteur. Nous allons documenter si le niveau aide à bien fixer et attacher les 2</p>	<p>Ce test prend quelques minutes à réaliser. Le prototype serait construit le 3 mars. Ce test sera réalisé le 5 mars par Isabelle Brisebois.</p>

	<p>résultats obtenus.</p> <p>Critère d'arrêt : Ce test est très simple, il n'a pas beaucoup d'essais à faire, nous devons juste vérifier que le niveau accompli bien son travail.</p>	<p>de voir si les 2 rapporteurs sont parfaitement fixés.nous allons simplement exercer une pression aux 2 rapporteurs et voir si ils sont bien collés.Ceci est un prototype cible</p>	<p>rapporteurs .Ceci est très important pour éviter les légers flottements qui nuisent à la précision</p>	<p>(voir diagramme de Gantt pour détails)</p>
6	<p>L'objectif du test #6 est de vérifier si le vide dans le rapporteur horizontal aide avec la précision des résultats. Ce test sert à déterminer la précision des résultats.</p> <p>Critère d'arrêt : Nous allons arrêter ce test lorsque nous trouvons que le vide donne une précision constante.</p>	<p>Le prototype pour ce test est le même que le prototype #1 mais on va créer un vide sur la partie inférieure du rapporteur vertical.Le test sera de voir si cette démarche aide à la précision pour le "0" du rapporteur.Ceci est un prototype cible.</p>	<p>Les résultats mesurés lors de ce test seront la précision du rapporteur.Nous allons documenter si le vide créé dans celui-ci permet de garantir une précision sur le 0 du rapporteur</p>	<p>Ce test prend quelques minutes à réaliser. Le prototype serait construit le 3 mars. Ce test sera réalisé le 5 mars par Isabelle Brisebois. (voir diagramme de Gantt pour détails)</p>
7	<p>L'objectif du test #7 est de vérifier si une tige aimantée aide avec le rassemblement des résultats. Ce test facilite l'utilisation de l'outil.</p> <p>Critère d'arrêt : Nous allons arrêter ce test lorsque nous déterminerons si la tige aimantée aide à maintenir la précision.</p>	<p>Le prototype pour ce test est le même que le prototype #1 „mais on va lui ajouter une tige aimante .Nous allons simplement essayer de mesurer l'angle de la tige aimante dont son centre sera placé dans le "0" du rapporteur.Ceci est un prototype cible.</p>	<p>Les résultats mesurés lors de ce test seront la précision du rapporteur.Nous allons documenter si la tige aimante nous aide vraiment à déterminer avec précision l'angle mesurée quand elle se place au centre du "0".</p>	<p>Ce test prend quelques minutes à réaliser. Le prototype serait construit le 3 mars. Ce test sera réalisé le 5 mars par Isabelle Brisebois. (voir diagramme de Gantt pour détails)</p>
8	<p>L'objectif du test #8 est de s'assurer que tous les angles dans les différents axes soient atteignables.</p>	<p>Le prototype pour ce test est le même que le prototype #1 ,on va tout simplement mesurer les différents angles qui</p>	<p>Les résultats mesurés lors de ce test seront la capacité à mesurer tous les angles du rapporteur.Nous allons</p>	<p>Ce test prend quelques minutes à réaliser. Le prototype serait construit le 3 mars. Ce test sera</p>

	Ce test sert à déterminer la précision de cet outil.	peuvent être difficiles à atteindre.Ceci est un prototype cible.	documenter si tous les angles du rapporteur sont atteignables et mesurables.	réalisé le 5 mars par Isabelle Brisebois. (voir diagramme de Gantt pour détails)
--	--	--	--	--

** Tous les critères d'arrêt incluent aussi pas assez de temps et de ressources. La plupart des tests seront plus faciles à réaliser lors du prochain prototype lorsque nous aurons du matériel qui ressemble plus à notre matériel final.

3. Développer un prototype

Lors de ce livrable nous avons développé notre premier prototype physique.

Ci- dessous vous allez retrouver des images de ce prototype ainsi que la liste de matériaux utilisés pour construire ce prototype.



