

# **Livrable de projet F**

## **Prototype I 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 .....	1
1.Introduction .....	2
2. Rétroaction de la cliente .....	2
Rétroaction en lien avec les pièces d'assemblage .....	2
Rétroaction en lien avec les pièces de jonction .....	2
Rétroaction en lien avec l'appareil de mesure .....	2
Autres .....	3
Résumé .....	3
Figure 1 : Conception détaillée de l'appareil de mesure .....	4
3. Développement du premier prototype .....	4
Figure 2-3-4-5 : Premier prototype.....	5
4. Une analyse simple des pièces de jonctions.....	5
5. Documentation du plan d'essai .....	7
Tableau 3: Résultats des Tests & Commentaires .....	8
Analyse.....	10
6. Rétroaction et commentaires du prototype et spécifications cibles .....	12
Tableau 4 : Spécifications cibles .....	12
7. Conclusion .....	15

## 1.Introduction

L'objectif de ce livrable était de développer et tester notre premier prototype et aussi d'élaborer un plan d'essai détaillé pour le deuxième. Ainsi, nous nous sommes d'abord servis de la rétroaction de notre cliente pour modifier nos concepts et nous avons documenté cette évolution de nos concepts ainsi que réaliser une analyse simple des pièces de jonction en 3D utilisées pour la réalisation de notre premier prototype. Ensuite, nous avons soumis notre

prototype à divers essais et nous avons comparé les résultats de ces tests à nos spécifications cibles. Enfin, nous avons fait une analyse de notre prototype incluant ce qui pourrait être fait afin d'améliorer le produit final.

## 2. Rétroaction de la cliente

### Rétroaction en lien avec les pièces d'assemblage

La cliente nous a dit qu'elle préférerait des bâtons de bois pleins comme pièces d'assemblage (similaires au type de bâtons d'assemblages 2, cylindriques et pleins). Nous avons discuté du fait que c'est plus accessible comme solution et moins complexe à concevoir (nous pouvons les acheter tels quels).

### Rétroaction en lien avec les pièces de jonction

La cliente nous a signalé qu'il est important que nos pièces de jonction offrent une variété de choix d'emplacement pour les pièces d'assemblage. Par conséquent, le concept type de pièces de jonction 5 à forme sphérique et à 12 entrées semble le plus approprié. Elle nous a dit qu'il s'agissait « d'un choix intéressant ». Cela dit, nous avons choisi de modifier le type de pièce de jonction 2 à forme cubique et à 6 entrées. Nous avons ajouté une pièce de jonction en demi-sphère à ce concept pour assurer davantage de stabilité lors de la construction de la structure. En effet, les pièces sphériques pourraient rouler et faire pivoter ou rouler la structure en question. Les pièces cubiques, quant à elles, permettent à la structure de rester stable et immobile lors de sa construction. Bref, nous n'aurons pas uniquement un modèle de pièces de jonction, mais bien deux, à la suite de la rétroaction de la cliente.

### Rétroaction en lien avec l'appareil de mesure :

Pour ce qui est de l'appareil de mesure, la cliente s'est prononcée plus enthousiaste par rapport au type d'appareil de mesure 6, système de compression et capteur. Cette idée offre une solution plus claire au problème d'appareil de mesure et semble plus simple à comprendre (avec la loi de Hooke).


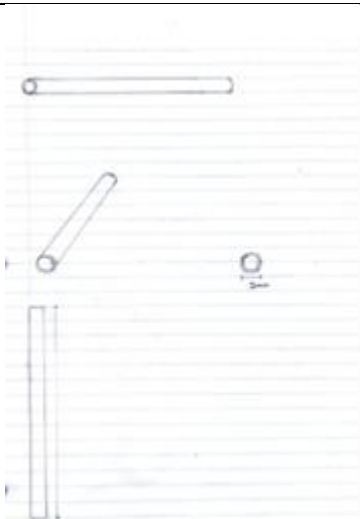
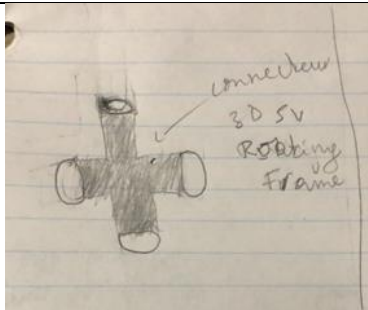
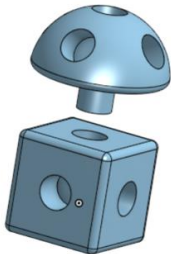
### Autres :

Elle nous a également rappelé que la structure devrait être facile à construire, une spécification cible que nous avons, depuis, ajoutée à notre liste de spécifications cibles.

