

Livrable H

# Prototype 3

Soumis à

Emmanuel Bouendeu

Khansaa Salhi

Katrine Labonté

Par

Mariame Ba, 300384093

Ayman Diarra, 300393706

MacKenzie Dutrisac, 300438937

Tristan Larabie, 300441655

Charlotte Marchand, 300446893

Gamila Norelden, 300419887

Dans le cadre du cours

GNG1503 – Génie de Conception

Université d'Ottawa

2025-03-23

## Résumé

Dans ce livrable nous allons présenter notre troisième prototype, une version améliorée du deuxième, intégrant les améliorations issues de la rétroaction de notre client et de notre coach. Il comprend la mise à jour de notre conception, le code de prototypage en Python, le nouveau plan d'essai, ainsi que la révision de notre NDM. Pour finir, nous y allons détailler notre plan de prototypage pour le troisième prototype intégrant les différents tests et les résultats.

## Table des matières

Résumé .....	1
Liste des tableaux .....	3
Liste des figures .....	3
Introduction .....	4
Rétroaction du client et du prof.....	4
Prototype 3.....	4
Partie logicielle .....	5
Partie interface.....	6
Partie Mécanique .....	7
Résultats et analyse .....	9
Mise-à-jour de la NDM.....	13
Liste des risques importants.....	13
Conclusion .....	14

## Liste des tableaux

Tableau 1. Plan détaillé du prototype 3 .....	9
Tableau 2. La fiche de Nomenclature des Matériaux, mise à jour .....	13

## Liste des figures

Figure 1. Test du programme pour le système chrono-tour .....	6
Figure 2. Aperçu de l'interface en mode plein écran .....	7
Figure 3. Les éléments du menu de l'interface .....	7
Figure 4. Photos du prototype 3 .....	8

## Introduction

Lors d'un projet de conception, le prototypage et les essais sont des étapes essentielles de la conception finale du produit. Elles servent comme outils d'amélioration du concept, afin de livrer le meilleur produit possible. Dans le cas de notre projet – le système chrono-tours—elles sont nécessaires pour vérifier la fiabilité de notre solution. Ce livrable se concentre sur le troisième et dernier prototype du projet, et englobe la totalité de notre conception. D'abord, le prototype est décrit selon sa fonction et ses buts, ainsi que selon chacun de ses composantes. Ensuite, il y a une analyse des données et des résultats, suivi par les modifications de la NDM et des spécifications cibles dues à ces résultats. Enfin, les rétroactions concernant le prototype sont documentées.

## Rétroaction du client et du prof

Un point important qui a été mentionné par notre coach est par rapport au composé 13 de notre nomenclature des matériaux, un bouton poussoir qu'on utilisera pour notre prototype pour pouvoir compter le nombre de tours. Il nous a conseillé de s'assurer que le bouton soit bien fixé pour ne pas bouger ou se défaire au contact de la voiture. Ceci nous a amené à la décision de fixer le bouton sur une surface plane et à terre.

## Prototype 3

### Quoi?

Ce prototype est un prototype complet et compréhensif du produit final. Il inclut la partie mécanique (la rampe et les portes), la partie électronique (Arduino et les circuits boutons/lumières), et la partie logicielle (Arduino, le code, et l'interface utilisatrice). Le test consiste à vérifier la stabilité de rampe lorsque la planche de MDF est mise sur le tendeur élastique, et de faire passer un objet lourd (bouteille d'eau remplie à la moitié) sur la rampe afin de peser le bouton et vérifier la fiabilité du système.

### **Pourquoi?**

Il a pour but de tester le concept complet, afin de vérifier son fonctionnement sa stabilité, et surtout sa fiabilité, une métrique très importante pour le client. Ce prototype s'agit du dernier prototype du projet, et sert de vérification générale du système.

### **Quand?**

Le prototype a été construit tout au long de la semaine du 17 mars au 22 mars 2025. Les tests ont été effectués le 22 mars 2025.

