

Livrable de projet G

Prototype II et rétroaction de clients

GNG 1503 - Génie de la conception
Faculté de génie - Université d'Ottawa

Charlotte Faragher
Koffi Martin Kouadio
Ulrich Donovan Njengoue Ndjiemeue
Sofia Oickle
Imane Doriane Ouédraogo

Professeur : Emmanuel Bouendeu



uOttawa

Table des matières

Table des matières	2
1. Introduction	3
2. Rétroaction de la cliente	3
Rétroaction en lien avec les pièces d'assemblage :	3
Rétroaction en lien avec les pièces de jonction :	3
Résumé :	4
3. Développement du deuxième prototype	4
Résultats prototype II :	7
<i>Figure 2 : Code utilisé pour tester le prototype</i>	8
4. Documentation du plan d'essai	10
<i>Tableau 3: Plan de prototypage et d'essai</i>	10
5. Résultats des test et analyse	11
Analyse	12
Critères fonctionnels	12
Critères non-fonctionnels	13
Contraintes	13
6. Rétroactions et commentaires des clients/utilisateurs	14
7. Plan d'essai de prototypage pour le troisième prototype	15
<i>Tableau 5 : Plan de prototypage et d'essai</i>	15
8. Conclusion	16

1. Introduction

Ce document porte sur le développement de notre deuxième et sur l'élaboration d'un plan d'essai détaillé pour le troisième. Ainsi, au cours de notre troisième rencontre avec le client, nous avons présenté notre premier prototype ainsi que notre concept pour le deuxième. La rétroaction recueillie servira à la réalisation de ce prototype. Pour de présenter un travail de qualité, nous allons d'abord décrire la rétroaction reçue et expliquer comment elle sera appliquée pour améliorer le prototype. Ensuite, nous allons développer un prototype satisfaisant toutes nos spécifications cibles et objectifs. De plus, nous allons documenter notre plan d'essai pour ce prototype et aussi les résultats obtenus qui vont servir à l'analyse. Par ailleurs, nous allons recueillir auprès d'utilisateurs que nous aurons nous-mêmes choisis, des commentaires qui pourront nous servir à l'amélioration du prototype. Enfin, nous élaborerons un plan d'essai de prototypage pour notre prochain prototype.

2. Rétroaction de la cliente

Rétroaction en lien avec les pièces d'assemblage :

La cliente a mentionné qu'elle trouve que nos pièces d'assemblage sont trop longues. C'est une caractéristique non favorable dans le cadre de notre projet, puisque cela signifierait que les élèves pourraient construire des structures beaucoup trop grosses. Par conséquent, il serait peut-être difficile de faire fonctionner notre appareil de mesure correctement et obtenir des résultats précis, car ce dernier requiert une structure ne dépassant pas sa grandeur. Concevoir un « kit » pour construire des structures avec des pièces d'assemblages trop grandes nous empêcherait de s'assurer que ces structures soient d'une grandeur acceptable pour permettre un bon fonctionnement à notre appareil de mesure. Ainsi, pour améliorer notre solution, nous allons couper nos pièces d'assemblage en deux ou en trois (la mesure est encore à déterminer).

Rétroaction en lien avec les pièces de jonction :

La cliente nous a signalé qu'il est important que nos pièces de jonction permettent d'avoir une structure stable. Elle nous a recommandé de diminuer la grosseur du filament utilisé pour

imprimer ces pièces. C'est ce que nous envisageons faire pour améliorer notre solution. Nous envisageons faire cela dès le début. Les pièces que nous lui avons montrées ne sont que des prototypes, nous les avons imprimées avec moins de précision pour les obtenir rapidement et simplement évaluer si c'était une solution envisageable.

Résumé :

À la suite de la rencontre avec la cliente, nous envisageons réduire la longueur des pièces d'assemblage et augmenter la précision d'impression de nos pièces de jonction. De cette manière, il sera possible pour nous d'assurer que notre solution soit la plus fonctionnelle et performante.