## Résumé :

À la suite de la rencontre avec la cliente, nous avons complètement changé notre solution finale (voir Tableau 1). Ainsi, nous avons utilisé ses commentaires pour modifier, pas seulement nos concepts, mais aussi notre système final. De cette manière, il sera possible pour nous de focaliser nos tâches et nos idées sur les concepts qu'elle nous a signalés, nous serons mieux préparés et organisés (en général) et nous savons plus précisément de quoi notre solution finale peut avoir l'air et donc, comment y parvenir.

**Tableau 1 : Évolution de la solution finale**

Concepts	Solution finale « pré-rencontre »	Solution finale « post-rencontre »
Pièces d'assemblage		
Pièces de jonction		

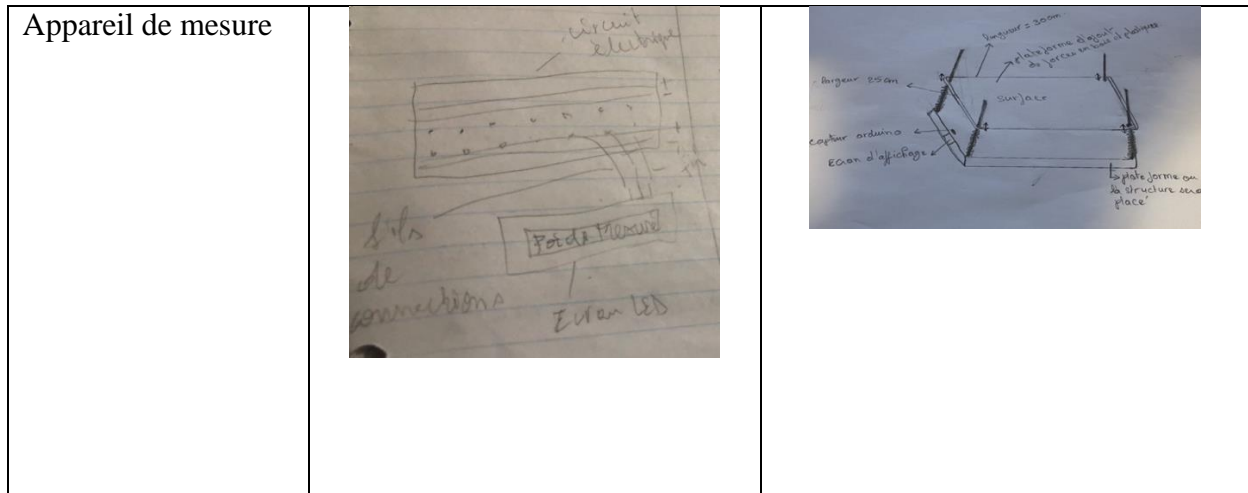
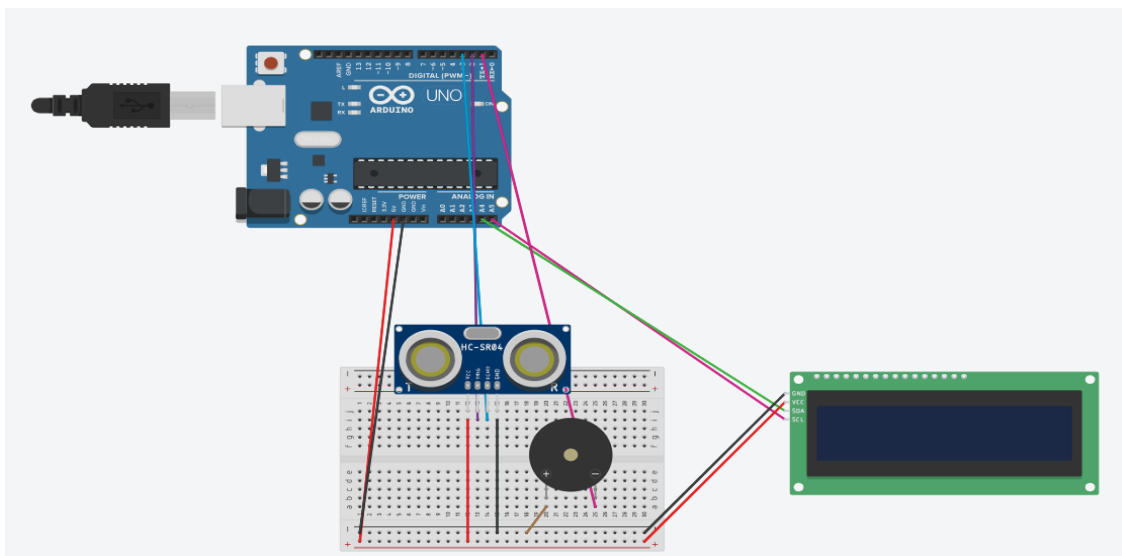


