Livrable G - Prototype II et rétroaction de clients

Présenté à : Emmanuel Bouendeu

Soumis par :

- Belhouari, Mehdi
- Binate, Cedric
- Girijambo, Jaouen
- Nguyen, Félix
- Nitcheu, Arnold
- Riendeau, Laurence

Université D'Ottawa

Table des matières

Introduction **3**
Retour du client **3**
1. Choix des matériaux et conception des joints : 3
2. Longueur et flexibilité des bâtons : 4
3. Méthode de visualisation des forces : 4
4. Gestion du temps et des matériaux : 4
5. Adaptation en fonction de l'âge des utilisateurs : 5
Prototypes **5**
Joints 5
Masses 5
Modèle numérique **6**
Premier prototype : Boules rondes 6
Deuxième prototype : Joint avec 6 fentes 6
Troisième prototype : Joint avec 10 fentes 6
Documentation du plan d'essai de prototypage **6**
Joints 6
Masses 7
Rétroaction et commentaires **7**
Méthodologie 7
Utilisateurs 7
Utilisateurs potentiels 8
Clients potentiels 8
Résumé 8
Points positifs 8
Points négatifs 9
Points sur la méthodologie 9
Actions à prendre 9
Mise à jour de la documentation **8**
Spécifications cibles 8
Matériaux 8
Conception détaillée 8
Matériaux 8
Masses 9
Procédure d'assemblage 9
Sécurité 10
Tableau de nomenclature des matériaux 10
Plan d'essai de prototypage 3 ..... **11**
Joints 11
Masse 11
Conclusion **12**

Introduction :

Ce document présente les étapes de conception, de prototypage et de tests pour le développement d'un dispositif de mesure de force conçu spécifiquement pour les jeunes utilisateurs. L'objectif principal est de garantir la sécurité, la précision et l'accessibilité du dispositif, en tenant compte des besoins pédagogiques et pratiques dans un contexte éducatif. Plusieurs essais ont été réalisés pour valider la résistance des matériaux, la précision des masses, ainsi que la compatibilité des composants, tels que les crochets et les joints, avec le support en bâtonnets. Les retours obtenus des utilisateurs et du client ont guidé les améliorations apportées, notamment pour renforcer l'ergonomie et l'esthétique. Ce rapport offre une analyse détaillée des résultats et des ajustements nécessaires pour répondre aux attentes en matière de sécurité et d'accessibilité.

Retour du client

Notre rencontre avec le client nous a permis de sortir avec des retours détaillés et nous guide vers des améliorations qui concernent l'efficacité de notre dispositif mais surtout l'adaptabilité des matériaux pour les jeunes utilisateurs. On va diviser ces retours en différentes sous parties, qu'on catégorise dépendamment de si ça concerne notre équipe ou les autres équipes.

Choix des matériaux et conception des joints :

- **Pour les autres équipes :**

  - Le client a fortement recommandé que les bâtons puissent glisser facilement et immédiatement dans les joints, sans nécessiter de force excessive.
  - Le client exprime du scepticisme envers l'utilisation de matériaux alternatifs telle la pâte à modeler parce que ça risque de briser les bâtons au cas que la pâte durcisse.
  - Le client cherche une taille optimisée dans le sens ou ça doit être assez robuste pour que ça ne brise pas facilement mais aussi maniable pour s'assurer de la bonne stabilité et manipulation des éléments.

- **Pour notre équipe :**

  - Le client nous a conseillé de faire varier et d'expérimenter avec les dimensions de la fente.

- Un agrandissement de la fente donnera plus de liberté de mouvement et accordera plus de flexibilité et de créativité aux élèves.
- Il faudra ajouter une limite/un système de freinage afin de s'assurer que le bâton ne rentre pas trop dans les joints, ce qui pourrait affecter le comportement et la durabilité de notre dispositif mais également sa sécurité.

Longueur et flexibilité des bâtons :

- **Pour les autres équipes :**

  - Des bâtons trop longs limiteront la créativité des élèves et seraient plus encombrants à utiliser surtout qu'on vise l'inclusion et l'accessibilité.
- **Pour notre équipe :**

  - La longueur de nos bâtons est correcte d'après le client. Cependant, il faut penser à faire varier cette caractéristique pour des fins de créativité.