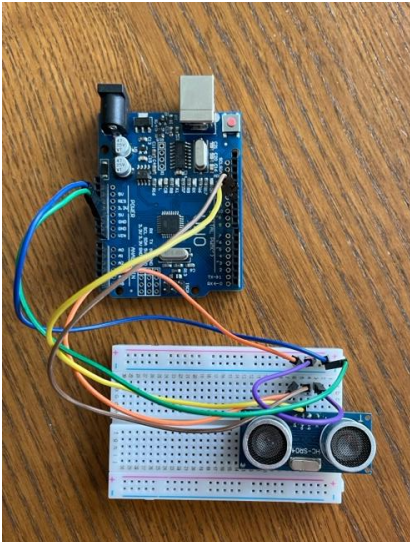

3. Développement du deuxième prototype

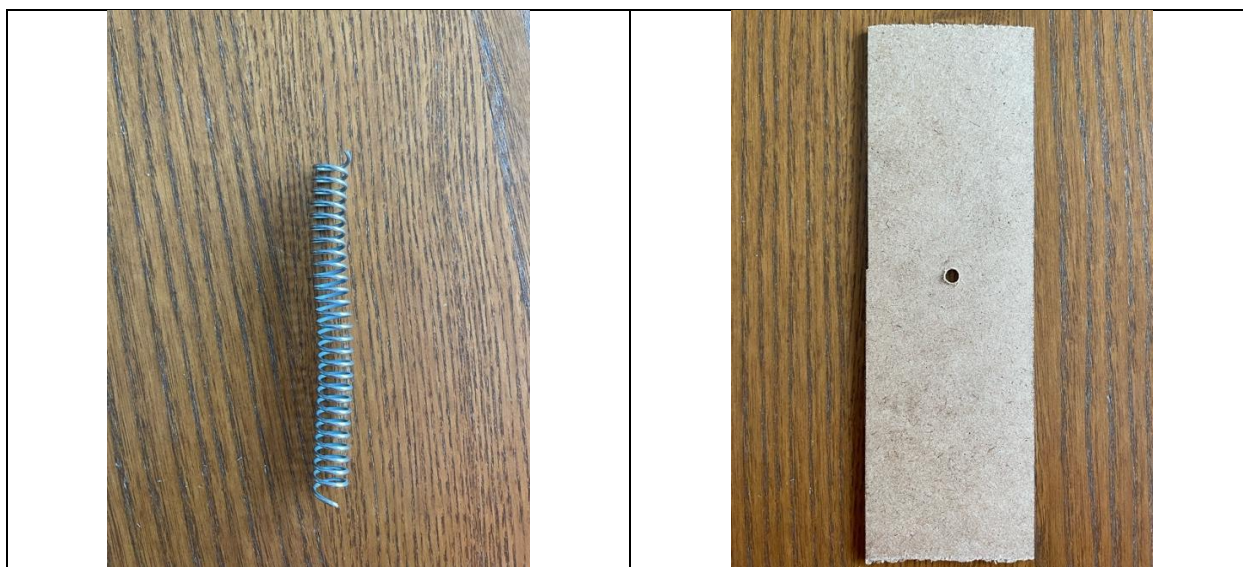
Après avoir conçu notre premier prototype, nous avons procédé à la construction de notre deuxième prototype pour tester la performance de l'appareil de mesure, ce qui était fait le 9 novembre. Dans le premier prototype, on a réussi à tester les dimensions et connectivité des pièces d'assemblages avec les pièces de jonction et connecteurs. Les résultats ont montré que la structure formée n'était pas très stable, mais a pris moins de temps à construire que prévu (12 minutes et 30 secondes). Au lieu de supporter 50 lb, ça pouvait supporter que 7 lb, et la maniabilité n'était pas bien. Il y avait de flexibilité et les matériaux sont très accessibles, et c'était 7/10 en concernant l'esthétique. On a trouvé que c'était divertissant comme construction avec une bonne durée de vie, mais la fiabilité était très faible. Le coût des pièces d'assemblage a dépassé la valeur cible, mais on a aussi les mauvaises dimensions présentement, donc les dimensions des structures créées ne sont pas correctes non plus. Ce étant dit, on n'a pas la quantité cible de pièces encore, ce qui nous montre qu'il faut réduire les coûts dans une autre aspect. Pour y arriver, nous avons conçu la plaque Arduino et la « breadboard ». Nous avons mis les fils (6 fils) et le dispositif nécessaire au bon fonctionnement de notre prototype, le capteur de distance et imprimé à l'imprimante 3D une de nos barres de support à plus petite échelle (voir tableau 1). Un problème que nous avons rencontré était le type de ressort utilisé. En le manipulant, nous avons observé qu'il serait plus complexe d'utiliser un ressort à extension plutôt qu'à compression puisque la partie en « crochet » (voir figure 1) rendrait cela impossible de passer la barre en plastique à travers, et ce sans l'étirer. Par conséquent, la constante de