Premièrement, nous avons débuté le prototype en coupant une demi-cercle de carton et un quart de cercle de carton. Ensuite, nous avons découpé l'intérieur du quart de cercle de carton afin d'y laisser un vide. Nous avons ensuite écrit les angles de 0 à 180 degrés sur le demi cercle et les angles de 0 à 90 degrés sur le quart de cercle. Par la suite, nous avons collé un rapporteur sur le demi-cercle. Et nous avons collé une tige sur le centre du demi cercle et le haut du quart de cercle afin d'attacher les deux cercles ensemble. Nous avons aussi collé des ventouses et des aimants sur la partie droite du demi cercle afin qu'il puissent adhérer à différentes surfaces. Nous avons aussi ajouté un aimant sur le demi-cercle afin de représenter une tige aimantée.



4. Analyse de système critique

4.1 Analyse du volume

- Volume = (Aire du grand rapporteur + Aire du petit rapporteur) x épaisseur de l'acier
- Les deux rapporteurs ont le même rayon qui est de 5 pouces puisque le client veut un rapporteur avec un diamètre de 10 pouces. De plus, le petit comporte un vide qui aurait un diamètre de 6 pouces. L'acier est galvanisé et de calibre 26 ce qui veut dire qu'il a une épaisseur de 0.0247 pouces.
- Aire du grand rapporteur = Aire d'un cercle/2 = $(\pi * (5'')^2)/2 = 39.27''^2$
- Aire du petit rapporteur = Aire d'un cercle /4 - Aire du vide = $((\pi * (5'')^2)/4) - ((\pi * (3'')^2)/4) = 12.57''^2$
- Volume = $(39.27''^2 + 12.57''^2) * 0.0247 = 1.26''^3$
- Nous n'avons pas de spécification cibles cependant le client veut que le système soit compact et assez facile à transporter. Puisque le volume et l'air sont assez petits, nous pensons respecter les demandes du client.

4.2 Analyse du poids

- Poids total = poids des rapporteurs + poids des tiges + poids du niveau
- Le poids des tiges est de 0.02 Kilogrammes ce qui est équivalent à 0.044092452 livres. La masse volumique de l'acier est de 8 g/cm³ ce qui est équivalent à 0.289 livres/pouces³.
- Nous allons ajouter un niveau listée dans les références qui coûte 12.98 \$ ce qui élèverait notre coût total à 61.56 \$. Le poids de ce niveau est de 60 grammes ce qui équivaut à 0.132277 livres.
- Poids des rapporteur = volume * masse volumique = $1.26''^3 * 0.289 \text{ lb}''^3 = 0.36414 \text{ lb}$.
- Poids total = $0.36414 \text{ lb} + 0.132277 \text{ lb} + 0.044092452 \text{ lb} = 0.5405 \text{ livres}$.
- Nous n'avons pas de spécification cibles cependant le client veut que le système soit assez léger afin de mieux adhérer aux surfaces et de ne pas tomber à cause du poids. Puisque le poids est assez léger, nous pensons respecter les demandes du client.

4.3 Analyses restantes

- Nous ne savons pas si les ventouses vont être capable de supporter le poids et d'adhérer à toutes les surfaces il faudra faire des test.
- De même pour la précision, le métal semble assez mince dont il ne devrait pas impacter la précision mais nous devons aussi faire des tests afin de vérifier notre hypothèse.

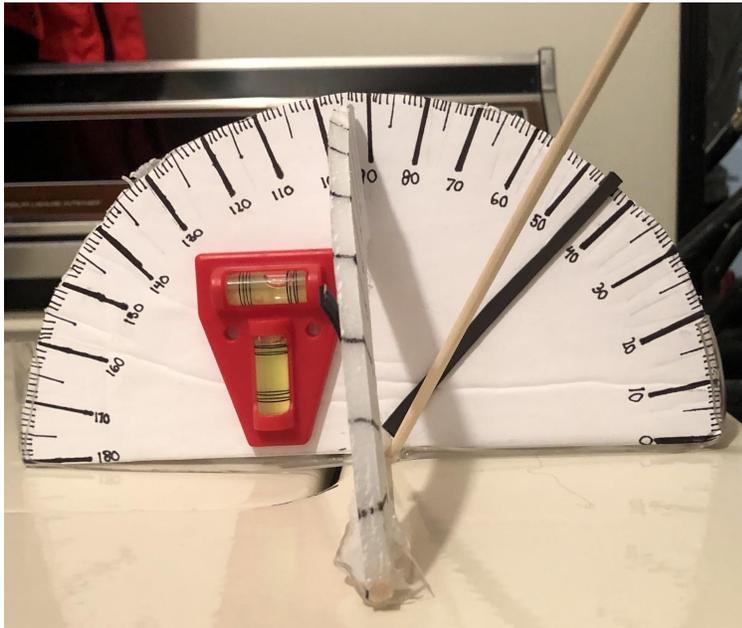
5. Documentation du plan d'essai de prototypage

