Livrable H – Prototype 3 et rétroaction des clients

Les ingéniaux

Le 16 mars 2025

Table des matières

Table des matières 2
1 Introduction 3
1.1 Travaux connexes 3
2 Rétroaction du deuxième prototype 3
3 Plan de prototypage 4
4 Développement du troisième prototype 5
5 Modèle analytique, numérique ou expérimental (à déterminer) 6
4.1 Justifications des choix techniques 6
5.1.1 Analyse des performances et des résultats 6
5.2 Rétroaction des utilisateurs et amélioration du troisième prototype 7
5.3 Analyse des résultats : 8
6 Rappel des spécifications cibles et de la conception 8
6.1 Variation dans la conception 9
7 Analyse des prototypes précédents : 9
7.1 Premier prototype – Moulin à eau 9
7.2 Deuxième prototype - Jeu interactif 10
7.3 Évolution du prototype 10
8 Prototype final : 11
9 Préparation du manuel d'utilisation 13
10 Mise à jour du plan Trello 15

1 Introduction

1.1 Travaux connexes

Dans le livrable précédent, nous avons réalisé et tester notre deuxième prototype basant sur un jeu interactif qui consiste à répondre des questions lies aux thématiques d'énergies renouvelables pour gagner les pièces composantes du moulin. Pour ce livrable, nous avons décidé de baser notre troisième prototype sur la pente des billes pour notre moulin.

2 Rétroaction du deuxième prototype

Composantes du prototype (fonctionnalité, ergonomie, design, etc.)	Points forts ou faibles	Ce que nous avons l'intention de faire pour s'améliorer
Fonctionnalité: La durée du jeu est environ 20 minutes et le niveau de difficulté s'adapte aux différents groupes d'âges.	Point fort: le jeu est interactif et instructif. Les élèves échangent leurs idées pour trouver les bonnes réponses.	
Ergonomie: Les consignes sont claires et simples, ce qui facilite la compréhension des élèves.	Point fort: différentes catégories de questions et adaptées selon le niveau des élèves. Rend le jeu plus facile ou plus difficile dépendamment des besoins de la classe, et plus interactif.	
Design: Le jeu est bien structure et présenté.	Points forts: Le nombre de points est attribué au niveau de difficulté de la question. Questions à réponses directes et questions à choix multiples.	
	Point faible: la durée du jeu. Il est risqué de demander aux jeunes d'une équipe de trouver la réponse pour une autre : Ça peut créer de la compétition malsaine.	Nous avons l'intention de diminuer la durée du jeu et d'éliminer la composante « d'évocation » du jeu.

	Point faible: Les enfants peuvent être désintéressé si les questions par catégorie ne sont pas complémentaires ou requièrent trop de réflexion.	Composer beaucoup plus de questions en rapport avec le moulin à eau que les thématiques d'énergies renouvelables. Les élèves sont donc en mesure d'en apprendre plus sur leur travail, mais aussi de voir concrètement ce qu'ils ont appris.

3 Plan de prototypage

N de test	Objectif du test	Prototype : Plan incliné modulable avec des pentes ajustables (ex. 10°, 20°, 30°).	Description des résultats à documenter et comment les utiliser	Durée estimée du test	Critère d'arrêt
1	Tester le nombre de billes nécessaires pour créer un poids remarquable sur le bouton	L'objectif est de faire rouler des billes de tailles similaires à partir du même point.	Mesurer la vitesse à laquelle les billes atteignent le moulin à chaque pente. Analyser si la pente affecte la vitesse des billes et l'impact sur la rotation du moulin.	Test de 30 minutes	Lorsque la différence de vitesse entre les pentes est stable et que l'impact sur la rotation du moulin ne varie plus de manière significative.
2	Vérifier l'angle le plus efficace de la pente pour maximiser l'impact sur les pales du moulin	L'objectif est de tester les impacts sur les pales avec des billes de même taille.	Noter la puissance de l'impact en fonction de l'angle; où les billes frappent le plus les pales le plus efficacement pour provoquer la meilleure	Test de 30 minutes	Lorsque l'angle optimal pour maximiser l'impact sur les pales est clairement identifié et les variations d'impact deviennent

			rotation du moulin.		marginales à d'autres angles.
3	Tester l'effet de la longueur de la pente sur l'énergie des billes	L'objectif est de tester différentes longueurs de parcours pour les billes avant qu'elles n'atteignent le moulin.	Analyser si une pente plus longue ou plus courte améliore l'efficacité du moulin.	Test de 30 minutes	Lorsque la longueur de la pente n'a plus d'effet significatif sur l'énergie ou la performance du moulin.
4	Évaluer l'effet de la pente sur la constance de la rotation du moulin	Observer l'impact de la taille des billes sur la rotation du moulin.	Vérifier si les billes plus grandes ou plus petites provoquent des différences dans le rythme de rotation.	Test de 30 minutes	Lorsque la rotation du moulin devient constante pour un type de bille, sans fluctuations notables.

