

Livrable F – GNG 1503

Les ingénieurs

Le 02 mars 2025

## Table des matières

Table des matières .....	2
1 Introduction .....	3
1.1 Travaux connexes.....	3
2 Explication du prototype.....	3
3 Plan d'essai de prototypage.....	4
4 Rappel des spécifications cibles.....	7
5 Analyse .....	7
6 Rétroaction sur le premier prototype.....	8
6.1 Points forts.....	8
6.2 Points à améliorer .....	8
7 Plan d'essai du prochain prototype .....	9
8 Mise à jour du plan Trello .....	11
9 Conclusions .....	12
10 Annexe .....	13

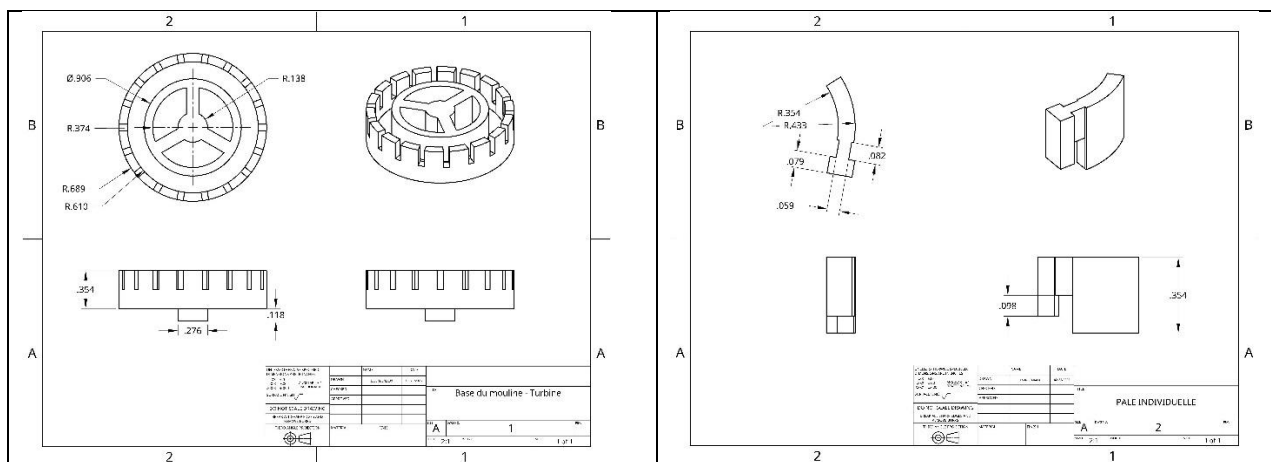
## 1 Introduction

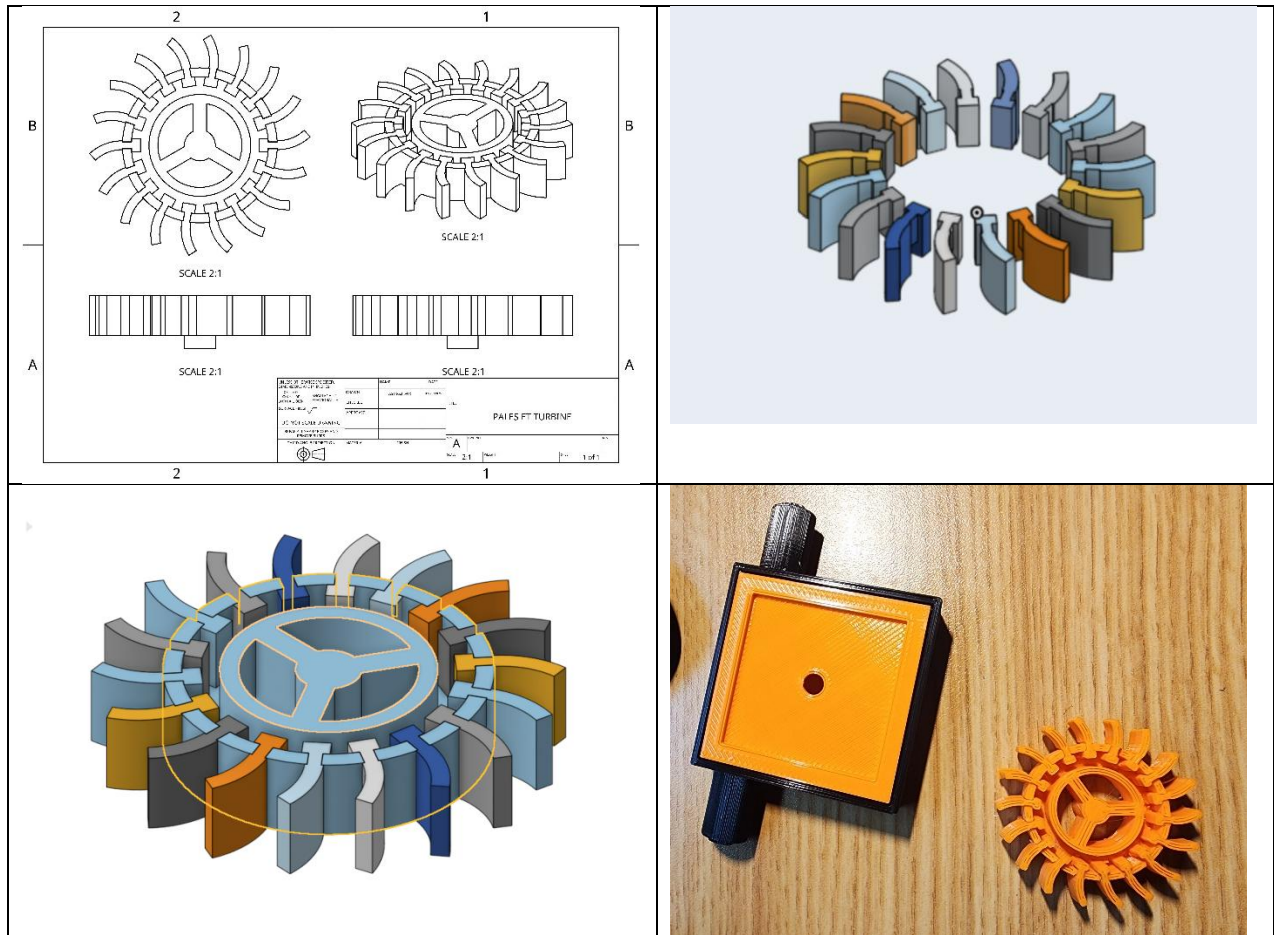
Dans ce livrable, il nous est demandé de réaliser un prototype visant à développer un premier prototype fonctionnel afin de tester et valider les hypothèses du concept. En utilisant des matériaux simples et peu coûteux, ce prototype permettra d'expérimenter une composante spécifique de notre solution générale et analyse de possibles problématiques. L'objectif principal est de recueillir des retours des utilisateurs et du client pour identifier les points forts et les possibles améliorations de la conception. Cette rétroaction nous aidera dans les décisions futures, pour ajuster la solution et mieux répondre aux attentes des utilisateurs.

### 1.1 Travaux connexes

Pour notre premier prototype, nous avons choisi de nous concentrer sur les pales de notre moulin à eau. La forme de celle-ci et leur efficacité à créer de lumière est le point central de notre projet. Si ceci n'est pas fonctionnel, toute notre activité et l'opportunité d'apprentissage pour les élèves tombe à l'eau. En se basant sur le livrable précédent, nous avons réalisé concrètement le moulin, les pales, et la turbine pour le tester de façon détaillée.

## 2 Explication du prototype





Pour le prototype 1, nous visons à vérifier la stabilité de la structure du moulin en observant si la base reste immobile lorsqu'un courant d'eau est appliqué. La méthode d'analyse consiste à laisser l'eau s'écouler à une certaine vitesse dans le moulin et à observer les déplacements ou les ruptures. Si la structure ne reste pas immobile, nous mesurerons son déplacement et la durée pendant laquelle elle s'est déplacée, en utilisant la vitesse de déplacement (cm/s) comme métrique. Le prototype est de fidélité moyenne et cible, et de type physique.