rappel du ressort serait altérée et donc, les forces mesurées par notre appareil de mesure ne seraient pas réelles. Ainsi, pour pouvoir faire nos tests, nous avons coupé et étiré le ressort (il a alors été impossible d'effectuer un test précis qui mesurerait la force de rappel du ressort). Nous avons aussi utilisé une petite plaque de bois pour simuler la plaque supérieure de notre solution finale. Avec notre prototype conçu (voir tableau 1), il fût possible de débiter la série de tests (voir tableau 2). Nous avons comparé (1) la distance entre le capteur de distance et la plaque supérieure, mesurée avec une règle, avec (2) la distance entre le capteur de distance et la plaque supérieure, mesurée par le capteur de distance.

Il est également important de constater que nous avons imprimé les réelles barres que nous allons utiliser. Nous n'avons pas décidé de modifier la taille de ces dernières mais nous allons plutôt modifier la taille de notre prototype I, qui se trouvait à être très large (voir rétroaction de la cliente pour plus de précisions).

Tableau 1 : Composantes et prototype II final

<p>Arduino et breadboard :</p> 	<p>Barre de support :</p> 
<p>Ressort :</p>	<p>Plaque :</p>



Prototype II :

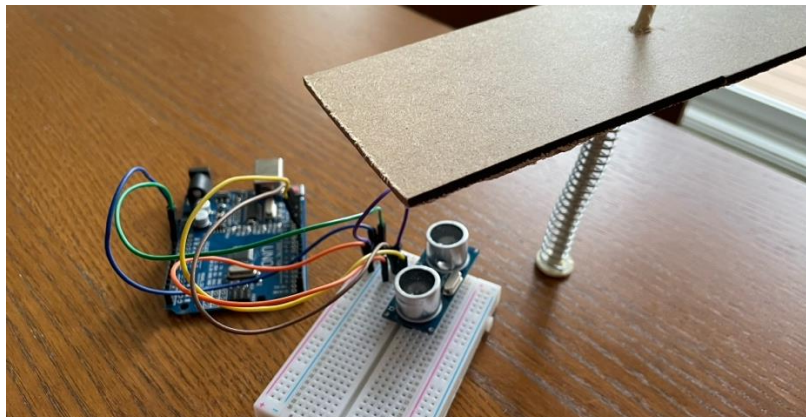


Figure 1 : Ressort d'extension

Tableau 2 : Résultats du test du prototype II

No essai	(1) Distance mesurée entre la plaque et le capteur de distance (en cm)	(2) Distance affichée entre la plaque et le capteur de distance (en cm)	Différence entre (1) et (2) (en cm)	Résultat conclusif (différence ≤ 0.5 cm)
----------	---	--	---	--

1	7.1	7	0.1	Oui
2	6.5	6	0.5	Oui
3	5.4	5	0.4	Oui
4	4.9	4	0.9	Non
5	3.9	3	0.9	Non

Résultats prototype II :

D'après les résultats obtenus, il est possible de constater que notre dispositif n'offre pas beaucoup de précision. En effet, il semble qu'il affiche, par exemple, 6 cm pour toutes les distances réelles se trouvant dans l'intervalle de [6.0 – 6.9]. Cela dit, il est intéressant de voir quelle différence cela apporte aux forces mesurées :

$F = K \cdot \Delta X$ Supposons ici que
 $K = 15 \text{ N/m}$
 $\Rightarrow \Delta X = X_f - X_i$
 et que $X_i = 10 \text{ cm}$

① Force de rappel quand $X_f = 6 \text{ cm}$
 \Rightarrow ressort compression
 $F = -15 \text{ N/m} \cdot (6 - 10)$
 $= 60 \text{ N}$

② Force de rappel quand $X_f = 6.9 \text{ cm}$
 $F = -15 \text{ N/m} \cdot (6.9 - 10)$
 $= 46.5 \text{ N}$

En se fiant à ces calculs, il devient évident que le degré de précision de notre Arduino est un aspect crucial à un fonctionnement précis et représentatif de notre appareil de mesure. En effet, dans ce cas-ci une différence de 0.9 cm représente une différence 13.5 N. Ainsi, il est impératif de régler notre code pour augmenter notre niveau de précision. Serait-il préférable de calculer X_f en mm ?