Lors de ce livrable nous avons réalisé plusieurs tests. Tous ces tests nous ont permis de déterminer quelles fonctionnalités fonctionnent bien et quelles fonctionnalités doivent être améliorées.

Dans notre plan d'essai de prototypage nous avons listés 8 tests, leurs détails et leur critère d'arrêt. Ci-dessous nous allons noter les résultats de ces tests et les modifications apportées.

5.1 Test 1

Le test #1 vérifie la grandeur de notre outil afin d'assurer une précision maximale. Nous voulons que notre outil soit assez petit afin qu'il soit portable mais nous voulons aussi qu'il soit assez grand afin qu'on puisse bien voir les mesures d'angles et que les résultats soit le plus précis possible.



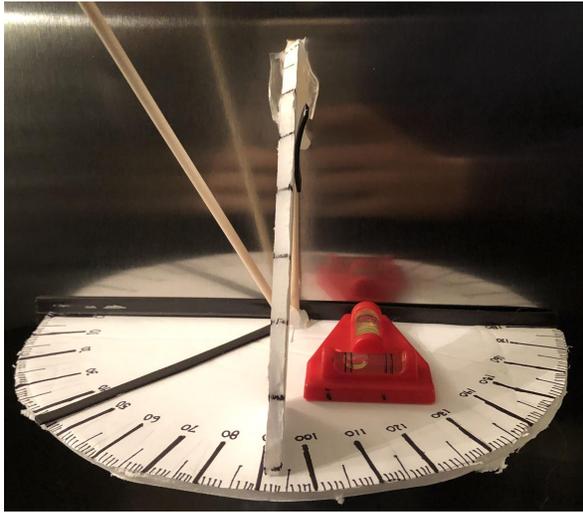
Comme vous pouvez le voir dans l'image ci-dessus il est difficile de lire l'angle au la tige est placée. On peut aussi voir qu'il est difficile de lire l'angle ou la tige aimantée est placée. En plus la tige utilisée dans le prototype est plus mince que la tige réellement utilisée pour l'outil actuel donc les résultats seront encore moins précis. Il faut donc agrandir l'outil afin de pouvoir mieux lire les angles.

Nous n'avons pas eu assez de temps afin d'agrandir l'outil lors de ce livrable donc, lors du prochain livrable (le prototype II) nous allons nous assurer d'agrandir l'outil afin de bien pouvoir lire les angles afin d'assurer la précision.

5.2 Test 2

Le test 2 vérifie l'épaisseur de l'outil afin d'assurer une précision maximale. L'épaisseur de l'outil jouent un grand rôle dans la précision. Si l'outil est trop épais a agrandi la marge d'erreur mais le plus mince est l'outil le plus petit est la marge d'erreur. La largeur jouent aussi un grand rôle dans le poids de l'outil. Après quelques tests nous avons déterminé qu'une largeur plus mince est plus idéale et assure une meilleure précision. Nous savons aussi que notre outil doit être mince puisque lorsque nous allons construire l'outil en acier nous ne voulons pas qu'il soit trop lourd puisqu'il ne pourra pas être soutenu.