Méthode de visualisation des forces :

- **Pour les autres équipes :**

  - D'après le client, quantifier les résultats de mesure de la force appliquée n'est pas nécessaire, ça peut être un plus sans plus. Des lumières visuelles pourraient également marcher.

- **Pour notre équipe :**

  - Non discute sur la réunion, mais on tirera les points principaux concernant ce sujet à partir des remarques faites pour d'autres équipes.

Gestion du temps et des matériaux :

- **Pour les autres équipes :**
  - Le client a averti de faire des prototypes réalistes qui ne prendront pas le temps à développer réitérant ainsi l'importance du respect du temps et des délais imposés.
  - La gommette bleue a été déconseillée comme matériau. Les élèves ont tendance à voler ce matériau d'après les expériences préalables.
- **Pour notre équipe :**
  - La cliente a montré sa satisfaction par rapport aux matériaux utilisés par notre équipe.

Adaptation en fonction de l'âge des utilisateurs :

- **Pour les autres équipes :**
  - A cause de la complexité de quelques prototypes, le client a commenté sur le fait de s'assurer d'adapter les dispositifs et les simplifier en fonction de la catégorie d'âge de nos utilisateurs.
- **Pour notre équipe :**
  - Non discute sur la réunion, mais on tirera les points principaux concernant ce sujet à partir des remarques faites pour d'autres équipes.

Prototypes

- **Joints**

- **Masses**

Cette semaine, nous avons fabriqué notre premier prototype de dispositif de mesure de force : un ensemble de masses à crochet. Le processus a débuté mercredi au centre Brunsfield, où nous avons testé notre méthode de fabrication des masses. Pendant cette session, nous avons découvert que les crochets achetés sur Amazon ne convenaient pas (filetage pour bois au lieu de métal). En consultant des employés et étudiants, nous avons trouvé une solution et avons acheté des boulons à œil adaptés.

Le vendredi 8 novembre, nous avons construit nos premières masses, terminant l'assemblage d'une masse de 50g et d'une de 100g. Une deuxième masse de 100g et une de 250g ont été usinées, mais non terminées faute de crochets. Avant de commencer, nous avons consulté le manager et notre TA pour confirmer l'utilisation des bons outils. Notre processus comprenait l'utilisation d'une scie à bande pour couper la masse, d'une perceuse pour le trou, et de tarauds et filières pour le filetage. Nous avions aussi prévu de couper les boulons à œil sans avoir encore défini la technique exacte.

Le processus final, proche de notre plan initial, a été optimisé pour simplifier et améliorer le résultat. La méthode employée pour les masses en acier inclut les étapes suivantes :

1. Découpe de la tige d’acier : à la scie à bande horizontale.
2. Surfaçage : à l'aide d'un tour pour une finition soignée.
3. Chanfreinage : les arêtes vives sont coupées à 45 degrés.
4. Perçage du trou pilote : effectué au tour.
5. Perçage et filetage : utilisation d’une mèche (#25) pour le trou final et application de liquide de taraudage pour le filetage, ce qui réduit la chaleur et les frottements.

Pour transformer les boulons à œil en crochets :

1. Découpe de la longueur du filetage : selon la profondeur du trou dans la masse.
2. Modification de l'œillet : coupe d’un quart de l'œillet pour faciliter l’accrochage sur les bâtonnets.

Assemblage final :

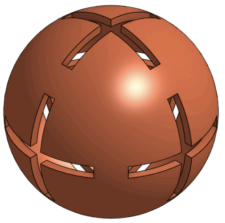
3. Ajout de colle Loctite : pour sécuriser le crochet dans la masse.
4. Vissage du crochet.

Ces tests de processus ont validé la viabilité du concept, nous permettant d'apprendre à utiliser différents outils et machines, et d'assembler nos masses avec succès.

Modèle numérique

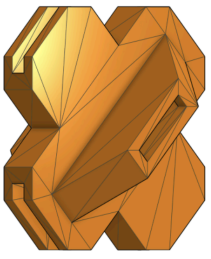
Nous avons conçu un modèle numérique pour chaque prototype de joint sur OnShape, un logiciel de CAO. Grâce à cette conception, nous avons pu imprimer les joints en utilisant les imprimantes 3D du Makerlab.