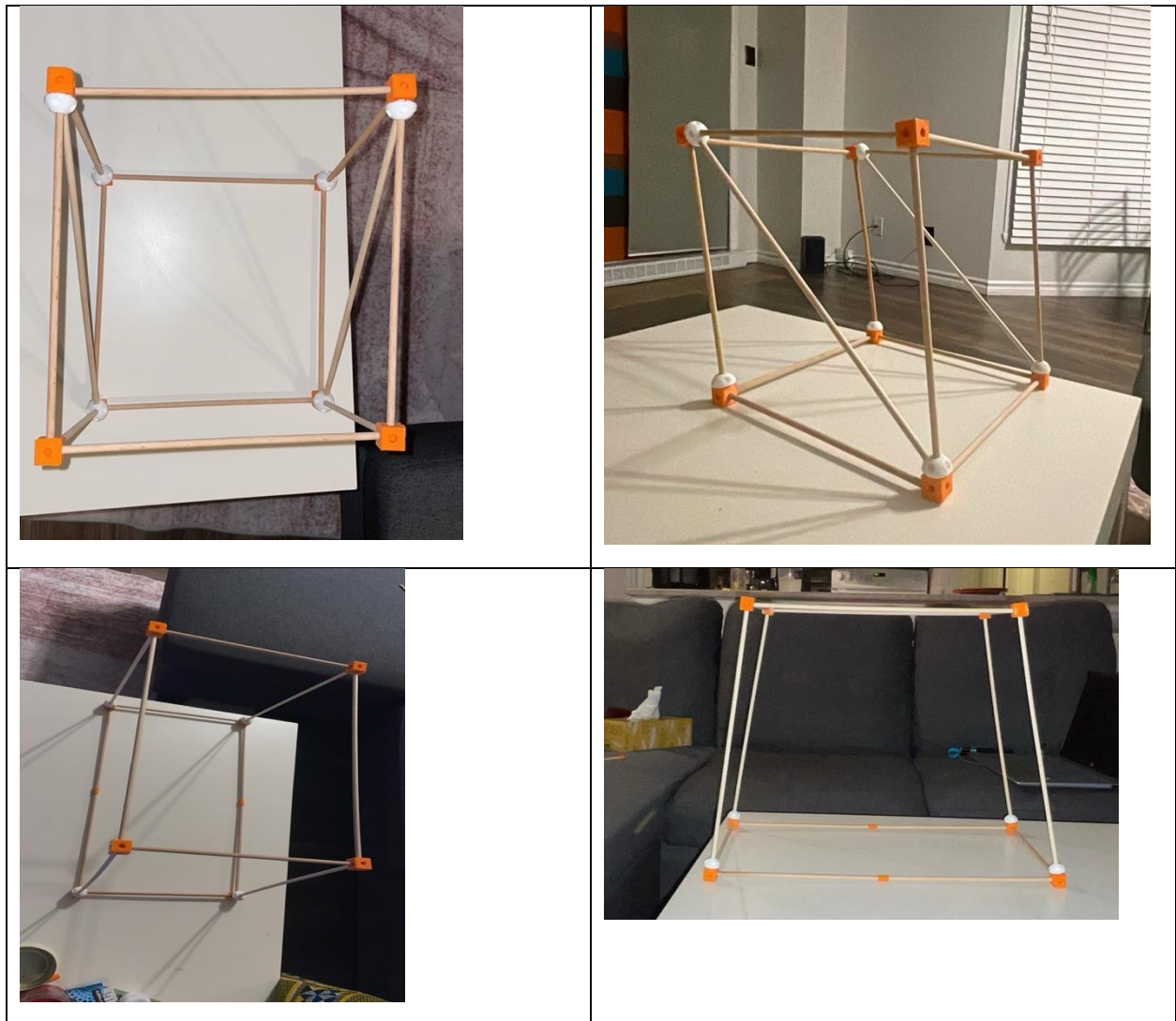
Figure 1 : Conception détaillée de l'appareil de mesure