Nous avons également déterminé qu'il serait préférable d'utiliser un ressort à compression (les calculs plus haut prennent en compte cela). Cela dit, nous avons modifié le code utilisé pour les tests du prototype (figure 2) en prévision de la solution finale (figure 3).

```

#include <NewPing.h>

#define TRIGGER_PIN 12
#define ECHO_PIN 11
#define MAX_DISTANCE 200

NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  delay(50);
  Serial.print(sonar.ping_cm());
  Serial.println("cm");
}

```

Figure 2 : Code utilisé pour tester le prototype

```

#include <NewPing.h>

#define TRIGGER_PIN 12
#define ECHO_PIN 11
#define MAX_DISTANCE 20
#define K // constante de rappel du ressort
#define X // position initiale du ressort

NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  delay(50);
  Serial.print("Ping: ");
  Serial.print((sonar.ping_cm()-X)*-K);
  Serial.println("N"); //afficher un résultat en Newtons
}

```

Figure 3 : Code modifié pour l'utiliser pour la solution finale

4. Documentation du plan d'essai

Tableau 3: Plan de prototypage et d'essai

Prototypes					Tests			
No	Type	Objectif	Fidélité	Date	Objectif	Méthode	Usage	Date/ Durée
1	Ciblé physique	Performance des pièces d'assemblage	Faible	28 Oct. (Terminé)	Évaluer la durée de vie des pièces de jonction et d'assemblage	Créer les pièces nécessaires et tester leur durée de vie par leur durabilité. C'est-à-dire de soumettre les pièces en question à différentes forces (les plier, les comprimer, etc.).	Enregistrer la flexibilité, durabilité, maniabilité et durée de vie des pièces d'assemblages et de jonction.	30 Oct. Durée de 1h (Terminé)
2	Ciblé physique	Performance de l'appareil de mesure	Moyenne	4 Nov. (Terminé)	Évaluer le degré de précision et de fidélité ainsi que le poids maximal supporté de notre concept.	Appliquer des forces sur la base supérieure et mesurer la force appliquée.	Enregistrer la force maximale qui peut être mesurée par notre appareil de mesure.	6 Nov. Durée de 1h (Terminé)
3	Complet physique	Performance de notre concept	Haute	11 Nov. (À venir)	Évaluer la durabilité, stabilité, la durée de vie et l'accessibilité du concept en entier.	Simuler une situation de construction de structure (construire une structure avec les pièces d'assemblage et tous les types de pièces de jonction) et soumettre cette structure à des forces et mesurer ces dernières à l'aide de l'appareil de mesure.	Déterminer si notre concept convient aux besoins du client en s'assurant qu'il est conforme aux exigences fonctionnelles, non-fonctionnelles et aux contraintes.	13 Nov. Durée de 1h (À venir)

5. Résultats des test et analyse

Tableau 4: Résultats des Tests & Commentaires

Prototype 2	Critère Fonctionnel	Valeur Mesurée	Valeur Ciblée	Observation/Commentaire
	Stabilité	= Oui	= Oui	Satisfait à la spécification cible
	Connectivité d'électronique	= Oui	= Oui	Satisfait à la spécification cible
	Poids supporté	>50lbs	= 50lbs	Satisfait à la spécification cible
	Accessibilité	= Oui	= Oui	Satisfait à la spécification cible
	Interface facile d'utilisation	= Oui	= Oui	Satisfait à la spécification cible
	Critère Non-Fonctionnel			
	Esthétique	= 5/10	= Oui	Satisfait à la spécification cible
	Divertissant	= Oui	= Oui	Satisfait aux exigences
	Durée de vie	>5 ans	= 5 ans	Satisfait à la spécification cible
	Fiabilité	= Oui	= Oui	Satisfait à la spécification cible
	Niveau de précision	= Arrondi au chiffre entier le plus petit(par exemple affiche 6cm pour une valeur réelle de 6.9cm)	= 1-2 décimales	Insatisfait à la spécification cible

	Contrainte			
	Coût	= 34.99\$CAD	= 50\$CAD	Satisfait à la spécification cible
	Dimensions de la structure	= 127.5 po^3	= 8 po^3	Insatisfait à la spécification cible
	Poids	= 5lbs	= 25 à 35lbs	Satisfait à la spécification cible