Premier prototype : Boules rondes



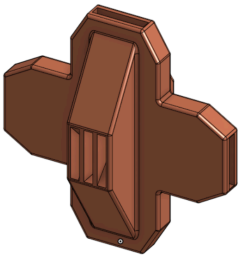
Nous n’avons pas réussi à imprimer un joint fonctionnel en raison de son design sphérique. Le manque de support empêchait le plastique de se solidifier correctement, surtout dans la partie supérieure du prototype.

Deuxième prototype : Joint avec 6 fentes



Ce prototype a été imprimé avec succès mais n’était pas adapté à la construction d’une structure. L’intérieur des fentes était entièrement creux, laissant les bâtons glisser à travers le joint. Ce problème entraînait une insertion inégale des bâtons, ce qui rendait la structure instable.

Troisième prototype : Joint avec 10 fentes



Nous avons ajouté des barrières internes pour limiter le mouvement des bâtons et avons intégré de nouvelles fentes à l’avant et à l’arrière pour

offrir plus de flexibilité aux enfants lors de la construction, notamment pour leur permettre de créer des formes triangulaires.

Documentation du plan d'essai de prototypage

Joints

Masses

Nous avons rencontré des difficultés avec les crochets initialement achetés sur Amazon, car ce sont des crochets auto-taraudés pour le bois. Étant donné qu'il n'y avait pas de taraud correspondant pour l'acier, nous avons dû trouver une alternative.

Après discussion avec les employés du centre Brunsfield et plusieurs étudiants, nous avons opté pour des œillets à vis, compatibles avec les outils de taraudage disponibles. Pour le prototype, nous avons acheté quatre œillets chez Rona, pour un total de 3,64 $.

Cette image démontre le problème rencontré avec les outils de taraudage, nous avons été en mesure de trouver l'outil avec le bon filetage mais le diamètre était beaucoup trop gros pour le crochet.

Plan d'essai de prototypage mis à jour :

N°	Type	Objectif	Fidélité	Critère Fonctionnel / Non-Fonctionnel	Méthode	Résultats (Valeur Ciblée vs Mesurée)	Retours et Améliorations
1	Prototype Ciblé	Vérifier la solidité de la fixation des crochets	Élevée	Critère Fonctionnel	Test de durabilité du crochet par chute	Valeur cible : Sans dommage / Mesurée : Légère déformation	Utiliser des crochets plus résistants.

2	Prototype Ciblé	Tester la précision des masses	Élevée	Critère Fonctionnel	Pesée des masses avant et après assemblage	Écart cible : ±5% / Mesuré : ±4%	Ajustements de précision satisfaisants.
3	Prototype Ciblé	Évaluer l'esthétique et l'ergonomie	Moyenne	Critère Non-Fonctionnel	Retour d'utilisateurs / Observations visuelles	Valeur cible : 8/10 / Mesurée : 6/10	Améliorer l'esthétique avec un revêtement coloré.
4	Prototype Ciblé	Test de compatibilité avec les bâtonnets	Moyenne	Critère Fonctionnel	Test d'insertion et retrait des crochets	Résultat : Bon maintien / Légère difficulté au retrait	Ajuster la taille du crochet pour faciliter le retrait.
5	Prototype cible	Valider la sécurité et l'accessibilité	Élevée	Critère Non-Fonctionnel	Test d'ergonomie et marquages tactiles	Valeur cible : Accessibilité complète / Mesurée : Partielle	Utiliser des stickers en relief et des couleurs contrastées.

Explications :

1. Découpe des tiges : Nous avons découpé les masses en utilisant une tige d'acier, la longueur de chaque segment a ensuite été déterminée en fonction de la densité de l'acier et du poids cible que nous voulions atteindre. (50g, 100g, 250g, 500g) En en utilisant la formule $m=\rho \cdot V$ ou m est la masse cible, ρ est la densité de l'acier, et V le volume, nous avons pu établir la longueur spécifique nécessaire pour obtenir une masse précise pour chaque segment.

2. La pesée initiale : Cette étape vise à vérifier que le poids de chaque segment de tige après découpe se rapproche de la masse cible avec une marge d'erreur de +/- 5%.

3. Ajustement des crochets : vise à garantir que chaque crochet s'adapte aux bâtonnets du dispositif. L'ajustement a été réalisé en utilisant une scie pour découper chaque

crochet à la bonne taille. Cette découpe permet d'assurer que le crochet s'adapte parfaitement aux bâtonnets, tout en étant assez résistant pour maintenir la masse sans risque de détachement accidentel.