### 3. Développement du premier prototype

Après l'achat des différentes pièces d'assemblage et la confection des divers connecteurs en 3D, nous avons procédé à la construction de notre premier prototype. Pour se faire, nous avons réalisé deux structures différentes. La première de forme carrée et possédant quelques membrures triangulaires. La deuxième de forme quadrilatérale. Cela démontre bien de la

diversité des formes pouvant être réalisée avec nos pièces. Suivent ci-dessous, des images de nos structures.



*Figures 2-3-4-5 : Premier prototype*

#### *4. Une analyse simple des pièces de jonctions*

Liste de composantes et de matériaux initiaux qui répondent le mieux aux spécifications cibles:

- Imprimante 3D
- Filament de plastique PLA 0.8 mm en diamètre
  - Cout pas cher et temps de construction court.

Valeurs des propriétés de ces composantes et de ces matériaux

- Filament de plastique 0.8 mm en diamètre:

- $(3.63\text{g/cube}) \times (0.15\$/\text{g}) \times 10 \text{ cubes} = 36.29\text{g}/10 \text{ cubes} (5.44\$)$
- $(2.27\text{g/demi-sphère}) \times (0.15\$/\text{g}) \times 6 \text{ demi-sphères} = 13.61\text{g}/6 \text{ demi-sphères} (2.04\$)$

Modifiant des choix de matériaux, composantes pour accommoder les spécifications et valeurs cibles.

- Selon la quantité des cubes et demi-sphères:
  - Filament de plastique 0.8 mm en diamètre
    - $(3.63\text{g/cube}) \times (0.15\$/\text{g}) \times 15 \text{ cubes} = 54.43\text{g}/15 \text{ cubes} (8.16\$)$
    - $(2.27\text{g/demi-sphère}) \times (0.15\$/\text{g}) \times 10 \text{ demi-sphères} = 22.70\text{g}/10 \text{ demi-sphères} (3.04\$)$

En modifiant la quantité de pièces de jonctions, il y aura plus de liberté en formes possibles d'être créées.
- Selon la dimension des cubes:
  - Largeur précédente: 15 mm
  - Largeur modifiée: 15.2 mm

Pour avoir plus de distance entre les trous

## 5. Documentation du plan d'essai

Tableau 2 : 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. (En cours)	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 (En cours)
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
- ☐ Vérifier la précision des mesures
- ☐ Observer les liens entre sous-systèmes et l'efficacité

Tableau 3: Résultats des Tests & Commentaires

Prototype 1	Critère Fonctionnel	Valeur Mesurée	Valeur Ciblée	Observation/Commentaire
	Stabilité	= Non	= Oui	Insatisfait à la spécification cible
	Temps de Construction	= 12min30 s	= 15min	Satisfait à la spécification cible
	Poids supporté	= 7lbs	= 50lbs	Insatisfait à la spécification cible
	Stabilité des pièces connectées	= Non	= Oui	Insatisfait à la spécification cible
	Maniabilité	= Non	= Oui	Insatisfait à la spécification cible dû au matériau utilisé (pièces pas assez précises)