4 Développement du troisième prototype

Notre troisième prototype est conçu pour être plus sécuritaire pour les enfants et pour réduire les dégâts potentiels liés à l'utilisation de l'eau. Nos calculs ont montré que le volume d'eau nécessaire pour faire fonctionner le moulin dépassait nos attentes. Cela pourrait entraîner des contacts entre l'eau et le moteur du moulin, ou provoquer des éclaboussures sur le sol ou sur les enfants, ce qui serait dangereux.

Nous avons donc décidé de développer un deuxième prototype plus sûr, basé sur le même concept, mais utilisant des billes plutôt que de l'eau. Ce prototype est conçu de manière que les billes frappent les pales du moulin sans endommager sa base. Grâce à une pente ajustable pour la projection des billes, nous pouvons déterminer l'angle et la longueur nécessaires pour minimiser le nombre de billes requises pour faire tourner les pales et allumer la LED.

À la base du moulin, un bac recueille les billes pour qu'elles puissent être réutilisées. Comparativement à notre premier prototype, celui-ci utilise l'énergie cinétique, au lieu de l'hydraulique, des billes pour faire tourner les pales, qui convertissent ensuite cette énergie mécanique en électricité pour allumer la LED.

5 Modèle analytique, numérique ou expérimental (à déterminer)

Nous avons choisi un modèle expérimental pour soutenir le développement de notre troisième prototype. Ce modèle nous permet de tester et d'observer directement les performances du prototype dans un environnement contrôle.

4.1 Justifications des choix techniques

Choix	Justification
Sécurité pour les enfants :	En utilisant des billes au lieu de l'eau, nous éliminons les risques de contact entre l'eau et le moteur, ainsi que les éclaboussures dangereuses pour les enfants
Contrôle de l'énergie	L'énergie cinétique des billes est plus facile à contrôler et à ajuster que le débit d'eau. La pente ajustable permet de calibrer précisément la force nécessaire pour faire tourner les pales
Réutilisabilité	Un bac à la base du moulin permet de recueillir et de réutiliser les billes, ce qui minimise les déchets et les coûts d'opération. Les billes peuvent servir de façon indéterminée.

5.1.1 Analyse des performances et des résultats

Critèrre	Justification
Efficacité Énergétique	En analysant le nombre de billes nécessaires pour faire tourner les pales et allumer la LED, nous pouvons évaluer l'efficacité énergétique du prototype. Moins de billes nécessaires signifient une meilleure conversion de l'énergie cinétique en énergie mécanique, puis en électricité.
Sécurité et Fiabilité	Nous testerons la durabilité des matériaux utilisés et la stabilité du prototype pour garantir qu'il est sûr pour les enfants et qu'il fonctionne correctement sans défaillance
Ajustabilité	La pente ajustable sera testée pour différents angles et longueurs afin d'optimiser le fonctionnement du moulin avec le moins de billes possible. Les résultats seront comparés

	à ceux du premier prototype pour déterminer les améliorations.

5.2 Rétroaction des utilisateurs et amélioration du troisième prototype

Composantes du prototype (fonctionnalité, ergonomie, design, etc.)	Points forts	Points faibles	Ce que nous avons l'intention de faire pour s'améliorer
Fonctionnalité: Capacite du prototype à réaliser les tâches prévues	Utilisation efficace de l'énergie cinétique des billes pour générer de l'électricité. Réutilisation des billes grâce à un sac de collecte à la base du moulin.	Nécessité de déterminer l'angle et la longueur optimaux pour minimiser l'utilisation des billes.	Optimiser le mécanisme d'inclinaison pour un réglage plus intuitif et précis
Ergonomie: Facilite d'utilisation et confort d'utilisation	Facilite d'utilisation et confort d'utilisation	Possibilité de confusion pour les nouveaux utilisateurs lors de l'ajustement de la pente.	Fournir des instructions claires et des guides visuels pour l'assemblage et l'ajustement.
Design: Apparence esthétique et attrait visuel	Inclinaison ajustable pour optimiser l'angle et la longueur de projection des billes.	Complexité potentielle de l'assemblage du sac de collecte des billes.	Simplifier l'assemblage du sac de collecte et assurer une meilleure cohérence visuelle.
Sécurité: Plus sécuritaire pour les enfants	Utilisation de billes plutôt que de l'eau, réduisant ainsi le risque de dégâts et de dangers pour les enfants		Renforcer les matériaux utilisés pour la base du moulin afin de prévenir tout dommage.