4. Sécurisation des crochets : Une fois ajusté, le crochet est fixé à la masse en effectuant un filetage. Ensuite, on utilise une colle spéciale afin de s'assurer de la compatibilité des crochets avec le système, tout en maintenant sa sécurité. Cependant, la colle précédemment achetée de notre part n'est pas faite pour une utilisation comme la nôtre, on envisage l'utilisation de colles plus fortes et adaptées lors des prochains tests.

5. Documentation des résultats de la découpe : Nous enregistrons le poids mesuré pour chaque segment dans un tableau, en notant les éventuels écarts par rapport aux valeurs théoriques. Ces données nous aident à évaluer la précision de la découpe et à ajuster lors de nos procédés. (Voir tableau 2).

ID de Masse	Masse Cible (g)	Longueur Découpée (cm)	Poids Après Découpe (g)	Poids du Crochet (g)	Poids après le trou (g)	Poids Final Assemblé (g)	Écart (%)
M1	50	1.26	48	4	47	52	4
M2	100	2.51	102	4	98	98	2
M3	250	6.28	246	0	2	242	3.2
M4	100	2.51	98	0	95	95	5

Tableau 2 : Données relatives aux masses testées

Les tests :

Les tests effectués ont permis de confirmer la viabilité du concept et envisager des changements finaux. Chaque étape a été soigneusement documentée, et les résultats montrent que notre approche est compatible avec les contraintes techniques et de sécurité.

Nos tests ont concerné :

- Test de précision : Après la découpe, nous avons mesuré le poids de chaque segment pour vérifier s'il correspondait à la masse cible calculée. Cela nous a permis de valider la précision de chaque pièce.

- Test d'ajustement des crochets : Nous avons ajusté chaque crochet pour qu'il soit compatible avec les bâtonnets, en veillant à ce qu'il tienne fermement tout en restant facilement détachable. Ce test a permis de s'assurer que chaque masse peut être utilisée de manière sécurisée dans le montage.

- Test du poids final assemblé : Après avoir ajouté le crochet, nous avons mesuré le poids total de chaque assemblage (masse + crochet) pour le comparer à la masse cible et documenter tout écart.

Retour et améliorations à prévoir :

Les résultats des tests effectués montrent que les masses assemblées respectent les spécifications de précision, avec une variation ne dépassant pas ±5 % par rapport aux valeurs théoriques. Les crochets ajustés se fixent solidement sur les bâtonnets, garantissant la sécurité et la facilité de manipulation pour les jeunes utilisateurs. Toutefois, quelques améliorations pourraient être envisagées pour augmenter la durabilité des crochets et assurer qu'ils restent bien en place lors d'une utilisation répétée.

Nos retours ont concerné plusieurs points importants tels que :

- Sécurité des Masses : La masse de 500g a été jugée potentiellement risquée pour des jeunes utilisateurs. Cela nous a poussés à envisager à créer plus de masses légères plutôt qu'une grande masse, afin de garantir une manipulation sécurisée.

- Revêtement des Masses : L'idée d'un revêtement en caoutchouc pour protéger les masses et les rendre plus agréables au toucher a été explorée. Cependant, les options comme le dip en caoutchouc ont été écartées en raison de leur coût élevé, qui dépasse notre budget de 75 $.

- Identification des Masses : Nous avions initialement envisagé la gravure pour marquer chaque masse, mais cette méthode n'a pas donné un résultat esthétique satisfaisant et pourrait même diminuer l'attractivité pour les jeunes participants. De plus, la gravure n'est pas idéale pour la forme cylindrique des masses et ne favorise pas l'accessibilité, en particulier pour les enfants ayant des limitations visuelles, en plus des limites pédagogiques que ça peut poser.

Pour résoudre ces défis, nous avons décidé d'utiliser de la peinture pour identifier chaque masse par une couleur distincte. En complément, nous explorons l'ajout de repères tactiles, tels que des marquages en braille ou des stickers en relief, afin de rendre les masses

facilement reconnaissables pour les personnes malvoyantes, y compris celles atteintes de daltonisme. Cette solution garantit une identification accessible et visuellement attrayante, répondant ainsi aux besoins de tous les utilisateurs.