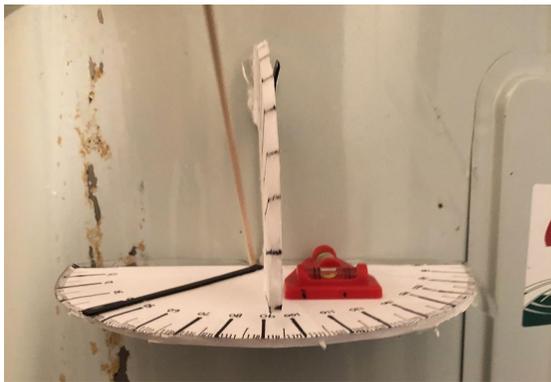
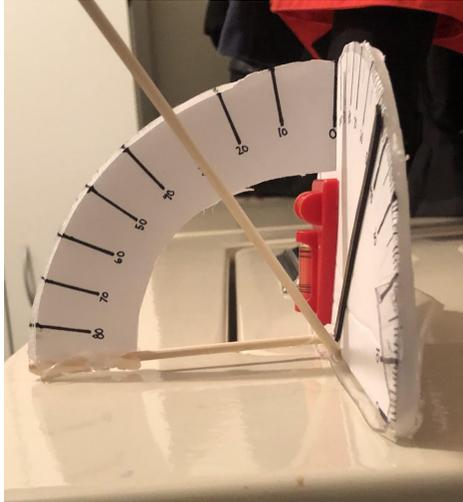
Cependant, nous avons réalisé qu'une petite largeur veut dire que nous avons une plus petite surface pour coller les ventouses et les aimants. Nous allons discuter de ce problème lors du test 3 et du test 4.



5.3 Test 3

Le test 3 vérifie l'adhérence des ventouses afin d'assurer la stabilité et l'utilisation par une personne. Il est important que l'outil puisse se soutenir par lui-même afin que l'utilisateur puisse avoir ces mains libres. Donc, nous avons décidé de coller des ventouses sur la surface droite de l'outil. Pendant les premiers tests nous avons réalisé que les ventouses ne soutiennent pas l'outil à niveau. Si l'outil n'est pas à niveau, les résultats obtenus ne sont pas bons. Afin d'améliorer l'utilité des ventouses nous avons ajouté des ventouses à la partie du quart de cercle qui touchent aux surfaces. Ceci a amélioré les résultats cependant, les résultats n'étaient pas ceux que nous espérons obtenir. Donc, lors du prochain livrable nous allons essayer de trouver des ventouses plus fortes (qui peuvent soutenir un plus grand poids) ou trouver une meilleure fonctionnalité de soutien.

** Le matériau final utilisé sera plus pesant que du carton donc, il est très important de trouver quelque chose de plus fort pour soutenir l'outil.



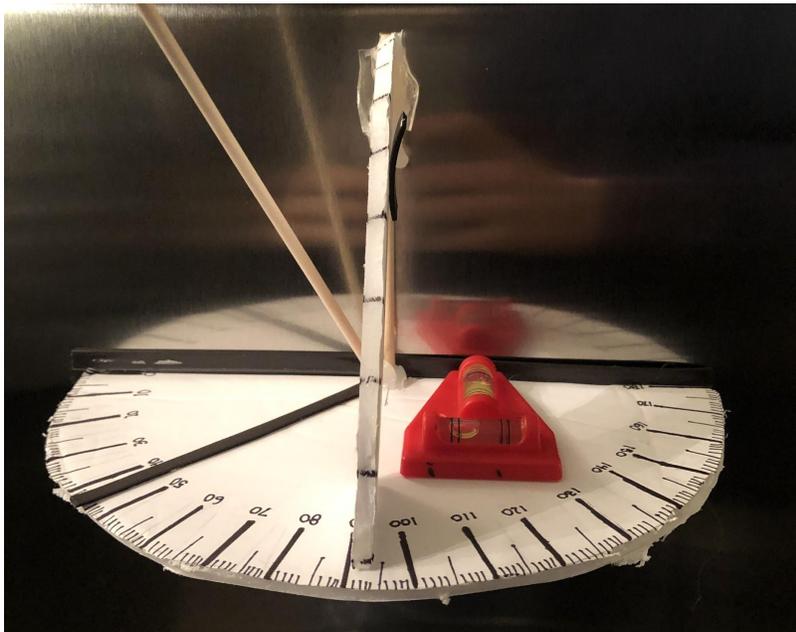
Nous avons testé les ventouses sur plusieurs surfaces. Tels que des surfaces plates, courbés, en drywall, en métal, en plastique.