5.3 Analyse des résultats :

N de test	Objectif du test	Résultat	Conclusion et ajustements
1	Tester le nombre de billes nécessaires pour créer un poids remarquable sur le bouton	Il faut un minimum de 17 billes pour créer assez de force pour abaisser le bouton qui l'allume la lampe.	Ainsi, dans la tour où nous allons tenir les billes, nous aurons un minimum de 17 billes. Étant donné que le bouton reste allumé tant et aussi longtemps qu'une pression est appliquée dessus, nous ajouterons plus de billes dans la tour pour le garder l'allumer plus longtemps.
2	Vérifier l'angle le plus efficace de la pente pour maximiser l'impact sur les pales du moulin	En testant visuellement avec le tube et les billes, un angle de 45 degrés et ce qui nous permet une meilleure optimisation en terme du contrôle des billes ET de la pente.	
3	Tester l'effet de la longueur de la pente sur l'énergie des billes	Un tube de 12 pouces est ce qui permet d'accumuler le plus de billes tout en ayant une taille facilement transportable.	Nous allons utiliser une longueur de 12 pouces pour le tube.
4	Évaluer l'effet de la pente sur la constance de la rotation du moulin	Plus le tube est vertical, plus les billes frappent le moulin avec une force verticale puissante, et donc, plus celui-ci tourne vite.	Nous avons l'intention de trouver un compromis entre la pente (test 2) et la rotation du moulin pour que celui-ci puisse tourner aussi longtemps que la lumière est allumée.

6 Rappel des spécifications cibles et de la conception

	Critères de conception	Relation (=,< ou >)	Valeur	Méthode de vérification
	Exigences fonctionnelles			
1	Matériaux facilement montable et démontable	oui		Essai
2	Hauteur du moulin	<	50 cm	Essai
3	Poids de l'ensemble	<	5 kg	Essai

4	Consommation (LED)	<	3V	Essai
5	Stabilité	oui	Pas de déplacement	Essai
6	Inclinaison du tube	>	30 degré	Essai
7	Facile à manipuler	oui		Essai
	Exigences non fonctionnelles			
1	Sécuritaire	oui		Essai
2	Durée du montage	=	30 min	Essai
3	Durée de vie	>	5 ans	Essai
4	Esthétique	oui		Sondage
5	Ecologie	oui		Essai
	Contraintes			
1	Couts	<=	50$	Essai

6.1 Variation dans la conception

Spécifications initiale	Spécifications actuelle	Justification
Rotation du moteur	Poids des billes	Nous avons choisi d'insérer un bouton à la base de notre moulin. Le poids des billes sur celui-ci fermera notre circuit, pour donner l'impression que la rotation du moulin est ce qui génère de la lumière. Nous avons procédé avec ce choix puisque lors de notre analyse du prototype 1, afin de générer assez d'électricité avec le moteur, il faut que celui-ci ait une vitesse de rotation de 50 tours par seconde. Il est impossible d'atteindre une telle vitesse, soit avec des billes, soit avec l'eau. Et donc, nous avons procédé avec la solution du bouton mentionnée plus tôt.

7 Analyse des prototypes précédents :

7.1 Premier prototype – Moulin à eau

Au départ, notre prototype fonctionnait avec de l'eau, mais après en avoir discuté avec le client, nous avons décidé d'utiliser des billes à la place. Nous avons fabriqué la boîte, la turbine et les pales avec une imprimante 3D, mais certaines pièces manquaient de précision, ce qui a rendu l'assemblage plus difficile. Nous avions aussi pensé à un circuit fermé avec une pompe et un générateur pour faire remonter l'eau, mais nous avons vite réalisé que ce n'était pas faisable, car

cela demandait trop d'énergie et une hauteur d'eau trop grande. Après ces observations, nous avons décidé d'utiliser des billes au lieu de l'eau pour éviter les risques comme les courts-circuits. Nous avons aussi choisi un matériau plus résistant, le MDF, pour construire le moulin, car il permet une découpe plus précise et n'a pas de limite de taille. De plus, on nous a fait remarquer que l'assemblage du moulin seul n'était pas assez engageant pour les enfants. Pour rendre l'activité plus amusante et interactive, nous avons donc ajouté un jeu.

7.2 Deuxième prototype - Jeu interactif

Le jeu que nous avons conçu vise à sensibiliser les élèves de la 4e à la 7e année aux enjeux écologiques, à l'énergie renouvelable et au génie, tout en étant rapide et dynamique. Il se joue avec six équipes de 3 à 5 élèves, qui répondent à 2 questions couvrant des thèmes généraux tels que les sources d'énergie, les impacts environnementaux et les solutions durables à la suite d'une présentation de l'animatrice. Chaque bonne réponse permet à l'équipe de gagner une composante nécessaire à la construction de leur moulin à vent, rendant le jeu à la fois éducatif et interactif.

Si une équipe donne une mauvaise réponse, elle a la possibilité d'invoquer une autre équipe pour l'aider à répondre correctement et ainsi gagner la composante. Cela permet de maintenir un esprit de collaboration entre les équipes et d'éviter qu'une équipe ne se retrouve sans moulin à eau. Chaque équipe dispose d'environ 30 secondes pour discuter de la question et soumettre sa réponse. Après cela, une explication rapide est donnée pour renforcer la compréhension des concepts.

En intégrant ces questions dans l'activité, nous offrons non seulement un moyen ludique et informatif d'apprendre, mais aussi un espace pour susciter la réflexion sur des actions concrètes que chacun peut adopter pour préserver l'environnement. De plus, en limitant le questionnaire à plus de 20 minutes, nous nous assurons de laisser suffisamment de temps aux participants pour profiter pleinement de l'activité principale, tout en garantissant un équilibre entre apprentissage et engagement pratique. Cela permet d'optimiser le temps et de rendre l'expérience plus complète et interactive, sans compromettre le côté ludique et pédagogique de notre projet.