Rétroaction et commentaires

Méthodologie

On a utilisé une méthode similaire à la semaine dernière, mais on a présenté les joints modifiés cette fois. L'objectif principal était de les comparer aux anciens joints et d'obtenir de la rétroaction là-dessus. On s'est surtout focalisé sur des potentiels changements dans la compréhension du matériel et dans l'intérêt par rapport à l'atelier. On a choisi d'avoir quelques utilisateurs de la dernière fois, mais aussi de nouveaux utilisateurs pour pouvoir comparer les réaction aux 2 types de joints. mais aussi d'avoir des réactions de débutants face à notre matériel. Nous avons également choisi d'approfondir la piste d'utilisateurs potentiels plus âgés suite à la rétroaction positive du dernier livrable.

Dû à des contraintes, nous n'avons pas pu obtenir les modèles 3D des joints avant vendredi ce qui nous a empêché d'obtenir des impressions 3D à temps pour les présentations. On n'a également pas pu faire des vidéos et autres représentations visuelles du fonctionnement à cause de cela. On va essayer d'ajouter ces éléments là à nos prochaines présentations comme indiqué dans le dernier livrable.

Utilisateurs

1. L, 11 ans, 6ème année, Ancien utilisateur

   Comprend bien les nouveaux joints et comprend assez rapidement. Les 3 fentes de face apportent un petit peu de confusion. Il n'est pas aussi naturellement porté à utiliser ces dernières comparé aux fentes verticales et sur les côtés. Il trouve que les nouveaux joints ressemblent beaucoup aux anciens et que cela aide beaucoup à comprendre les nouveaux joints. Sa compréhension est grandement facilitée par le fait qu'il connaissait déjà le fonctionnement des anciens joints. Il a réussi à reconnaître les similitudes et à déduire le fonctionnement similaire entre les deux. Les changements n'ont pas affecté son intérêt dans l'atelier et le matériel.

2. C, 9 ans, 4ème année, Ancien utilisateur

   Comprend aisément le fonctionnement des nouveaux joints avec peu d'explications supplémentaires. Est intriguée par les 3 fentes de face et a demandé des

questions de clarification à ce sujet. Comprend assez bien par la suite et inclut leur utilisation lorsqu'elle imagine des structures potentielles. Est encore capable d'imaginer assez facilement et rapidement des structures et la marche à suivre pour les construire, et effectue cela avec une certaine facilité. Préfère les nouveaux joints aux anciens. Elle trouve que les nouveaux offrent plus d'options et plus de liberté lors de la construction (grâce aux fentes de face) et pense qu'elle pourra construire des structures plus solides avec eux. Son intérêt pour l'atelier n'est pas affecté par les nouveaux joints et elle garde le même intérêt quant à leur utilisation.

Utilisateurs potentiels

1. S, 15 ans, 9ème année (secondaire 3), Nouveau utilisateur

N'a jamais vu nos anciens joints auparavant mais a toutefois réussi à comprendre assez rapidement comment utiliser les joints avec très peu voir pas d'explications supplémentaires. N'est pas porté naturellement à utiliser les fentes triples de face par contre contrairement aux fentes aux extrémités. N'a pas de préférence entre les anciens et nouveaux joints. Trouve qu'ils sont très similaires. Est intéressée à utiliser le matériel dans un cadre scolaire (ex: projets), mais pas en dehors.

Clients potentiels

Nous sommes toujours en contact avec des clients potentiels, mais des problèmes techniques durant la communication et des empêchements de leur part nous ont empêchés d'obtenir de la rétroaction une fois de plus. Nous continuerons d'essayer d'en avoir par contre et nous maintenons le contact.

Résumé

- Points positifs
    - Pas de grand problème quant à la compréhension du fonctionnement comparé aux anciens joints.
    - Les utilisateurs ont l'air d'aimer les nouveaux joints autant ou même plus que les anciens joints.
    - Haut niveau d'intérêt quant à la possibilité de participer à l'atelier.
    - Certains utilisateurs ont plus confiance en les nouveaux joints

Points négatifs

- Les triples fentes de face causent une certaine confusion, cependant sans affecter grandement la compréhension générale.

- Les utilisateurs sont moins portés naturellement à utiliser les triples fentes, car ils les trouvent bizarres ou comprennent moins bien leur fonctionnement. Par contre, ils ne sont pas complètement fermés à l'idée de les utiliser.