### 3 Plan d'essai de prototypage

N de test	Objectif du test	Prototype utilisé et méthode de test	Description des résultats à documenter et comment les utiliser	Durée estimée du test	Critère d'arrêt
1	Déterminer le rendement du moulin	Cible, comparer la quantité d'énergie	Le rendement énergétique du moulin est déterminé en	1 heure	Lorsque le rendement est stable et atteint

		produite par rapport au nombre de billes jetées par minute. Identifier l'énergie minimale requise pour allumer la LED.	% suivant la quantité d'énergie produite par rapport à un certain débit de billes. On peut utiliser ces résultats pour déterminer si le rendement répond à nos attentes, dans le cas contraire, identifier les raisons et porter des améliorations.		un seuil minimal pour allumer la LED, et que les variations dans le nombre de billes n'affectent plus de manière significative l'énergie produite.
2	Calculer la vitesse de rotation des pales	Cible, en fonction du débit d'eau, mesurer la vitesse de rotation des pales	La vitesse de rotation des pales est de x tours par minutes pour x L/min d'eau. Les données collectées peuvent nous guider à l'amélioration du prototype. Par exemple, si la vitesse de rotation est faible nous pouvons redéfinir la géométrie des pales.	1 heure	Lorsque la vitesse de rotation devient stable et atteint une valeur optimale en fonction des débits d'eau testés. Aucune variation significative n'est observée.
3	Stabilité	Cible, évaluer la stabilité du moulin face des variations	Voir si le moulin présente des défaillances	45 minutes	Lorsque le moulin résiste à

		de débit d'eau, de charges	sous l'application de charge ou la variation du débit de billes. Si le moulin ne peut pas résister à des charges ou à un certain débit, nous pouvons utiliser ces résultats pour porter des améliorations dans la structure de base du prototype.		toutes les variations de charge et de débit sans défaillance notable pendant un certain temps, et qu'il reste stable sous des conditions variables.
4	Sécurité des utilisateurs	Cible, vérifier que le moulin de présente aucun risque pour les utilisateurs	Vérifier si Les pièces mobiles sont bien protégées ou ne représentent aucun danger pour la sécurité des utilisateurs. Utiliser ces résultats pour améliorer efficacement le prototype du point de vue sécuritaire.	30 minutes	Lorsque le moulin ne présente aucun risque pour les utilisateurs, et qu'aucune pièce mobile dangereuse n'est détectée après une série de tests.
5	Facilite d'utilisation	Cible, déterminer si le moulin est facile à utiliser	Vérifier si les utilisateurs peuvent se servir facilement du moulin. Sinon utiliser ces	30 minutes	Lorsque les utilisateurs réussissent à utiliser le moulin sans difficulté, et qu'il n'y a pas

			résultats pour rendre l'utilisation plus facile.		de commentaires importants sur des améliorations nécessaires en matière de simplicité d'utilisation.
--	--	--	--	--	--

#### 4 Rappel des spécifications cibles

	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	Coûts	<=	50\$	Essai

#### 5 Analyse

Dans notre premier prototype, nous avons initialement conçu un moulin fonctionnant avec de l'eau. Cependant, après discussion avec le client, nous avons décidé d'utiliser des billes à la place de l'eau. Ainsi, notre premier prototype repose sur le concept d'un moulin à eau classique. Pour sa fabrication, nous avons utilisé une imprimante 3D afin de réaliser la boîte, la turbine et les pales. Toutefois, nous avons constaté que l'impression 3D manquait de précision, en particulier pour les petites pièces, ce qui a entraîné certaines difficultés lors de l'assemblage. De plus, dans

notre premier prototype, nous avons envisagé de concevoir un circuit fermé. L'idée était d'utiliser une pompe pour remonter l'eau en continu, évitant ainsi de devoir la verser manuellement à chaque cycle. Cette pompe aurait été alimentée par un générateur lui-même actionné par l'écoulement de l'eau. Cependant, nous avons rapidement réalisé que ce système était quasiment impossible à mettre en œuvre. En effet, il est difficile de garantir un apport constant en énergie, et nos calculs ont révélé qu'une hauteur irréaliste serait nécessaire pour obtenir l'énergie potentielle requise. Face à ces contraintes, nous avons décidé d'explorer une alternative plus viable : l'utilisation de billes à la place de l'eau. À la suite de ces observations, nous avons décidé d'abandonner l'utilisation de l'imprimante 3D pour notre prochain prototype au profit de la découpe laser. Ce choix nous permettra 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 utiliserons 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.