7.3 Évolution du prototype

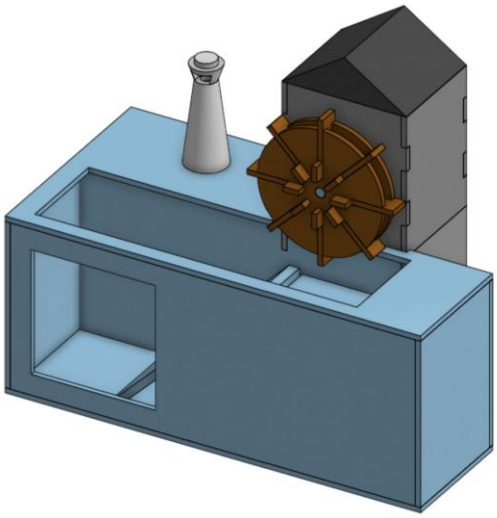
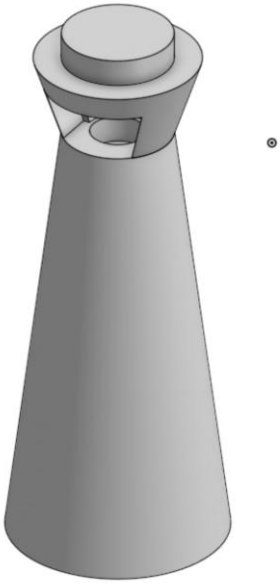
Face aux observations, nous avons décidé d'explorer une alternative plus viable : l'utilisation de billes à la place de l'eau. Nous avons décidé d'abandonner l'utilisation de l'imprimante 3D pour notre dernier prototype au profit de la découpe laser. Ce choix nous a permis de concevoir un moulin plus grand sans être limités par la taille des impressions, tout en bénéficiant d'une meilleure précision. Pour la fabrication, nous avons utilisé une plaque de MDF d'une épaisseur de 1/8" et de dimensions 18x24". Le concept repose sur le glissement de billes le long d'un tube en PVC, dont l'impact sur le moulin provoquera sa rotation. Les enfants auront la possibilité de

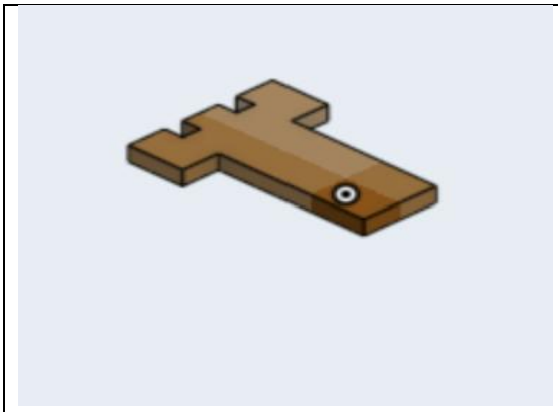
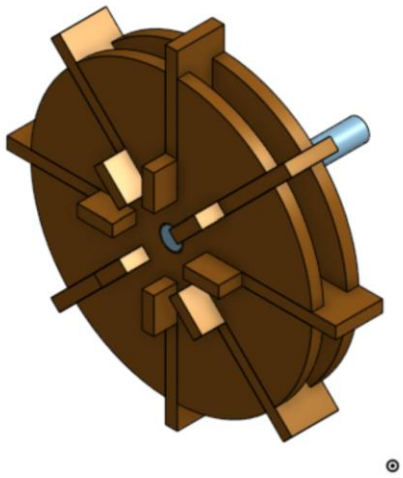
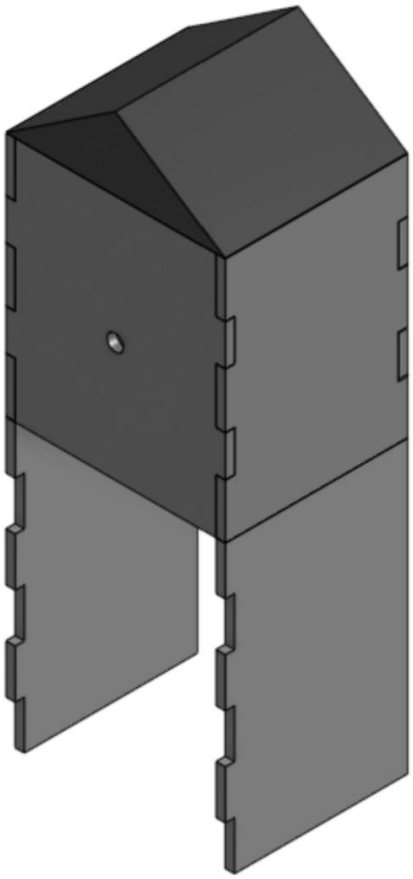
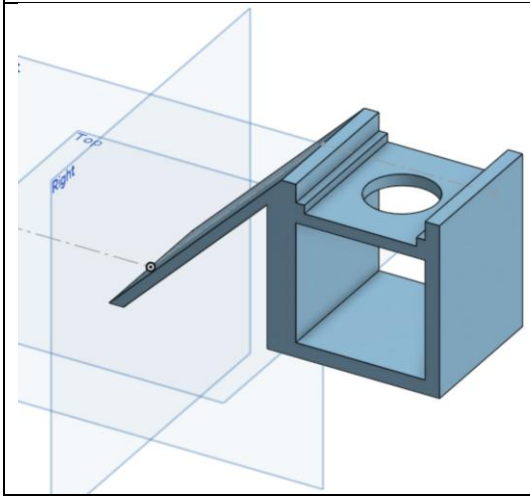
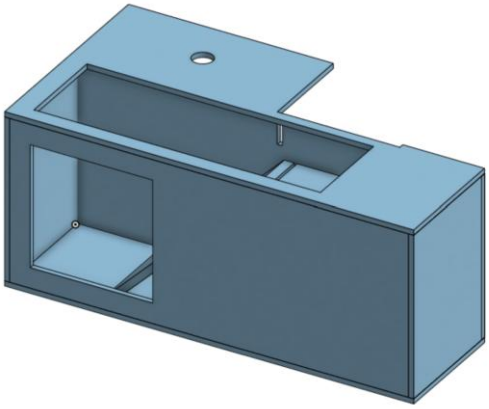
contrôler le débit des billes à l'aide d'une planche placée à l'ouverture entre le contenant et le tube. En soulevant cette planche, ils pourront laisser s'écouler les billes à leur rythme. Cette approche présente l'avantage d'éliminer les risques liés à l'utilisation de l'eau, notamment en présence d'un circuit électrique, tout en offrant une expérience interactive et sécurisée.