5.4 Test 4

Le test 4 vérifie l'adhérence des ventouses afin d'assurer la stabilité et l'utilisation par une personne. Le test 3 vérifie l'adhérence des aimants afin d'assurer la stabilité et l'utilisation par une personne. Il est important que l'outil puisse se soutenir par lui-même afin que l'utilisateur puisse avoir ces mains libres. Donc, nous avons décidé de coller des aimants sur la surface droite de l'outil. Pendant les premiers tests nous avons réalisé que les aimants ne soutiennent pas l'outil à niveau. Si l'outil n'est pas à niveau, les résultats obtenus ne sont pas bons. Afin d'améliorer l'utilité des aimants nous avons ajouté des aimants à la partie du quart de cercle qui touchent aux surfaces. Ceci a amélioré les résultats cependant, les résultats n'étaient pas ceux que nous espérons obtenir. Donc, lors du prochain livrable nous allons essayer de trouver des aimants plus forts (qui peuvent soutenir un plus grand poids) ou trouver une meilleure fonctionnalité de soutien.

** Le matériau final utilisé sera plus pesant que du carton donc, il est très important de trouver quelque chose de plus fort pour soutenir l'outil.

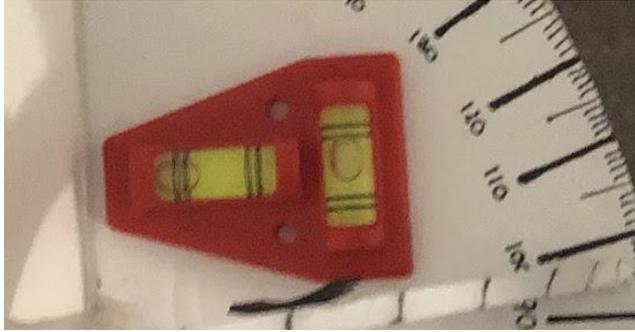
** Les aimants seront utilisés au lieu des ventouses pour des surfaces aimantées.



Nous avons testé les aimants sur le réfrigérateur puisqu'il est aimanté.

5.5 Test 5

Le test 5 vérifie l'utilité du niveau afin d'assurer une précision maximale. Nous avons testé le niveau en mettant le niveau sur le demi-cercle. Nous avons ensuite vérifié s'ils pouvaient déterminer quand l'outil est à niveau et quand il n'est pas. Dès le premier test nous avons déterminé que le niveau est idéal et est très fonctionnel. Ils nous permettent d'assurer une précision maximale.



** ici on peut voir que l'outil n'est pas bien placé puisque les bulles ne sont pas centrées, il faut donc changer la position du niveau jusqu'à tant qu'il soit centré.

5.6 Test 6

Le test 6 vérifie l'utilité et la précision du vide dans le rapporteur vertical. En testant les autres fonctionnalités de ce prototype nous avons été capable de réaliser que le vide dans la rapporteur aide avec la précision. Cependant, en raison du manque de temps et de matériel nous n'avons pas été capable de tester spécifiquement et en détail cette fonctionnalité. Puisqu'elle joue un rôle important dans la précision de cet outil donc lors du prochain livrable nous allons tester cette fonctionnalité en premier.

5.7 Test 7

Le test 7 vérifie l'utilité de la tige aimantée. La tige aimantée est placée sur la surface horizontale (le demi cercle) en fonction de la tige. Elle est collée sur le demi cercle sur l'angle horizontal représenté par la tige afin de pouvoir recueillir plus de données même après avoir enlevé la tige. Dès le premier essai, nous avons réalisé que la tige aimantée était idéale. Pour ce prototype nous avons utilisé un morceau de ruban aimantée pour représenter une tige aimantée. Lors du prochain prototype nous aimerions utiliser une vraie tige aimantée et de l'acier pour notre surface horizontale afin de pouvoir confirmer que cette fonctionnalité fonctionne comme voulu.