	Accessibilité	= Oui	= Oui	Insatisfait à la spécification cible dû au matériau utilisé (pièces pas assez précises)
	Flexibilité	= Oui	= Oui	Satisfait à la spécification cible
	Interface facile d'utilisation	= Oui	= Oui	Insatisfait à la spécification cible dû au matériau utilisé (pièces pas assez précises)
	<b>Critère Non-Fonctionnel</b>			
	Esthétique	= 7/10	= Oui	Satisfait à la spécification cible
	Divertissant	= Oui	= Oui	Satisfait aux exigences
	Durée de vie des pièces d'assemblage	= 3 jours	= 3 jours	Satisfait à la spécification cible
	Fiabilité	= Non	= Oui	Insatisfait à la spécification cible
	Simplicité des structures	= Oui	= Oui	Satisfait à la spécification cible
	<b>Contrainte</b>			
	Coût des pièces d'assemblage	= 29.98\$C AD	= 10\$CAD	Insatisfait à la spécification cible
	Forme des pièces	= 8po et 12po	= 2 à 4po	Insatisfait à la spécification cible
	Dimensions de la structure créée	= $9po^3$	= 6 à 8.5 $po^3$	Insatisfait à la spécification cible
	Poids	= 0.05 à 0.06lb	= 0.02 à 0.10lb	Satisfait à la spécification cible
	Quantité des pièces d'assemblage	= 90 pièces	= 150 à 180 pièces	Insatisfait à la spécification cible

	Matériaux écologiques	= Oui	= Oui	Satisfait à la spécification cible
--	--------------------------	-------	-------	------------------------------------

## Analyse

Afin de réaliser les tests pour évaluer si notre prototype satisfaisait à toutes nos spécifications cibles, nous avons réalisé deux structures différentes sur lesquelles les tests ont été réalisés. Par la suite, nous avons documenté le tableau 3 ci-dessus avec les différents résultats et observations que nous avons pu faire.

### - Critères fonctionnels

Nos objectifs avec ce prototype étaient de réussir à construire une structure stable en 15mn, avec des pièces maniables, flexibles, faciles à utiliser et accessibles à tous. Après avoir construit deux structures à l'aide de nos différentes pièces, nous avons pu faire quelques observations. Certaines pièces d'assemblage ne tenaient pas dans certaines pièces de jonction (les pièces de jonction ne seraient pas assez les pièces d'assemblage), de ce fait, elles tombaient au moindre déplacement de la structure (la structure est donc mobile). Aussi, vu que les pièces d'assemblage les plus longues le sont un peu trop de 1.5cm, cela crée un déséquilibre au niveau de toute la structure. La structure finale est donc penchée et ne tient pas totalement sur la table plate sur laquelle elle est déposée. La structure n'étant pas assez stable, cela crée une inégale répartition des charges et la structure n'arrive donc pas à supporter de lourdes charges. De plus, nous avons aussi remarqué que la difficulté à manier certaines pièces a eu un impact sur le temps de construction de nos structures qui aurait pu être moins élevé. En effet, nous avons construit deux structures en 12mn30s donc en environ 3mn de moins que spécifié dans notre critère cible qui était de 15min.

Ainsi, afin que notre prototype final remplisse tous nos critères, nous devons faire quelques modifications. Ainsi, rendre les connecteurs plus précis en changeant le type de matériau et aussi utiliser des pièces de la bonne longueur amélioreraient beaucoup ce prototype. Faire ses modifications rendrait d'abord les pièces beaucoup plus faciles à utiliser, maniables, car il n'y aura plus cette difficulté qu'on a présentement d'insérer les pièces les uns dans les autres. Aussi, ajuster la longueur des pièces et leur niveau de précision rendront la structure stable et donc capable de supporter plus de charges que maintenant car les forces seront réparties de façon égale.

### - Critères non-fonctionnels

Les aspects esthétique, divertissant, simple, des structures ainsi que la durée de vie des pièces et leur fiabilité ont été définies comme critères non-fonctionnels. Après avoir réalisé un sondage avec quelques utilisateurs, nous avons obtenu une moyenne de 7/10 à partir des notes données. Nous trouvons cette note satisfaisante pour un premier prototype. Les aspects qui leur ont le plus plu sont la forme des connecteurs et leurs couleurs et la forme aussi des pièces d'assemblage. Ils ont trouvé que bien qu'il soit clair que la structure finale est instable, elle était tout de même agréable à observer. Nous avons évalué durant la construction de nos structures qu'il sera amusant pour les élèves de les construire puisqu'il est possible de créer un grand nombre de structures différentes, de formes diverses. Concernant la simplicité de la structure, nous considérons qu'il est possible de construire des structures extrêmement simples comme des carrés avec nos pièces. Nos pièces sont faites de matériaux solides à savoir de bois pour certains et du PLA pour d'autres. Après avoir manipulé ces pièces nous estimons qu'elles sont très solides et peuvent atteindre une durée de vie de 3 jours. Cependant, nos pièces et donc notre structure finale ne sont pas fiables du fait d'un niveau de précision assez bas.