Points sur la méthodologie

- Avoir des représentations visuelles dans la vraie vie (impressions, photos, vidéos, etc.) aurait pu aider la compréhension des utilisateurs, en particulier pour le fonctionnement des triples fentes.

Actions à prendre

- Imprimer les nouveaux joints et préparer des représentations visuelles du fonctionnement (idem du livrable précédent)
- Préparer de la documentation supplémentaire pour mieux expliquer la présence et le fonctionnement des triples fentes aux élèves.

Mise à jour de la documentation

Spécifications cibles

Matériaux

Conception détaillée

Matériaux

Masses

La tige d'acier que nous avons achetée chez Metal Pros et que nous avons utilisée est une tige de 33,02 cm (13 pouces) de longueur, d'un diamètre de 2,54 cm (1 pouce), pesant 1,3 kg. Elle a coûté 6,16 $, taxes incluses. Comme elle était déjà coupée, nous n'avons pas eu à payer les frais de coupe de 3 $.

Pour déterminer la longueur de tige nécessaire à chaque poids, nous avons établi une formule qui facilite le calcul grâce à Excel. Voici quelques exemples de ces calculs :

Masse voulue (g)	Densité (g/cm3)	Volume (cm3)	Rayon (cm)	Hauteur (cm)
50.0	7.86	6.36	1.27	1.26
100.0	7.86	12.72	1.27	2.51
250.0	7.86	31.81	1.27	6.28

500.0	7.86	63.61	1.27	12.55

Nous partons de la masse voulue et de la densité de l'acier pour calculer le volume, en utilisant la formule $\rho = m/V$, soit $V = m/\rho$. Ensuite, avec la formule de volume d'un cylindre, $V = \pi \times r^2 \times h$, nous isolons la hauteur, notre variable recherchée : $h = V/\pi r^2$, où V est le volume calculé et r est le rayon de notre tige (1,27 cm). Ces calculs nous permettent de savoir la hauteur requise pour chaque masse spécifique.

Ces estimations ne tiennent cependant pas compte du poids des crochets ni de la matière retirée lors du perçage et du polissage. Nous avons estimé qu'une marge d'erreur de ±5 % sur le poids final serait acceptable.

Avec notre tige de 33,02 cm, nous devrions pouvoir fabriquer deux masses de 50 g, deux de 100 g, deux de 250 g et une de 500 g, en laissant un surplus de 0,39 cm. Toutefois, en considérant les pertes potentielles lors de la coupe et du polissage, il est peu probable qu'il y ait réellement un surplus. Avec précision, nous pourrions tout de même produire les sept masses prévues.

Procédure d'assemblage

Masse :

1. Découpe de la tige d'acier : à la scie à bande horizontale.
2. Surfaçage : à l'aide d'un tour pour une finition soignée.
3. Chanfreinage : les arêtes vives sont coupées à 45 degrés.
4. Perçage du trou pilote : effectué au tour.
5. Perçage et filetage : utilisation d'une mèche (#25) pour le trou final et application de liquide de taraudage pour le filetage, ce qui réduit la chaleur et les frottements.

Boulons à œil (crochets) :

1. Découpe de la longueur du filetage : selon la profondeur du trou dans la masse.
2. Modification de l'œillet : coupe d'un quart de l'œillet pour faciliter l'accrochage sur les bâtonnets.
3. Limer les arêtes coupantes : pour éviter les surfaces rugueuses ou tranchantes.

Assemblage final :

1. Ajout de colle Loctite : pour sécuriser le crochet dans la masse.
2. Vissage du crochet.

Sécurité

L'un de nos principaux soucis est de garantir la sécurité des masses, car elles seront manipulées tant par l'animateur que par les enfants. L'objectif est de rendre ces masses sécuritaires tout en permettant aux enfants d'exercer eux-mêmes les forces pour mieux comprendre leur effet.

Pour ce faire, nous allons prêter une attention particulière aux bords de chaque masse, que nous allons limer et polir pour éviter tout risque de blessure causée par des arêtes vives. Une peinture en caoutchouc serait idéale pour protéger les utilisateurs et diminuer le risque de bris

en cas de chute, tout en améliorant l'esthétique. Malheureusement, cette peinture est hors de notre budget, mais elle resterait la meilleure option.