À la suite de nos tests, nous avons constaté que la rotation du moulin n'était pas suffisamment rapide pour produire l'énergie requise à l'allumage de la LED. Pour contourner ce problème, nous avons envisagé une alternative consistant à intégrer un bouton au fond du bac. Ainsi, lorsque les billes heurteront le bac, elles exerceront une pression sur le bouton, activant alors la LED. Ce dispositif crée une illusion selon laquelle l'énergie provient du moulin, alors qu'en réalité, l'allumage est déclenché par l'impact des billes.

8 Prototype final :

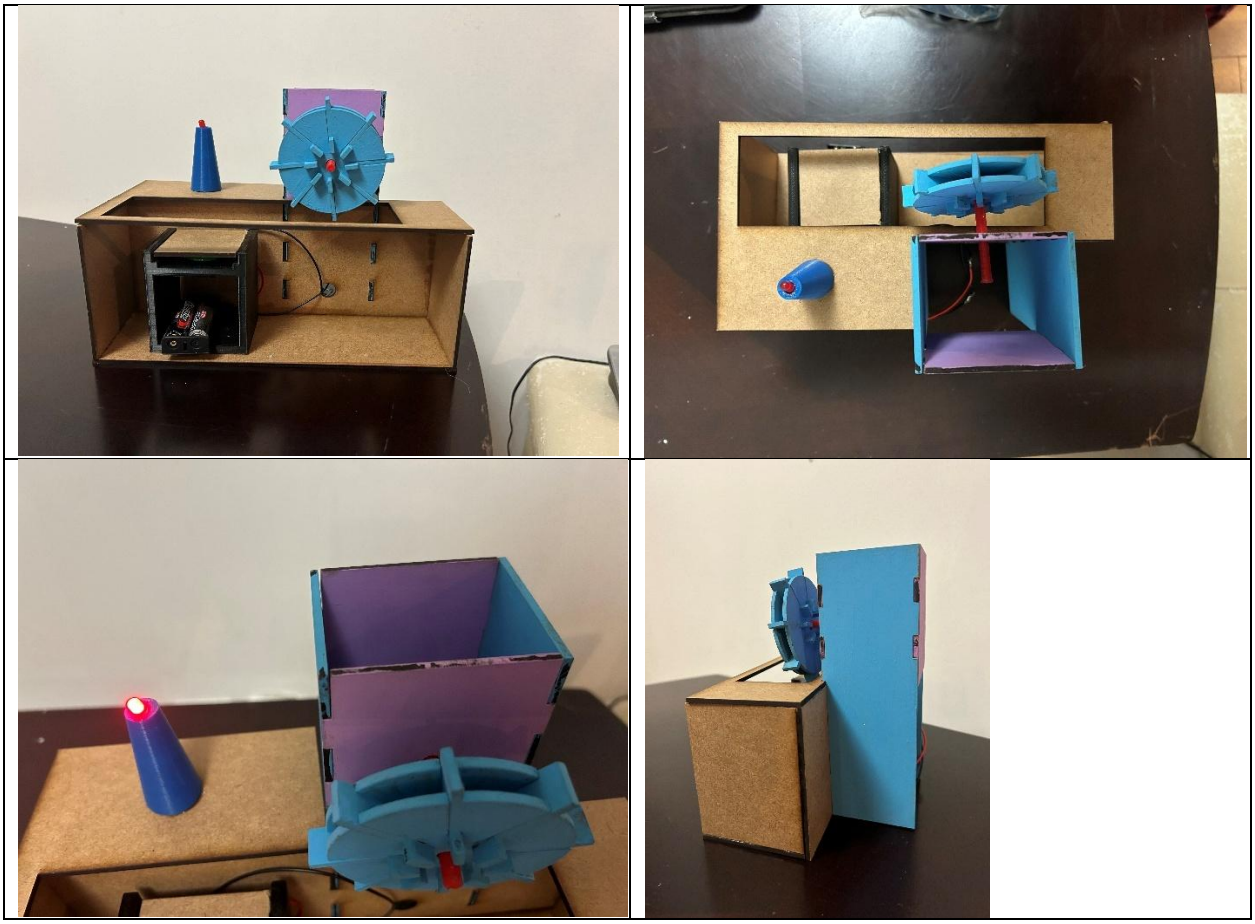
Conception Onshape du prototype final

