Livrable E - Calendrier et coûts du projet

Présenté à : Emmanuel Bouendeu

Soumis par :

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

Université D'Ottawa

Table des matières

Introduction **3**
Mise à jour de nos concepts 3
Matériaux 3
Dispositif 3
Dessin de conception **3**
Matériaux 3
Joints 3
Bâtons 4
Calculs pour déterminer la quantité de plastique pour les joints 5
Masses 5
Tiges de cuivre et crochets 5
Assemblage des masses 5
Matériaux et feuilles de calculs 6
Choix de matériaux 6
Tableau d'évaluation de matériaux pour les masses 6
Calculs pour déterminer la masse total d'une tige de cuivre 7
Tableau de nomenclature des matériaux **7**
Taxes et livraison 8
Liste d'équipement **8**
Matériaux 8
Masses 8
Risques et plan de contingence **10**
Matériaux 10
Masses 10
Plan d'essaie de prototypage et calendrier de projet **11**
Conclusion **15**

Introduction

Mise à jour de nos concepts

Matériaux

Nous conservons l'option choisie lors du dernier livrable, soit l'utilisation de joints et bâtons.. Nous avons décidé d'utiliser des bâtons de popsicle, faits de bois, car ils sont faciles à trouver, peu coûteux et simples à remplacer. Comme confirmé par le client, ces bâtons sont aussi reconnus pour leur durabilité ce car ils ne se brisent pas facilement.

Dispositif

Par contre, nous avons modifié le concept du dispositif. Le dispositif choisi au dernier livrable s'avère trop difficile à fabriquer et mettre en œuvre. Après avoir ré-examiné les sous-systèmes proposés, nous avons décidé de prendre le concept de masses avec des crochets. Ce concept nous semble plus facile à réaliser et sera plus facile à utiliser pendant l'activité de forces et structures. Les masses pourront être accrochées à n'importe quelle structure et la force finale sera facilement calculée en additionnant le poids des masses accrochées.

Dessin de conception

Matériaux

Joints

Nous avons opté pour des connections ou joints avec plusieurs fentes réalisés à l'impression 3D tels qu'illustre la figure ci-dessus (**fig _1)**

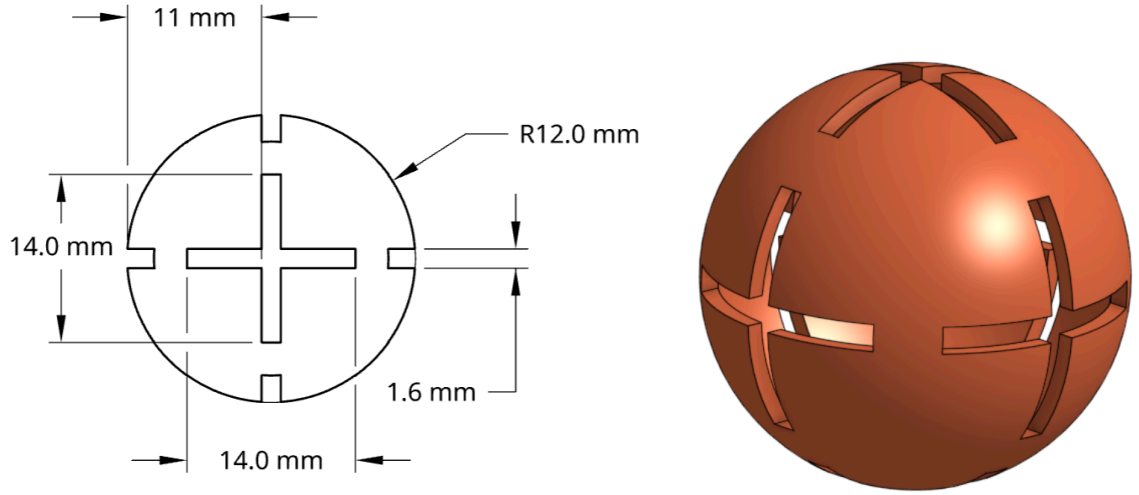


fig _1: Joints

Bâtons

Nous avons décidé d'utiliser des bâtons de popsicle (fig_2), faits de bois de largeur 15 mm , d'épaisseur 2 mm et une variété de longueur (L) .