Exemples de peinture en caoutchouc disponibles :

Nom de l'item	Quantité (fl oz)	Coût avant taxes ($)	Lien
Canne de peinture aérosol Gorilla	16.0	22.99$	Amazon
Plasti Dip pour tremper ou peindre au pinceau	14.5	38.99$	Amazon

Tableau de nomenclature des matériaux

Nom de l'item	Description	Unité de mesure	Quantité estimée	Coût unitaire ($)	Coût étendu ($)	Lien
Bâtonnets de bois	Bâtons de popsicle qui serviront à construire la structure.	1 boîte (200 bâtons)	100 bâtons	0.03995	7.99	Amazon
PLA	Filament pour l'impression de nos joints. Diverses couleurs.	1 joint (6.00 cm3)	25 joints* (150 cm3)	0.15 (par joint)	4.50	Makerstore
Oeillet à vis	Oeillet avec boulon plaqué en zinc. Longueur: 50.8 mm (2 pouces) Diamètre : 4.7625 mm (3/16 pouces)	1	12	0.79	9.48	Rona
Tige d'acier	Tige d'acier pleine.	1 pied (Longueur)	1,7 pieds**	6.19 (diamètre de 1'')	10.52	Metal Pros
Colle Gorilla	Colle à vis.	1 tube (6ml)	1 tube	8.59	5.97	Amazon
Peinture acrylique	Peinture pour les tiges de cuivre.	1 tube (59ml)	3 couleurs	2.57	7.71	Walmart

Coût total du produit (sans taxes)	46.17$
Coût total du produit (avec taxes)	52.17$

*On estime que 4 bâtons seront utilisés pour un joint. Donc chaque équipe aura 25 joints pour leur structure.
** 1,7 pieds d'acier nous donnera une masse total de 2 kg

Plan d'essai de prototypage 3

Joints

Les joints ont été légèrement modifiés (réduction de la profondeur et ajout de directions,10 directions totales, dans le but d'une amélioration et d'un bon fonctionnement.)

Prototype					**Essaie**			
N°	Type	Objectif	Fidélité	Date	Objectif	Méthode	Usage	Date
1	Ciblé, physique	-Imprimer les nouveaux joints modifiés.	Moyen	Du 11-12 Nov (2 jours)	-Tester la résistance des joints - Tester le prototype final (joints, masses et bâtonnets en bois)	- Construire une structure et y déposer des masses afin de tester la résistance ainsi que le prototype final	On utilisera nos résultats pour confirmer que les modifications répondront efficacement aux problèmes identifiés.	Du 12-15 Nov (4 jours)

Masse

Prototype					Essaie			
N°	Type	Objectif	Fidélité	Date	Objectif	Méthode	Usage	Date
1	Ciblé, physique	Trouver la meilleure façon d'afficher le poids sur la masse	Moyen	Du 11-13 Nov (3 jours)	- Explorer différentes peintures compatibles avec l'acier, dont le prix est bas et adaptées aux manipulations fréquentes. -Développer un code de couleur intuitif pour représenter différentes gammes de poids. -Évaluer la résistance des couleurs aux environnements difficiles (humidité, chaleur)	-Tester sur échantillons de masse pour durabilité. - Choisir différentes couleurs pour chaque gamme de poids. -Évaluer la visibilité et la durabilité	On utilisera nos résultats pour valider les changements faits et vérifier s'ils règlent bien le problème identifié.	13-16 nov (4 jours)

Pour ce dernier prototype, il est important de noter que la gravure a déjà été expérimentée et cela s'est voué à l'échec.

Conclusion

Les tests et les retours ont confirmé la viabilité du dispositif, démontrant que les masses et les crochets répondent aux normes de sécurité et de précision attendues. Les ajustements apportés aux crochets, aux joints et à l'identification des masses (comme l'ajout de couleurs et

de repères tactiles) ont permis d'optimiser l'ergonomie et l'accessibilité pour un usage par des jeunes, y compris ceux avec des besoins spécifiques. Bien que des améliorations mineures soient en cours pour affiner la durabilité et l’esthétique, le projet est aligné avec les exigences du client et les objectifs éducatifs. Ces résultats renforcent la confiance dans la faisabilité et la pertinence du dispositif, qui peut désormais passer à la phase finale de développement pour un déploiement dans des environnements éducatifs.