Produit Final	Lumière - Fixe
	
Pales - Enfants	Base - Enfants

 	
Bouton - Circuit	Base - Fixe
	

Légende : Dans le tableau ci-dessus, les parties qui sont suivies du mot « fixes » veulent dire qu'elles seront assemblées au préalable : ce ne sont pas les élèves qui vont les toucher. De

l’autre côté, les parties qui ont le mot « enfants » associés avec eux sont des parties que les enfants devront construire elles-mêmes.



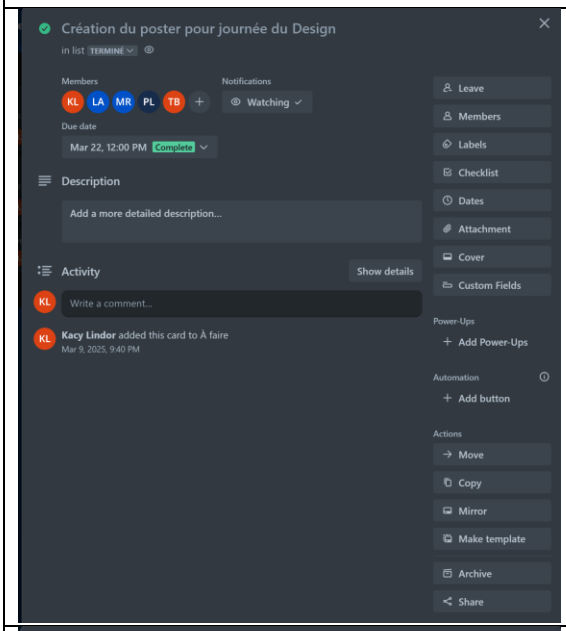
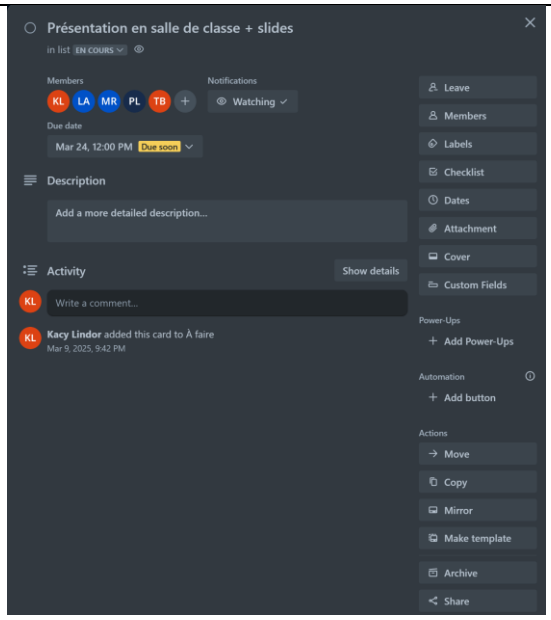
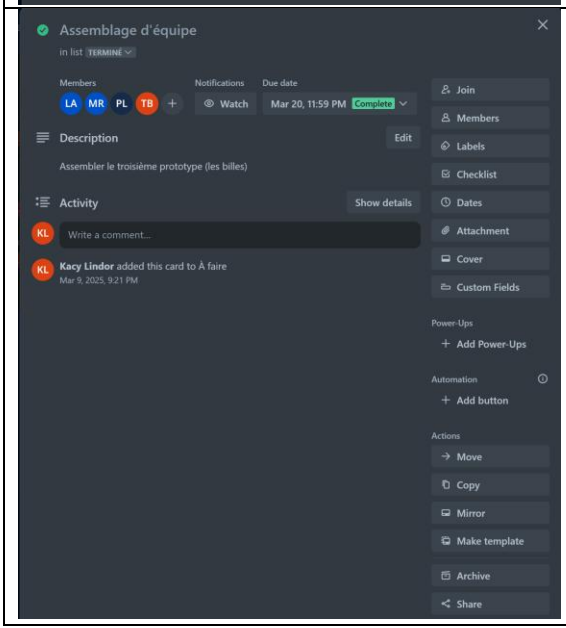
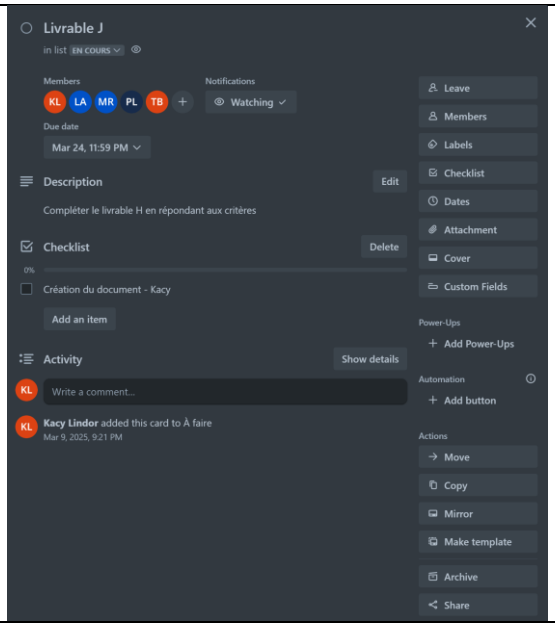
9 Préparation du manuel d’utilisation