## 6 Rétroaction sur le premier prototype

*Les points suivants se basent sur la discussion que nous avons eue avec le client (Rencontre client 2), la discussion avec un autre groupe dans notre classe, et celle que nous avons eue avec le TA et la GP.*

### 6.1 Points forts

Lorsque nous avons présenté notre premier prototype à un autre groupe, au TA et à la GP, nous avons remarqué qu'ils avaient aimé l'idée de notre moulin à eau. Ils aimaient l'interactivité et l'efficacité de notre projet. Plus particulièrement, ils aimaient comment nous avons intégré un jeu pour les élèves afin qu'ils puissent « gagner » les composantes nécessaires à la réalisation de leur projet. Cet aspect nous permet d'utiliser le plus de temps possible, tout en instruisant les élèves sur différents aspects de l'écologie, l'énergie renouvelable et l'environnement, tous des aspects en lien avec notre projet. Ensuite, les introduire à un concept d'énergie renouvelable comme le moulin à eau et l'hydrologie, quelque chose de moins populaire, était aussi une partie de notre projet qu'ils avaient aimé.

### 6.2 Points à améliorer

Utilisation de l'eau : Tel que mentionné plus tôt, lorsque nous avons présenté notre tout premier prototype au client, celui-ci n'avait pas aimé le fait que nous utilisions de l'eau pour notre projet, étant donné que cela pourrait poser un problème pour la propreté et la sécurité avec l'électricité. Plus précisément, le client pense que l'eau n'est pas une bonne approche pour le moulin car cela



peut s'avérer dangereux en raison du circuit électrique, alors nous avons trouvé une alternative. Nous avons décidé d'utiliser des billes pour simuler un courant l'eau. Les billes seront lâchées d'une certaine hauteur, et leur force provoqueront une rotation du moulin, générant de l'électricité pour allumer une lumière.

Interactivité : Le montage seul d'un moulin n'est pas assez stimulant pour un enfant, cela peut le désintéresser, alors nous avons pensé à inclure un mini jeu avant le montage du moulin. Tel que mentionné plus tôt, nous allons proposer des énigmes, des questions aux élèves pour qu'ils puissent gagner les pièces nécessaires à la construction de leur moulin. Cette activité rendra le tout plus interactif, tout en étant plus instructif.

À la suite de notre rencontre avec notre TA et la GP, ils nous ont aussi recommandé d'avoir un mécanisme de relâche spécifique pour les billes. Ceci permettrait aux élèves de remarquer comment le flux des billes à un impact sur la durée, l'intensité ou même la présence de la lumière. Ainsi, un lien entre la quantité de billes et l'eau pourrait être établi, les permettant de réfléchir à la production d'énergie renouvelable dans la vraie vie.

## 7 Plan d'essai du prochain prototype

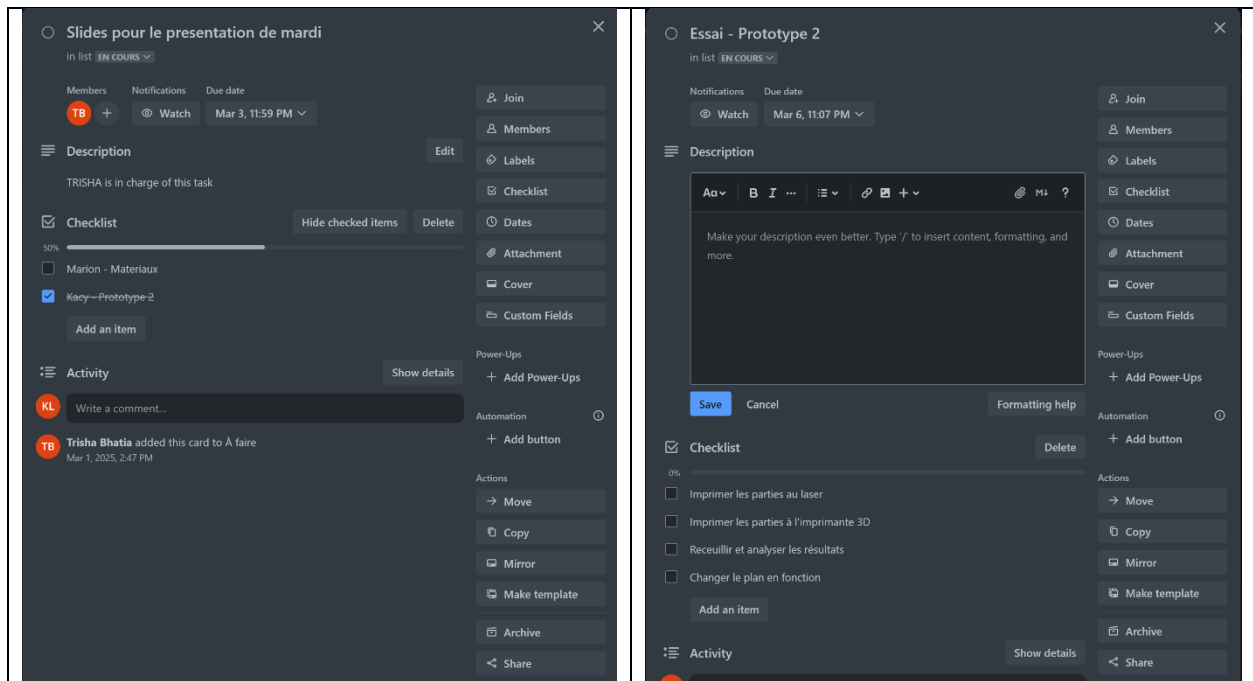
N de test	Objectif du test	Prototype : Plan incliné modulable avec des pentes ajustables (ex. 10°, 20°, 30°).	Description des résultats à documenter et comment les utiliser	Durée estimée du test	Critère d'arrêt
1	Tester l'influence de la pente sur la vitesse de la bille	L'objectif est de faire rouler 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	L'objectif est de tester les impacts sur les pales avec des	Noter la puissance de l'impact en fonction de	Test de 30 minutes	Lorsque l'angle optimal pour maximiser