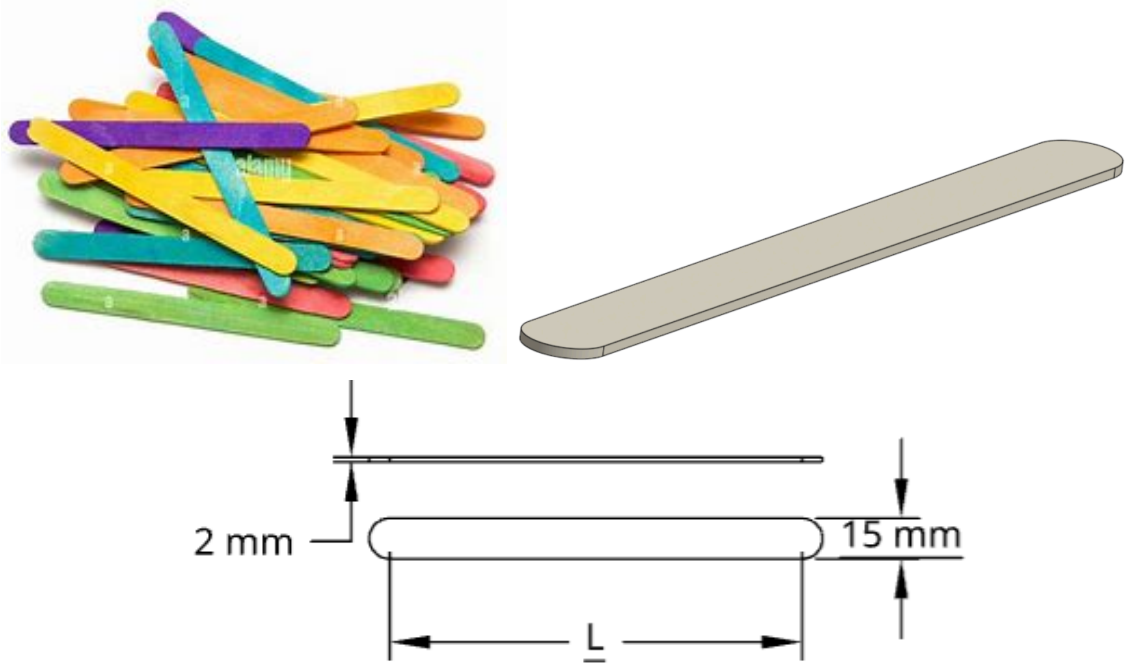


fig 2 : Bâtons de Popsicle

Les apprenants construisent des structures ou des ponts à l'aide des joints (fig_1) et des bâtons de popsicle fait de bois (fig_2) tel qu'illustré a la fig_3.
Les bâtons de bois peuvent être insérés par ajustement légèrement serré dans les fentes de présent sur les joints. Les bâtons peuvent être orientés dans plusieurs directions permettant à l'apprenant de réaliser plusieurs types de structures (triangulaires, rectangulaires, carrées).
Lors de l'application de la force a la structures les bâtons de bois se détachent tout simplement aux joints évitant toute rupture du matériau (bâtons) ce qui donne une durée de vie significative aux bâtons de bois .