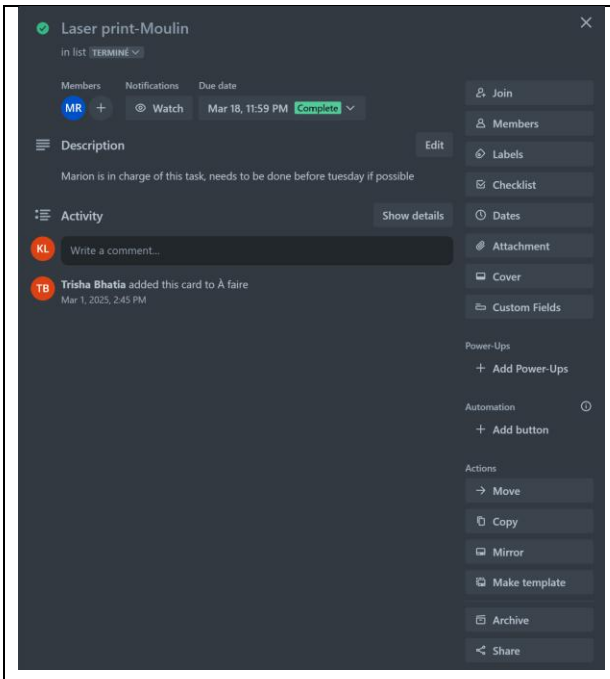
Voici un aperçu de la structure que nous avons l’intention de suivre pour le manuel d’utilisation

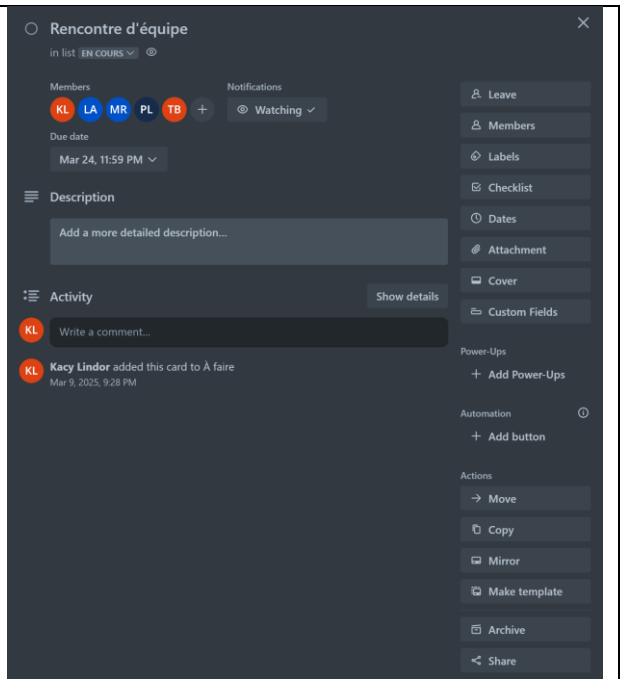
SECTION RÉSERVÉ À L’ANIMATEUR/L’ANIMATRICE (avant l’activité)		
Page	Titre	Description
1-3	Instructions de Montage pour la base de l’instructeur (page 1-3)	Détails des pièces Étapes du montage (à la manière du manuel IKEA)
4-5	Mode d’emploi (page 4-5)	Utilisation du moulin à eau Description du bouton et de la pile Fonctionnement du mécanisme de billes
SECTION UTILISÉE DANS LE JEU (pendant/après l’activité)		