### **Partie logicielle**

Le code a été optimisé et on a essayé de réduire les erreurs qui pourraient se passer. La plus critique des erreurs est:

- Quand le bouton est accidentellement appuyé plusieurs fois. Les signaux additionnels ont pu être détectés grâce à des estimations. Un tour de piste devrait durer en moyenne 11.5 secondes. Donc si le même bouton est appuyé plusieurs fois en moins de 2 secondes par exemple, on peut négliger ces signaux et continuer l'exécution du code.

Voici le résultat d'un test effectué. Autour du 9<sup>e</sup> passage, le bouton a intentionnellement été appuyé 2 fois pour voir comment le système allait traiter cela. À droite, on peut voir quand les boutons ont été appuyés et à gauche, on voit comment les passages ont été comptabilisés.

```

=== Programme de comptage de tours ===
Tour 1 complété en 6.8 s.
Tour 2 complété en 5.8 s.
Tour 3 complété en 6.0 s.
Tour 4 complété en 6.2 s.
Tour 5 complété en 6.1 s.
Tour 6 complété en 7.2 s.
Tour 7 complété en 8.2 s.
Tour 8 complété en 6.2 s.
Tour 9 complété en 7.2 s.
Tour 10 complété en 7.0 s.
Résultats enregistrés dans lap_times.csv
Port série fermé

Process finished with exit code 0

```

LAP NO.	SPLIT	TOTAL
Lap 10 ✓	00:07.01	01:07.16
Lap 10 ✓	00:06.26	01:00.14
Lap 9 ✓	00:01.02	00:53.87
Lap 8 ✓	00:06.21	00:52.85
Lap 7 ✓	00:08.20	00:46.63
Lap 6 ✓	00:07.12	00:38.43
Lap 5 ✓	00:06.08	00:31.30
Lap 4 ✓	00:06.19	00:25.21
Lap 3 ✓	00:06.06	00:19.02
Lap 2 ✓	00:05.98	00:12.96
Lap 1 ✓	00:06.97	00:06.97

Figure 1. Test du programme pour le système chrono-tour

À noter que le code a été rédigé que pour une porte (notre prototype 3). Mais il sera facile de le modifier pour la compétition le moment venu.

## Partie interface

Le code de l'interface a entièrement été rédigé en Python et optimisé à l'aide d'une intelligence artificielle appelée [Claude](#) (un produit de l'Entreprise [Anthropic](#)).

Vu que le contenu du code est très long, le lien vers le [github](#) de notre projet sera partagé pour consultation.

Le code a été rédigé avec une simulation permettant de démontrer les fonctionnalités au client. Comme montré sur le coin gauche inférieur de la figure 3, on peut choisir si on veut simuler ou si on veut détecter les ports Arduino et commencer réellement la course.

COURSE DE VOITURES - LEADERBOARD				
Temps écoulé: 00:00:00			Tours: 0/10	
Pos	Voiture	# Tour	Tour actuel	Meilleur tour
1	École 1	0	--:--:--	--:--:--
2	École 2	0	--:--:--	--:--:--
3	École 3	0	--:--:--	--:--:--
4	École 4	0	--:--:--	--:--:--

Figure 2. Aperçu de l'interface en mode plein écran

Fichier	Course	Configuration		Course	Configuration	Aide
Nouvelle course		Ctrl+N		Démarrer		Ctrl+S
Exporter les résultats		Ctrl+E		Pause/Reprendre		Ctrl+P
Plein écran		F11		Arrêter		Ctrl+X
Quitter		Ctrl+Q		Simuler un passage		Space
Configuration	Aide			Aide		
Paramètres de la course		Ctrl+R		Instructions		F1
Configurer les écoles		Ctrl+C		À propos		F12
Port COM						
✓ Mode Simulation						
Mode Détection réelle						

Figure 3. Les éléments du menu de l'interface

## Partie Mécanique

La partie mécanique est constituée d'une rampe dont la surface est faite à partir de MDF et de « portes », qui sont faites en bois. La rampe complète comporte un tendeur élastique, qui le soutient lorsqu'elle est au repos, et qui la laisse descendre lorsque la voiture passera dessus.