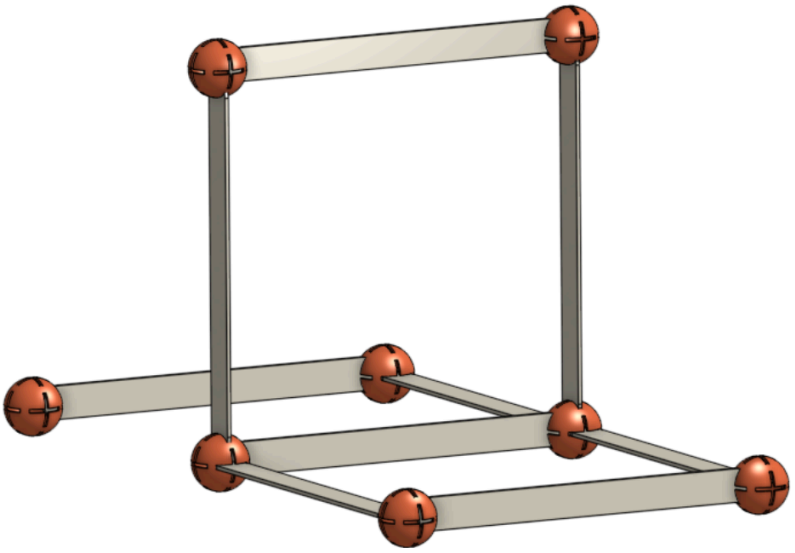


fig_3 : Exemple de construction d'une structure

Lien Onshape des dessins

https://cad.onshape.com/documents/c86f8a512e35ac8226f33d54/w/1a4fdb8f4f331f29c3c0a611/e/ae00fa28540d461101ac0610?renderMode=0&uiState=671d57b656151d71a048708a

Calculs pour déterminer la quantité de plastique pour les joints

Rayon (cm)	Volume plein (rayon 1.2cm) (cm3)	Épaisseur de la coque du joint (cm)	Volume vide (rayon de 0.8cm) (cm3)	Volume de PLA par joint (cm3)	Quantité total de plastique (200 joints) (cm3)
1.2	7.238	0.4	2.14	5.01	1002

Masses

Tiges de cuivre et crochets

La longueur de la tige variera en fonction de la masse désirée. Les tiges mesures un pied de longueur et seront coupées pour créer plusieurs petites masses. Une tige de 1 pied a une masse de 538.14g qui pourra être répartie en 28 masses comme suit : 100g (1), 75g (1) , 50g (2), 25g (4), 10g (10), 5g (10).

Assemblage des masses

Nous serons en mesure de couper la tige de cuivre avec la scie à ruban disponible au centre Brunsfield. Ensuite, nous utiliserons la presse de forage pour pré-percer une des extrémités de la masse. Une fois percé, nous pourrons tarauder nos trous à l'aide d'un taraud et d'une filière. Une fois cette étape terminée, le crochet pourra être vissé dans la tige et une colle puissante comme le Loctite sera appliquée pour sécuriser la vis. Les tiges pourront être peintes avec de la peinture acrylique pour les rendre plus attrayantes pour les élèves. Le poids de chaque masse sera également inscrit sur les masses pour permettre aux élèves de calculer la force totale appliquée sur leur structure.

Matériaux et feuilles de calculs

Choix de matériaux

Avant de décider sur le cuivre, nous avons procédé à une évaluation de différents matériaux disponibles. L'idée initiale était de remplir des petites cruches imprimées en 3D avec de l'eau. Cette solution nous semblait bonne mais le risque de bactéries et de moisissure relié à l'eau nous a poussé à évaluer d'autres solutions. Une solution possible serait d'imprimer les cruches en 3D et de les remplir avec un autre matériel comme du sable. Ce n'est pas une mauvaise solution mais cette option demanderait beaucoup de temps pour la création du récipient dans un système CAD, surtout pour être capable de la remplir et de la refermer de façon permanente. L'impression 3D est aussi très longue et nos délais de production sont assez rapides. C'est en évaluant plusieurs matériaux avec leur densité, le temps de séchage et d'autres considérations que nous avons trouvé le cuivre, qui semble être notre meilleure solution. Le cuivre est peu coûteux, se travaille facilement avec les équipements qui sont à notre disposition dans le centre de Brunsfield et est très dense. Un tuyau de 1 pied nous permet de faire plusieurs petites masses qui totalisent 538 grammes. Les tableaux ci-dessous démontrent notre raisonnement qui a mené à la décision d'utiliser le cuivre comme matériau pour les masses. De plus, le cuivre ne rouille pas, contrairement à d'autres métaux comme le fer ou l'acier et peut rester intacte pendant des centaines d'années. Le cuivre est utilisé dans plusieurs industries notamment pour « sa durabilité, son usinabilité, sa résistance à la corrosion et sa capacité à être coulé avec une très grande précision ».* Nous recherchons un matériau avec les mêmes propriétés, ce qui nous a mené à choisir le cuivre pour ce projet.