Analyse

Critères fonctionnels

Nous avons pour objectifs avec ce prototype de parvenir à développer un appareil de mesure stable, capable d'être connecté à un ordinateur, accessible, facile d'utilisation et capable de supporter un poids de 50lbs. Après nos différents tests, nous avons pu remarquer que le prototype était effectivement stable et nous sommes également arrivés à le connecter plusieurs fois à un ordinateur sans aucun problème. Aussi, nous avons déterminé que le prototype était facile à utiliser puisqu'il ne suffit que de déposer la charge sur la plaque supérieure et de connecter l'appareil à un ordinateur pour voir les valeurs des forces qui s'affichent sur l'écran. En plus, il est accessible à tous du fait de la facilité d'utilisation mais aussi parce que les valeurs des forces sont affichées clairement à l'écran et il n'y a aucun problème de barrières de langues. Par rapport à sa capacité à supporter les charges, nous estimons qu'avec nos capteurs nous pourrions mesurer des charges pesant jusqu'à 50lbs. Cependant nous devons apporter des modifications à la structure dans laquelle seront contenus les capteurs, qui, présentement ne supporte pas de lourdes charges. Cela est dû au fait que nous n'avons utilisé qu'une petite planche de bois comme support pour les charges à cause d'un manque de temps pour réaliser la structure qu'on avait en tête (une boîte en bois).

Ainsi, pour parvenir à atteindre tous nos objectifs, nous allons d'abord modifier notre instrument en mettant nos pièces électroniques dans une boîte faite de planche en bois. Cela permettra d'avoir un instrument encore plus stable, capable de supporter

des charges plus lourdes. Concernant l'accessibilité, la connectivité d'électronique, la facilité d'utilisation, nous sommes satisfaits des résultats des tests visant à les évaluer. Nous ne planifions donc pas de changements à faire à propos de ces critères-là.

Critères non-fonctionnels

Les aspects esthétique, divertissant, fiable, ainsi que la durée de vie et le niveau de précision ont été définis comme critères non-fonctionnels. Nous avons réalisé un sondage auprès de quelques utilisateurs que nous avons identifiés et nous avons obtenu une moyenne de 5/10. Nous estimons donc que notre prototype n'est pas esthétique. Le fait que la plaque supérieure ait la capacité de descendre et remonter grâce au ressort qui la soutient, rend ce prototype assez divertissant surtout pour des enfants. Concernant la fiabilité, après de nombreux essais, nous estimons qu'il n'y a aucun risque que l'appareil ne s'éteigne en cours d'utilisation. Nous avons également estimé à plus de 5 ans la durée de vie de notre prototype sachant que la planche utilisée pour soutenir les charges est faite de bois qui est un matériau très durable. Aussi, les pièces électroniques sont estimées à avoir une durée de vie de plus de 7 ans. En ce qui concerne le niveau de précision, les valeurs données par l'instrument ne sont pas très précises. En effet, on peut voir s'afficher une valeur de 6 cm pour toutes les distances réelles se trouvant dans l'intervalle de [6.0 – 6.9], ce qui est clairement en dessous de nos attentes.

Afin d'obtenir un prototype final le plus esthétique possible, nous allons remplacer la planche utilisée par une boîte en bois dans laquelle sera placée les composantes électroniques. Aussi, nous allons procéder à changer notre ressort d'extension pour un ressort de compression afin d'obtenir des résultats les plus précis possibles. Nous sommes satisfaits des résultats obtenus lors des tests pour nos autres critères non-fonctionnels.

Contraintes

Nous étions confrontés à des contraintes de coût, de dimensions et de poids de l'appareil. Concernant le coût, nous avons profité de la gratuité des services de découpe laser et d'imprimerie 3D afin d'obtenir les planches utilisées et les bâtons qui les supportent. Ainsi, nous n'avons acheté que les composantes électroniques et les ressorts ce qui nous est revenu à un prix total de 34.99\$ bien inférieur aux 50\$ ciblés. Par rapport au poids de l'instrument, il est relativement léger. Il pèse bien en dessous de la valeur de 25lbs ciblée. Le transport de l'appareil devrait donc être facile pour les instructeurs. Aussi,

les dimensions actuelles de l'appareil de mesure ne satisfont pas les valeurs ciblées et après avoir apporté les modifications que nous avons en tête (remplacer la plaque de bois par une boîte), les dimensions de la boîte ne satisferont pas non plus nos valeurs ciblées de dimensions.