Le bouton et son circuit se trouveront sur la base (en bois mince). Lorsque la rampe descend, le bouton est pesé et la rampe remonte dû au tendeur élastique. La bouteille utilisée pour le test est une bouteille de 24 oz ayant une masse initiale (avant le remplissage) d'environ 544g. Nous l'avons remplie juste au-dessus de la moitié, ce qui donne une masse approximative finale entre 884g et 1000g (entre 12 oz d'eau et 16 oz).

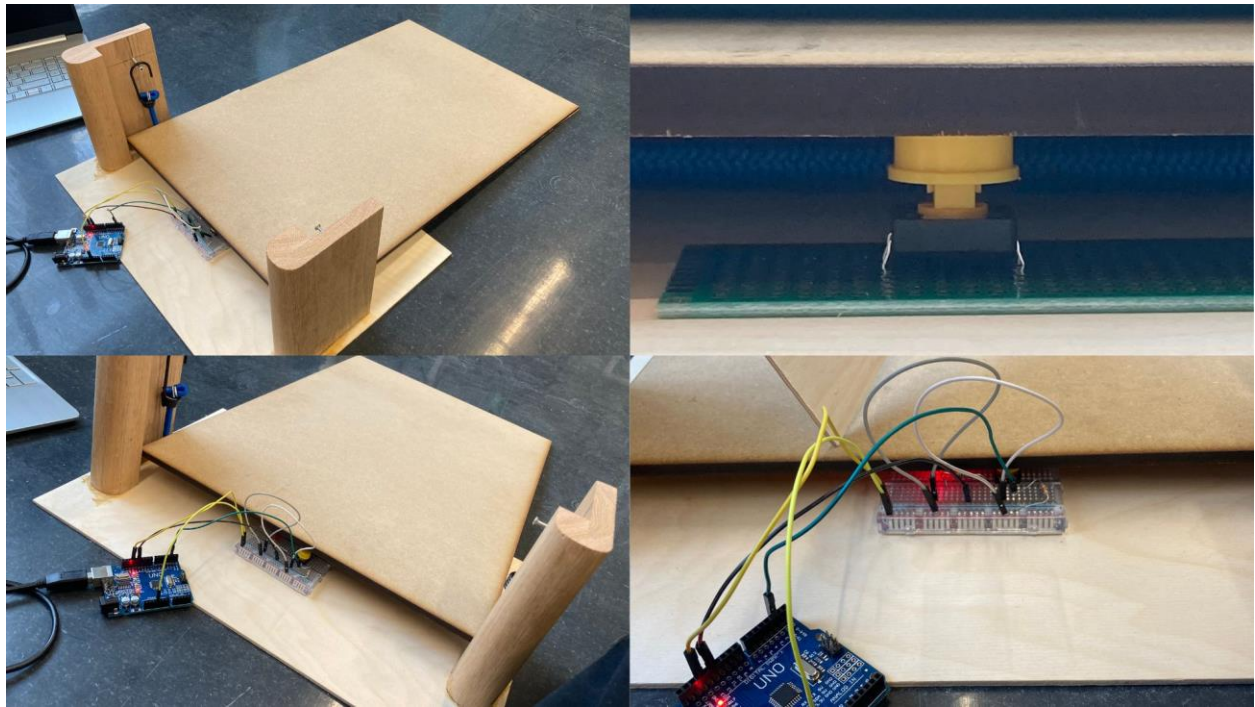


Figure 4. Photos du prototype 3

## Résultats et analyse

En général, les essais avec le prototype 3 ont été des réussites. Les détails se trouvent dans le Tableau 1, qui a été mise à jour avec trois nouvelles rangées.