*Gouvernement du Canada : https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/mines-materiaux/donnees-statistiques-et-analyses-sur-lexploitation-miniere/faits-mineraux-metaux/faits-sur-le-cuivre/20577

Tableau d'évaluation de matériaux pour les masses

Matériaux	Densité (g/cm3)	Temps de séchage	Autres considérations
Eau	1.00*	Aucun	Risque de bactéries et de moisissures.
Sable	1.6*	Aucun	Il faudrait tout de même utiliser l'imprimante 3D (ou autre technique) pour créer le récipient. Il faudrait aussi trouver une façon de les fermer de façon permanente.
Béton	2.2*	24h	Il faudrait les peinturer avec de la peinture à base de caoutchouc, latex ou époxy pour réduire le risque de brisure et blessure.

Résine	1.07**	24h	Il faudrait des moules et le prix de la résine est assez élevé.
Bois (épinette)	environ 0.475*	Aucun	Facile à obtenir, facile à travailler et à peindre mais la densité est basse.
Cuivre	8.92*	Aucun	Facile à travailler, peu coûteux et très dense. Le cuivre peut aussi être peinturé pour que les masses soient plus attrayantes pour les élèves.

* Cégep de Trois-Rivière : https://physique.cegeptr.qc.ca/physique2w5/supplement_8_table_densites_masses_volumiques.pdf

** Farnell.com : https://www.farnell.com/datasheets/312285.pdf

Calculs pour déterminer la masse total d'une tige de cuivre

Diamètre (cm)	Longueur (cm)	Volume (cm3)	Densité (g/cm3)	Masse (g)	Coût par pied ($)	Coût par gramme ($)
1.27	30.48	38.61	8.92	344.40	20.12	0.058
1.5875	30.48	60.33	8.92	538.14	25.18	0.047

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 (1000 bâtons dans une boîte)	800 bâtons*	0.027 par bâton	26.99	Amazon
PLA	Filament pour l'impression de nos joints. Diverses couleurs.	1kg	5.01cm3 par joint pour un total de 200 joints**	0.15	30.00***	Makerstore
Crochets à vis	Crochet de métal à visser avec revêtement en vinyle.	1 boîte (12 crochets dans une boîte)	10 crochets	0.8325 par crochet	9.99	Amazon

	Différentes grandeurs.					
Tiges de cuivre	Tige de cuivre pleine.	Longueur (pieds)	1 pied	25.18 (diamètre de 0.625”)	25.18	Metal Pros
Colle type Loctite	Colle à vis.	1 tube (6ml)	1 tube	8.59	8.59	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)					78.46$	
Coût total du produit (avec taxes)					88.66$	

*Il y a environ 8 groupes dans une classe. La taille de la classe est d’environ 30 étudiants et les groupes sont formé de quatres personnes. On estime qu’ils auront 100 bâtons chacun.
**On estime que 4 bâtons seront utilisés pour une boule. Donc chaque équipe aura 25 boules pour leur structure.
***Le PLA est disponible gratuitement pour les étudiants au MakerLab, le 30$ pour le kg de PLA n’est donc pas inclus dans notre coût total.