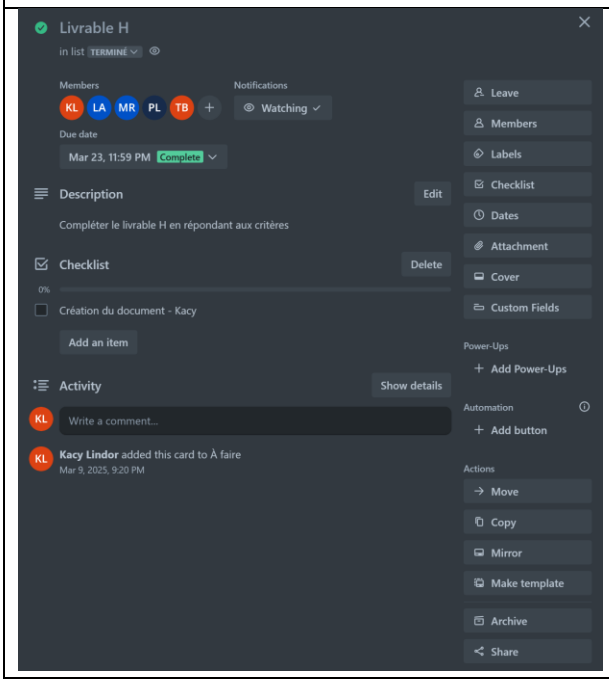
6-7	Présentation du projet (pages 6-7)	Inclut les objectifs pédagogiques Description du jeu de Jeopardy
8-11	Jeu et points	Règles du Jeopardy Valeur des pièces en termes de points Consignes pour le jeu en équipe
12	Dépannage	Résolution des problèmes courants (circuit bouton etc.)

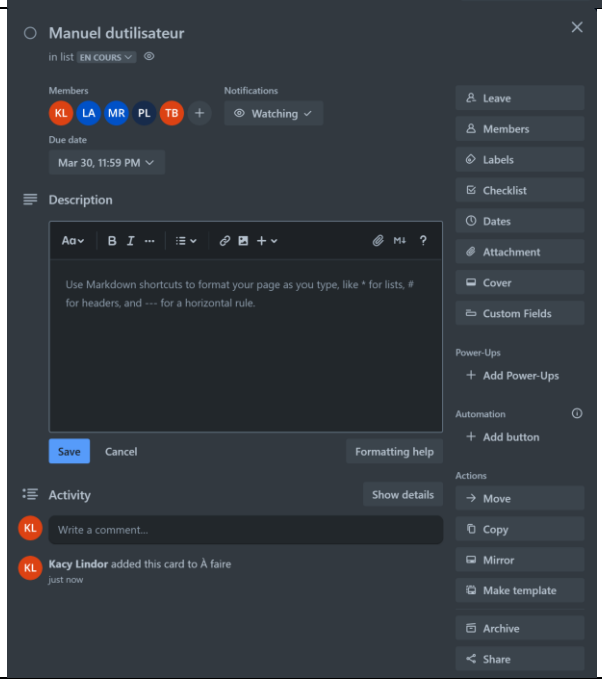
10 Mise à jour du plan Trello

Tâches Terminées	Tâches en cours
	
	


Laser print-Moulin
in list TERMINÉ
Members
Notifications
Due date
MR
Watch
Mar 18, 11:59 PM
Complete
Description
Edit
Marion is in charge of this task, needs to be done before tuesday if possible
Activity
Show details
KL
Write a comment...
TB
Trisha Bhatia added this card to À faire
Mar 1, 2025, 2:45 PM
Join
Members
Labels
Checklist
Dates
Attachment
Cover
Custom Fields
Power-Ups
Add Power-Ups
Automation
Add button
Actions
Move
Copy
Mirror
Make template
Archive
Share


Rencontre d'équipe
in list EN COURS
Members
Notifications
KL
LA
MR
PL
TB
Watching
Due date
Mar 24, 11:59 PM
Description
Add a more detailed description...
Activity
Show details
KL
Write a comment...
Kacy Lindor added this card to À faire
Mar 9, 2025, 9:28 PM
Leave
Members
Labels
Checklist
Dates
Attachment
Cover
Custom Fields
Power-Ups
Add Power-Ups
Automation
Add button
Actions
Move
Copy
Mirror
Make template
Archive
Share


Livrable H
in list TERMINÉ
Members
Notifications
KL
LA
MR
PL
TB
Watching
Due date
Mar 23, 11:59 PM
Complete
Description
Edit
Compléter le livrable H en répondant aux critères
Checklist
Delete
0%
Création du document - Kacy
Add an item
Activity
Show details
KL
Write a comment...
Kacy Lindor added this card to À faire
Mar 9, 2025, 9:20 PM
Leave
Members
Labels
Checklist
Dates
Attachment
Cover
Custom Fields
Power-Ups
Add Power-Ups
Automation
Add button
Actions
Move
Copy
Mirror
Make template
Archive
Share


Manuel dutilisateur
in list EN COURS
Members
Notifications
KL
LA
MR
PL
TB
Watching
Due date
Mar 30, 11:59 PM
Description
Use Markdown shortcuts to format your page as you type, like * for lists, # for headers, and --- for a horizontal rule.
Save
Cancel
Formatting help
Activity
Show details
KL
Write a comment...
Kacy Lindor added this card to À faire
just now
Leave
Members
Labels
Checklist
Dates
Attachment
Cover
Custom Fields
Power-Ups
Add Power-Ups
Automation
Add button
Actions
Move
Copy
Mirror
Make template
Archive
Share