Pour satisfaire tous ces critères, nous devons régler le problème du niveau de précision de nos pièces afin d'obtenir des structures stables, facile à utiliser ce qui satisferait plus les utilisateurs au niveau de l'esthétique et cela nous permettrait également de rendre les pièces plus fiables.

## - **Contraintes**

Les contraintes auxquelles nous avons été confrontés pour ce prototype étaient le coût d'un montant de 10\$, la forme des pièces, les dimensions de notre structure, la quantité des pièces, le poids de la structure et toutes nos pièces devaient être écologiques. Malheureusement, le coût des pièces utilisées est de 29.98\$ face au montant de 10\$ auquel nous aurions dû nous tenir et nous n'avons obtenu que 90 pièces sur 150 minimum. Cela est dû au court délai que nous avions pour trouver nos pièces, nous avons été contraints de choisir parmi une courte liste de produits pouvant être utilisés avec nos pièces de jonction en 3D et rentrant aussi dans nos critères en matière d'écologie. Les pièces achetées avaient une taille de 8po à 12po. Ces pièces nous ont permis de créer des structures de  $9po^3$ . Nous n'avons donc pas respecté les contraintes imposées de 2 à 4po de dimensions par pièce et de 6 à  $8.5po^3$  pour les dimensions de la structure finale. Heureusement, les pièces d'assemblage nous ont permis de construire une structure légère d'un poids allant de 0.05 à 0.06lb rentrant ainsi dans la marge imposée de 0.02 à 0.1lb.

Afin de respecter les contraintes imposées pour notre produit final, nous nous prendrons à l'avance pour l'achat des pièces afin d'en trouver respectant les contraintes de taille, poids, écologie, quantité. Cependant nous ne pourrons pas respecter la contrainte de coût car durant nos recherches, nous avons pu nous rendre compte que des pièces faites en matière écologique, durables, entre 2 à 4po et rentrant dans nos critères ne sont en vente que pour un montant nettement supérieur à 10\$.

## 6. Rétroaction et commentaires du prototype et spécifications cibles

Concernant la rétroaction et les commentaires des potentiels utilisateurs et/ou des clients on n'a pas pu avoir de rétroactions dû au retard de livraison des bâtonnets rencontré le jour du prototypage mais on espère avoir des commentaires constructifs lors de notre 3e rencontre avec le client prévu le 05 novembre 2024. De plus, au vu des récentes rencontres avec le client et des commentaires reçus au cours de ces dernières, nous avons décidé de conserver nos spécification cibles obtenues dans les livrables précédents à savoir :

Tableau 4 : Spécifications cibles

Critères de conception	Relation (=, - (entre))	Valeur	Unités	Méthode de vérification
Exigences fonctionnelles				
Stabilité	=	Oui	s.o.	Essai
Temps de construction	=	15	min	Essai
Poids supporté	=	50	lb	Essai
Stabilité des pièces connectées	=	Oui	s.o.	Essai
Maniabilité	=	Oui	s.o	Essai

Accessibilité	=	Oui	s.o	Compréhension
Flexibilité	=	Oui	s.o	Essai
Interface facile d'utilisation	=	Oui	s.o	Essai
Exigences non-fonctionnelles				
Esthétique	=	Oui	s.o.	Essai
Divertissant	=	Oui	s.o	
Durée de vie	=	3	jours	Essai
Fiabilité	=	Oui	s.o	Essai
Simplicité des structures	=	Oui	s.o.	Essai

Contraintes				
Coût	=	10	\$CAD	Estimation, vérification finale
Forme des pièces	-	2-4	po	Mesurer
Dimensions de la structure créée	-	6-8.5	po3	Analyse
Poids	-	0.02-0.10	lb	Analyse
Quantité	-	150-180	pièces	Compter
Matériaux écologiques	=	Oui	s.o	Analyse

## 7. Conclusion

La réalisation de ce prototype nous a permis d'identifier les différentes failles que notre produit final aurait pu comporter à travers les observations faites à partir des divers

tests auxquels nous l'avons soumis et la comparaison des résultats obtenus avec nos spécifications cibles. Nous nous aiderons de toutes nos observations pour améliorer notre prototype afin que notre produit final puisse satisfaire à tous nos critères.