** Lors du test on place la tige aimantée juste en dessous de la tige en bois. Pour plus tard l'utiliser pour lire l'angle

5.8 Test 8

Le test 8 vérifie que tous les angles dans les différents axes soient atteignables. Lors de ce test nous avons ajouté utiliser la tige pour voir les angles. À l'aide de différentes vues de caméra nous pouvons voir que les angles sont tous atteignables. Par contre, ce que nous aimerions changer pour le prochain prototype

c'est la précision et la grosseur de la lecture d'angles afin qu'on puisse mieux voir les angles et obtenir des résultats plus précis.

**** Voir les images des sections plus hautes**

6. Rétroaction

Afin de pouvoir recueillir le plus de rétroaction possible nous avons demandé à plusieurs personnes dans notre entourage de nous donner de la rétroaction au sujet de notre prototype #1. Nous avons divisé leur rétroaction en deux sections points forts et points faibles/suggestions.

6.1 Points forts

- Plusieurs fonctionnalité qui permet à l'outil d'être utilisé par une personne
- Facile à utiliser
- Concept simple et facile à comprendre
- Bonne idée que l'outil soit détachable afin de bien se ranger
- Le niveau est bon afin d'assurer qu'il soit bien droit et d'assurer la précision
- Plusieurs fonctionnalités qui assure la précision
- L'outil est léger et facile à transporter

6.2 Points faible/suggestions

- Les fonctionnalités utilisées pour l'adhérence aux surfaces doivent être améliorées afin de mieux soutenir l'outil.
- Agrandir l'outil un peu
- Trouver des aimants plus fort
- Trouver des ventouses plus fortes
- S'assurer que l'outil puissent entrer dans des coins
- S'assurer que les différentes fonctionnalités sont bien attachés ensemble

Par conséquent, les rétroactions que nous avons reçues vont certainement pouvoir nous aider à améliorer notre outil. Nous allons garder toutes ces suggestions en considération lors de la construction de notre prochain prototype.

7. Conclusion

Pour conclure, au cours de ce livrable nous avons réalisé le premier prototype de notre projet de conception. Ainsi, grâce à la rétroaction du client, nous avons pu établir un prototype qui est la base même du produit final de notre projet en tenant compte de ce que le client nous a recommandé. Dans le but de savoir si notre prototype est souhaitable, la rétroaction basée sur les avis et opinions du client est primordiale afin de savoir ce qu'on peut améliorer dans notre projet.

De plus, ce prototype nous a fait réaliser qu'il est difficile de tester un outil qui n'est pas fait du vrai matériel. Donc, nous aimerions construire le prochain prototype à partir d'acier afin de pouvoir réaliser plus de tests qui nous permettront de mieux réaliser les tests de précision, et d'utilisation par une personne.

8. Références

AQUAMERIK. (n.d.). *Table de l'épaisseur d'une feuille de métal*. [online] Available at: <https://www.aquamerik.com/documentation/tables-de-conversion/table-de-lepaisseur-dune-feuille-de-metal/> (Page consultée le 7 mars 2021)

Lot de 2 niveaux magnétiques Torpedo à 3 bulles pour usage domestique Noir 15,2 cm
https://www.amazon.ca/-/fr/niveaux-magn%C3%A9tiques-Torpedo-bulles-domestique/dp/B07TT4Y64K/ref=asc_df_B07TT4Y64K/?tag=cafrdeshadgo-20&linkCode=df0&hvadid=459470380729&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=4928823920814276517&hvpon=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmld=&hvlocint=&hvlocphy=1002549&hvtargid=pla-910365578099&psc=1
(Page consultée le 7 mars 2021)

Tige aimante,"Magnetic Stick Extending Telescopic Rod Stick Pick Up Tool Magnet Handheld Tool(Silver)"
https://www.amazon.ca/Zerodis-Telescopic-Magnetic-Extending-Handheld/dp/B07DNZJQ5V/ref=sr_1_3?crid=21KW7CDV2HUAP&dchild=1&keywords=tige+aimant%C3%A9&qid=1614517709&srefix=tige+aiman%2Caps%2C291&sr=8-3
(Page consultée le 7 mars 2021)

Plaque d'acier:"paulin tôle d'acier 12x18 po de calibre 26-galvanisé"
<https://www.homedepot.ca/produit/paulin-tole-d-acier-12-x-18-po-de-calibre-26-galvanisee/1000861560>
(Page consultée le 7 mars 2021)