Taxes et livraison

Les taxes ont été calculées à 13% qui est le taux de taxes en vigueur en Ontario. Pour la livraison, au moins un membre de notre équipe à accès à Amazon Prime, qui offre un service de livraison gratuit. Les autres matériaux achetés via le Makerstore seront aussi offerts sans livraison (ceci inclut l’achat de métal via Metal Pros). L’achat de peinture acrylique peut aussi être fait sans coût de livraison.

Liste d’équipement

Matériaux

Équipement	Disponibilité
Imprimante 3D (joint)	MakerSpace
Bâtons de bois (bâtons de popsicle) ○ Largeur : 15 mm ○ Épaisseur : 2 mm ○ Longueur : Variée	en magasin , ou en ligne

Filament PLA pour impression 3D ○ Quantité : 1 kg ○ Utilisation : Impression des joints	makerspace
Peinture acrylique ○ Quantité : 3 tubes (59 ml chacun) ○ Couleurs variées	en magasin

Masses

Équipement	Disponibilité
Scie à ruban	Centre Brunsfield
Presse de forage	Centre Brunsfield
Tarauds & filières	Centre Brunsfield
Crochets à vis ○ Matériau : Métal avec revêtement en vinyle ○ Quantité : 10 crochets	en ligne ou en magasin
Peinture acrylique ● Quantité : 3 tubes (59 ml chacun) ● Couleurs variée	En magasin ou en ligne
Tiges de cuivre ○ Longueur : 1 pied ○ Diamètre : 0.625 pouces ○ Masse : 538.14 g par pied	en magasin ou en ligne

Colle type Loctite ○ Quantité : 1 tube (6 ml)	en magasin ou en ligne

Risques et plan de contingence

Matériaux

Risques	Plan de contingence
Temps de production trop élevé	Nous allons revoir les réglages de notre concept sur OnShape. Pour accélérer, on peut choisir un filament d'une plus grosse grosseur ou amincir l'épaisseur de la coque.
Les bâtons de bois se brisent au lieu de se désemboité	Nous allons revoir la dimensions des joints pour essayer de trouver des dimensions qui permettent aux bâtons de bois de se désemboiter avant de se casser. Il faudra faire plusieurs essais pour s'assurer que les joints sont fonctionnels mais on peut aussi essayer d'augmenter ou de diminuer l'épaisseur de la coque.
La non-disponibilité des imprimantes 3D au Makerspace	Puisque aucun membre de notre équipe à accès à une imprimante 3D à l'extérieur du Makerspace, il faudra se rendre au Makerspace dès l'ouverture pour s'assurer d'avoir une imprimante de disponible. Une fois réservée, on pourra s'assurer d'imprimer le plus de joints possible avec une seule imprimante 3D.

Masses

Risques	Plan de contingence
Le cuivre est trop malléable et se brise facilement	Pour l'installation du crochet nous nous assurerons de le travailler étape par étape pour éviter de fendre notre tige. Si la tige brise malgré nos précautions, nous pourrons considérer une tige avec un plus grand diamètre. Si le cuivre se brise facilement quand il est manipulé ou échappé, il faudra trouver une façon de le protéger avec une paroie ou un revêtement comme une peinture à base d'époxy ou de caoutchouc. Sinon, on peut revenir à l'idée initiale d'une masse imprimée en 3D et remplis d'un matériel quelconque comme le sable.

Les masses ne sont pas assez lourdes pour la structure	Nous avons l'option d'augmenter le nombre de masses, la grosseur des masses ou de changer le matériau avec lequel on a construit les masses. Considérant que le cuivre est le matériel le plus dense que nous avons pu trouver, il serait surprenant de choisir un autre matériel pour ce problème.
Formations obligatoires pour avoirs accès aux équipements nécessaire pour travailler le cuivre	Nous allons nous informer des exigences le plus tôt possible pour avoir le temps de recevoir les formations nécessaires pour pouvoir travailler avec la scie à ruban et la presse de forage. Sinon, il faudra trouver quelqu'un qui peut nous assister avec la fabrication des masses.