	pour maximiser l'impact sur les pales du moulin	billes de même taille.	l'angle; où les billes frappent le plus les pales le plus efficacement pour provoquer la meilleure rotation du moulin.		l'impact sur les pales est clairement identifié et les variations d'impact deviennent 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.

## 8 Mise à jour du plan Trello

The image displays four screenshots of Trello cards, arranged in a 2x2 grid, illustrating updates to a project plan. Each card is titled 'Livable F' and is in the 'TERMINÉ' (Completed) list.

- Top Left Card:** Titled 'Livable F'. It shows a checklist with 100% completion. The checklist items are: Onshape - Kacy, Laser print - Marion, Introduction - Kacy, Travaux connexes - Kacy, Explication de Prototype, Plan d'essais de prototype, Plan d'essais du nouveau prototype, Specification cible - Marion, Analyse - Kacy, Rétroaction de Client - Trisha, Trello - Trisha, and Conclusion - Kacy. The card is assigned to TB, KL, LA, MR, and PL. The due date is Mar 2, 11:59 PM, and it is marked as 'Complete'.
- Top Right Card:** Titled 'UPDATE Trello pour livrable F'. It shows a description field with the text 'Add a more detailed description...'. The card is assigned to TB. The due date is Mar 2, 11:00 PM, and it is marked as 'Complete'.
- Bottom Left Card:** Titled 'Repartition des roles - Livrable F'. It shows a description field with the text 'Determine les roles pour chaque personnes dans l'équipe'. The card is assigned to TB, KL, LA, MR, and PL. The due date is Mar 2, 11:59 PM, and it is marked as 'Due soon'.
- Bottom Right Card:** Titled 'Onshape de Nouveau moulin et Palles'. It shows a description field with the text 'Add a more detailed description...'. The card is assigned to TB. The due date is Mar 2, 11:59 PM, and it is marked as 'Due soon'.



## 9 Conclusions

Nous avons ainsi l'intention de refaire un test pour le moulin, étant donné que nous avons changé sa conception, favorisant des billes plutôt que de l'eau. Ensuite, pour notre prochain prototype, nous allons tester qu'elle pente favorise une rotation efficace du moulin. De cette façon, lors de notre conception finale, nous allons être en mesure de savoir qu'elle pente génère de l'énergie, d'expliquer cela aux élèves, pour lier notre prototype à la conservation d'énergie. Les recommandations que nous avons reçues de la part de nos camarades de classe ainsi que des TA et GP seront pris en considération dans la conception de notre nouveau produit afin de l'améliorer.

## 10 Annexe

*À la suite de nos discussions, nous avons modélisé une ébauche de notre nouvelle idée.*