Tableau 1. Plan détaillé du prototype 3

# Test		1	2	3
<b>Problème critique probable</b>	<i>Assomptions qui sont faites.</i>	La rampe est assez forte afin de supporter le poids de la voiture lorsqu'elle passe dessus.	Quand les ressorts se compressent et la rampe descend, le bouton est pesé.	Lorsque la voiture passe sur la rampe et le bouton est pesé, l'interface est mise à jour avec les informations actuelles.
<b>Objectif du test</b>	<i>Communication, mesure de la performance, gestion des risques, apprentissage/compréhension.</i>	Mesurer la durabilité et stabilité de la rampe.	Vérifier la fiabilité/actuation du système complet.	Vérifier la mise à jour des informations dans l'interface sur l'ordinateur.
<b>Description du test</b>	<i>Qu'allez-vous tester précisément ? Quelle est votre hypothèse ?</i>	Faire passer la voiture plusieurs fois dessus et voir si elle craque/brise/penche	Faire passer la voiture dessus plusieurs fois afin de voir si la rampe descend assez pour que	Faire passer la voiture sur la rampe plusieurs fois, et lorsque le bouton est pesé, on vérifie le

			le bouton soit pesé.	logiciel/interface afin de voir si les informations sur la voiture sont bien enregistrées.
<b>Méthode d'analyse</b>	<i>Plus précisément, comment allez-vous tester, en incluant des éléments tels que la durée, la séquence de test, l'équipement, les critères de réussite/échec, etc. Comment les résultats seront-ils collectés ?</i>	Regarder la rampe afin de voir si elle est bien stable et si elle remonte. Tester environ une vingtaine de fois, et si elle fonctionne/est stable, on passe au prochain test.	Vérifier le « output » du logiciel et si la lumière sur le poteau allume. S'il s'allume, la voiture elle est passée. On vérifie aussi le logiciel afin de voir si le tour sera compté. Quand la fiabilité atteint 90%, les tests arrêtent. Quand la fiabilité atteint 90%, les tests arrêtent.	Vérifier l'interface sur un ordinateur après que la voiture est passée. Vérifier aussi la vitesse avec laquelle l'interface est mise à jour. Quand la fiabilité atteint 90%, les tests arrêtent.
<b>Déterminer les éléments mesurables</b>	<i>Que testez-vous avec votre concept (attributs mesurables cibles) ?</i>	Stabilité, rigidité, capacité des ressorts à soutenir la rampe.	Fiabilité, efficacité, vitesse de	Fiabilité, vitesse de mise à jour.

			traitement des donnés.	
<b>Métriques</b>	<i>Quelles mesures allez-vous tester ? Quelles sont les unités associées ?</i>	Masse(g) et masse soutenue (g)	Vitesse de traitement (s)  Fiabilité (%)	Vitesse de mise à jour (s)  Fiabilité (%)
<b>Type de prototype</b>	<i>Analytique, Physique</i>	Physique, complet.	Physique (électrique) et logiciel, complet.	Physique (électrique) et logiciel, complet.
<b>Niveau de fidélité</b>	<i>HiFi/LoFi Focused, HiFi/LoFi Compréhensive</i>	HiFi, compréhensive,	HiFi, compréhensive.	HiFi, compréhensive
<b>Date et durée de l'essai</b>	<i>22 mars 2025, durée de 30 minutes</i>	<i>22 mars 2025, durée de 30 minutes (au complet)</i>	<i>22 mars 2025, durée de 30 minutes (au complet)</i>	<i>22 mars 2025, durée de 30 minutes (au complet)</i>
<b>Résultats</b>	<i>Observez et enregistrez les résultats</i>	La rampe est bien soutenue. Elle ne tombe, brise, craque pas.	Les ressorts ont été changés pour un tendeur élastique. Le bouton est pesé par la bouteille à chaque fois, pour un taux de 10/10 (100%)	L'interface n'a pas été testé en même temps, mais fonctionne lorsque le bouton (seul) est pesé.