Plan d'essaie de prototypage et calendrier de projet

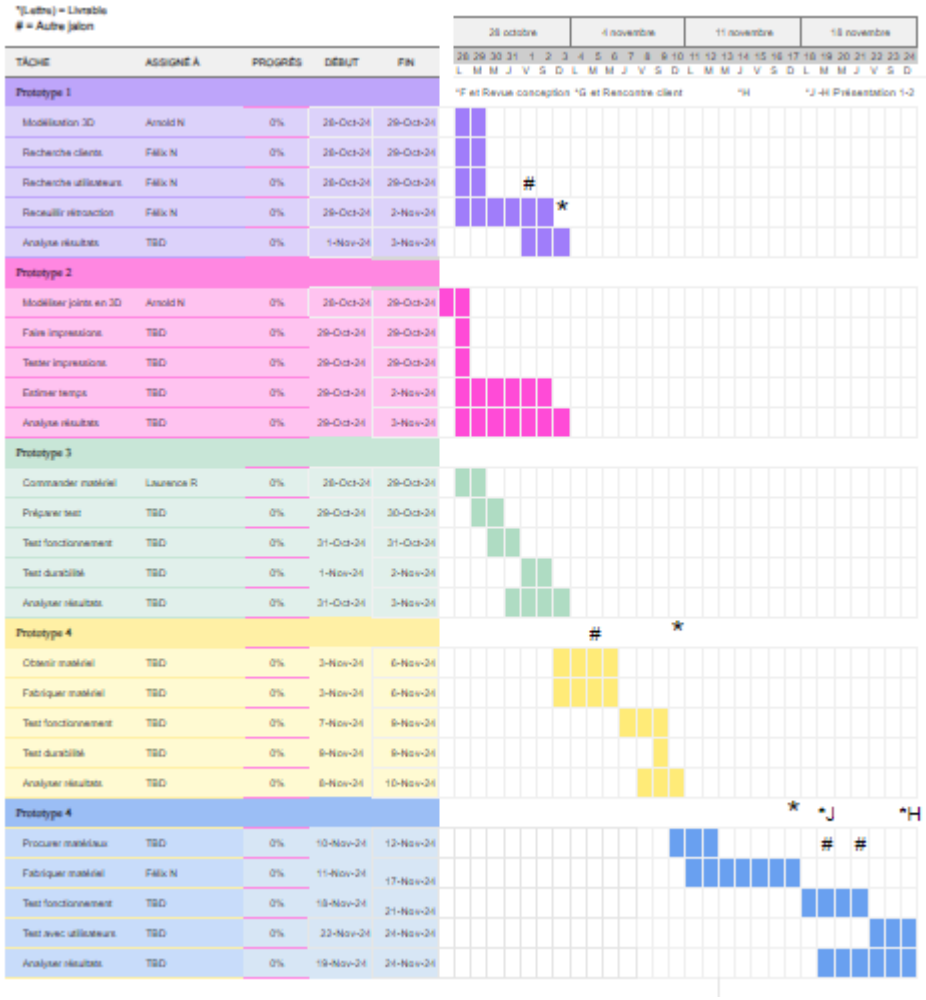
Prototypes					**Essais**			
N°	Type	Objectif	Fidélité	Date	Objectif	Méthode	Usage	Date
1	Analytique complet	-Visualiser le fonctionnement - Recueillir de la rétroaction -Avoir un outil pour les présentations futures	Moyenne	27-29 octobre 2024 3 jours	-Avoir une rétroaction de la part des clients et des utilisateurs	-Présentation du prototype auprès d'utilisateurs et de clients potentiels -Demander pour avoir une rétroaction	Les commentaires reçus seront pris en compte. Les changements seront apportés en se basant ces commentaires.	29 octobre - 2 novembre 2024 (4 jours)