Nous estimons que même après avoir apporté les changements mentionnés précédemment (mettre les composantes électroniques dans une boîte, prendre plutôt des ressorts de compression), notre prototype satisfera nos contraintes en dehors de celle de dimensions. Cependant il n'est pas possible pour nous de satisfaire à cette contrainte car il faut que l'appareil soit assez haut pour contenir les pièces électroniques et les ressorts. Il doit aussi être assez large pour que les structures faites par les élèves puissent tenir confortablement sur la surface supérieure de l'instrument. Ce sont pour ces raisons que notre instrument de mesure aura un volume de plus de $8po^3$.

6. Rétroactions et commentaires des clients/utilisateurs

Rétroaction de client 1:

Le premier client a pensé que c'était bon comme prototype, impressionné avec le code et concept d'utiliser la loi d'Hooke. Mais ce qui lui concerne principalement était en rapport du prix. Il pense que c'est trop cher et s'inquiète de comment on serait capable de réduire le prix gardant en tête la bonne quantité des pièces et l'instrument de mesure par une groupe d'à peu près 30 élèves.

Rétroaction de client 2:

Ce client était content avec les idées et le principe du deuxième prototype. Il se questionnait sur comment les forces étaient appliquées et si la manière d'appliquer la force était constante. Il voulait assurer que les mesures prises manuellement étaient aussi documenter précisément. Il se questionnait sur le niveau de précision et pourquoi l'appareil ne le lisait pas aussi bien dépendant des distances.

7. Plan d'essai de prototypage pour le troisième prototype

Tableau 5 : Plan de prototypage et d'essai

Prototypes					Tests			
No	Type	Objectif	Fidélité	Date	Objectif	Méthode	Usage	Date/ Durée
1	Ciblé physique	Performance des pièces d'assemblage	Faible	28 Oct. (Terminé)	Évaluer la durée de vie des pièces de jonction et d'assemblage	Créer les pièces nécessaires et tester leur durée de vie par leur durabilité. C'est-à-dire de soumettre les pièces en question à différentes forces (les plier, les comprimer, etc.).	Enregistrer la flexibilité, durabilité, maniabilité et durée de vie des pièces d'assemblages et de jonction.	30 Oct. Durée de 1h (Terminé)
2	Ciblé physique	Performance de l'appareil de mesure	Moyenne	4 Nov. (Terminé)	Évaluer le degré de précision et de fidélité ainsi que le poids maximal supporté de notre concept.	Appliquer des forces sur la base supérieure et mesurer la force appliquée.	Enregistrer la force maximale qui peut être mesurée par notre appareil de mesure.	6 Nov. Durée de 1h (Terminé)
3	Complet physique	Performance de notre concept	Haute	11 Nov. (À venir)	Évaluer la durabilité, stabilité, la durée de vie et l'accessibilité du concept en entier.	Simuler une situation de construction de structure (construire une structure avec les pièces d'assemblage et tous les types de pièces de jonction) et soumettre cette structure à des forces et mesurer ces dernières à l'aide de l'appareil de mesure.	Déterminer si notre concept convient aux besoins du client en s'assurant qu'il est conforme aux exigences fonctionnelles, non-fonctionnelles et aux contraintes.	13 Nov. Durée de 1h (À venir)

Les critères d'arrêt :

- Test 1: Il sera possible d'arrêter les tests lorsque nous aurons réussi à assembler les pièces avec facilité et qu'elles auront prouvé qu'elles brisent difficilement (c'est-à-dire que nous allons être capables de les manipuler aisément et avec ardeur).
- Test 2: Il sera possible d'arrêter ce test lorsque nous serons parvenus à mesurer une même force à plusieurs reprises (5) et que la force affichée demeure constante. Il faudra également répéter cette étape avec de nombreuses différentes forces (au moins 3).
- Test 3: Nous pourrons cesser les tests lorsque l'ensemble des pièces permet la construction d'une structure stable (en créer 3) et lorsque nous avons vérifié que le capteur de force fonctionne de la bonne manière (mesurer les forces appliquées 3 fois pour vérifier la consistance et ajouter progressivement les forces).

Les objectifs :

- ☐ Recevoir de la rétroaction sur les sous-systèmes
- ☐ Vérifier la faisabilité
- ☐ Analyser les sous-systèmes
- ☐ Augmenter la précision des mesures
- ☐ Observer les liens entre sous-systèmes et l'efficacité

8. Conclusion

Le développement de ce prototype a permis de déterminer les différents points à améliorer afin que nous puissions obtenir à la fin de ce projet, un produit satisfaisant tous les critères et contraintes prédéfinis. Nous nous aiderons également des observations faites lors des tests et des commentaires reçus afin d'améliorer encore plus ce prototype.