<b>Interprétation et rétroaction</b>	<i>Réussite ou échec et autre rétroaction recueilli sur le prototype</i>	Réussite. Il n'y a pas de problèmes concernant la stabilité de la rampe lorsque la bouteille passe dessus. Lors de l'assemblage, nous avons remarqué que si on pousse les côtés de la planche en MDF, elle bascule très légèrement de gauche à droite. Cela n'a pas affecté les tests néanmoins.	Réussite. À chaque fois que la bouteille a été roulée sur la rampe, la lumière s'est allumée, indiquant que le bouton a été pesé. Sur 10 essais, le bouton est pesé 10 fois, donnant une fiabilité de 100%.	Réussite partielle. On sait que la mise à jour de l'interface est faite lorsque le circuit est monté et que le bouton est pesé, mais nous n'avions pas eu la chance de tester l'interface avec la bouteille.
--------------------------------------	--	--	---	--

Il y a quelques autres mentions à faire. Le tendeur élastique peut potentiellement être un visuel un peu rudimentaire, mais ce dernier peut être remplacé par des élastiques, qui se cachent mieux derrière les « portes » en bois. Si ce changement est fait, il faudrait refaire quelques essais afin de vérifier la stabilité du système mécanique, ainsi que le fonctionnement du mécanisme de bouton.

Aussi, il est pertinent de mentionner que les tests n'ont pas été faits avec la voiture, et nous essayons déjà de planifier un temps pour utiliser cette voiture afin de concrétiser nos résultats.

## Mise-à-jour de la NDM

Une partie de la NDM a été approuvée, mais il y a deux items qui ont été ajoutés depuis la dernière approbation.

Tableau 2. La fiche de Nomenclature des Matériaux, mise à jour

Nomenclature des Matériaux							Légende:	Approuvé
# item	Nom de l'item	Description	Unité de mesure	Quantité	Coût unitaire	Coût étendu		Non-approuvé
1	Fils électriques	Fil de 5pi (1 sous par pied)	Unité	5	\$ 0,01	\$ 0,05		
2	Proto Board	4 x 6 cm	Unité	1	\$ 1,50	\$ 1,50		
3	MDF	Panneau prédécoupé polyvalent. Épaisseur: 1/4". Dimension: 18 x 24"	Unité	1	\$ 4,00	\$ 4,00		
4	Baltic Birch	12"x24"	Unité	1	\$ 8,00	\$ 8,00		
5	Vis	Pour le Arduino.	Unité	4	\$ 0,01	\$ 0,04		
6	Lumière LED	LEDs de 5 mm	Unité	1	\$ 0,01	\$ 0,01		
7	Resistance	10kΩ	Unité	1	\$ 0,01	\$ 0,01		
8	Résistance	220Ω	Unité	1	\$ 0,01	\$ 0,01		
7	Bouton poussoir marche/arrêt momentané	En appuyant sur le bouton, cela s'active et en laissant le bouton, il revient à son état initial.	Unité	25	\$ 0,52	\$ 13,00		
8	Ressort	Ressort élastique de trampoline	Unité	10	\$ 1,10	\$ 11,00		
9	Tendeur élastique	Pour le mécanisme de la rampe	Paquet	1	\$ 1,99	\$ 1,99		
10	Élastiques	Pour le mécanisme de la rampe (si le tendeur n'est pas assez beau)	Sac	1	4,05	4,05		
Coût total du produit (sans taxes ou livraison)						\$ 43,65		
Coût total du produit (avec taxes et livraison)						\$ 49,32		

## Liste des risques importants

Le risque le plus important est l'absence de fiabilité du produit final. Avec le prototype 3, nous avons vérifié que le système fonctionne 10 fois sur 10, mais on ne l'a pas testé avec la vraie voiture, juste un objet de masse similaire. L'échec du système lors de l'utilisation de la voiture téléguidée représente un risque important pour la réussite du système mécanique.

## Conclusion

Ce livrable présente le troisième prototype pour le projet de conception, Il contient tous les ajustements nécessaires qui ont été appliqués en prenant compte des rétroactions du client/prof. Les parties logicielle, interface et mécanique ont été expliquées en détail. L'analyse des résultats nous a permis d'identifier tous les points nécessaires à modifier afin de pouvoir perfectionner notre produit final.