Prototypes					Essais			
2	Ciblé physique	-Tester la faisabilité d'une partie de la solution (Joints) -Déterminer des données par rapport au temps de fabrication -Identifier la meilleure méthode de manufacture	Faible	27-28 octobre 2 jours	-Déterminer les paramètres idéaux pour l'impression 3D -Obtenir des données pour le temps nécessaire à la fabrication	-Effectuer plusieurs impressions 3D avec divers paramètres. -Tester la résistance des différentes impressions. -Mesurer le temps pris pour l'impression.	On utilisera les résultats pour déterminer les paramètres d'impression les mieux adaptés pour nos besoins. On pourra utiliser les données de durée pour avoir une planification temporelle plus réaliste.	29 octobre 2024 (1 jour)

Prototypes					Essais			
3	Ciblé physique	-Tester le fonctionnement des poids	Moyenne	27-30 octobre 2024 3 jours	-Déterminer si le matériau choisi pour les poids répond aux attentes. -Déterminer si le système fonctionne comme prévu.	-Effectuer des tests de durabilité (ex: chute) -Peser les poids pour évaluer leur précision -Tester les poids dans un contexte similaire à la réalité (accrochage, application de la force) -Tester l'installation et la durabilité du crochet.	On utilisera les résultats pour déterminer si ce sous-système répond bien à nos attentes et on le modifiera au besoin.	31 octobre - 2 novembre (3 jours)

Prototypes					Essais			
4	Ciblé physique	-Séparation des bâtons et joints -Résistance des bâtons -Tester le fonctionnement des boules et bâtonnets ensemble	Moyenne	3-6 novembre 3 jours	-Séparation entre les bâtons et les joints -Durabilité du matériel -Fonctionnement correct du matériel	-Assembler de petites structures avec le matériel. -Mettre ces structures à l'épreuve jusqu'à leur limite. -Tester avec des utilisateurs.	On utilisera ces données pour vérifier si notre solution se comporte comme prévu dans nos hypothèses et si elle satisfait nos attentes. Des modifications basées sur les résultats seront appliquées.	7-10 novembre (3 jours)
5	Complet physique	-Tester la solution au grand complet -Présentation au client	Grande	10-17 novembre 1 semaine	-Fonctionnement du matériel -Réalisation de l'atelier	-Effectuer l'atelier dans des conditions similaires à la réalité. -Tester avec des utilisateurs.	On va utiliser ces données pour confirmer le bon fonctionnement de notre solution et si elle remplit nos attentes.	17-24 novembre 1 semaine

Calendrier de prototypage et essais:



Le calendrier contient seulement des informations pour les prototypages et les essais.
Une photo plus claire est disponible sur notre Trello au lien suivant:
https://trello.com/b/PcwX3pFt/projet-gng-1503

Conclusion

Ce livrable a permis d'établir une planification rigoureuse et détaillée pour notre projet, en tenant compte de chaque aspect technique, logistique et financier. Grâce à une analyse approfondie des matériaux, nous avons choisi des éléments adaptés en termes de coût, de durabilité et de sécurité, tels que les bâtonnets en bois pour les matériaux et les masses en cuivre pour le dispositif de mesure . Le calendrier élaboré précise les étapes clés de prototypage et de tests, permettant de suivre les progrès tout en intégrant des périodes d'évaluation et d'ajustement.

En anticipant les risques potentiels, nous avons également mis en place un plan de contingence afin de minimiser l'impact des imprévus sur le projet, notamment pour la disponibilité des équipements et des matériaux. Ainsi, ce livrable constitue un guide structuré

qui facilitera la gestion des ressources et le respect des délais, tout en assurant que la solution finale réponde pleinement aux attentes du client.