



Projet conception produit 2020-2021

RAPPORT DE MI-PARCOURS



EXPEREMORQUE

GROUPE 06 :

Eglantine CONDROYER

Pierre-Marie RENEAUME

Clément LE MEN

Flavien MENARD

Nolan GAUVIN

Victor MAGHE

Année universitaire 2020-2021

Promotion 123

Version(s)

		Rédacteur(s)		Approbateur(s)	
Version(s)	Détail	Date	Nom	Date	Nom
V1	Fonctions, solutions envisagées et plan du prédimensionnement	12/11/2020			
V2	Croquis des solutions, argumentaire et dossier de calculs pré dimensionnement	20/11/2020			
V3	Fichier CAO et dossier calcul	7/12/2020			
V4	Rapport final	10/05/2021			

CONTACTS

ICAM Site de Nantes	
Victor MAGHE	victor.maghe@2023.icam.fr
Clément LE MEN (Chef de projet)	clement.le-men@2023.icam.fr
Nolan GAUVIN	nolan.gauvin@2023.icam.fr
Flavien MENARD	flavien.menard@2023.icam.fr
Pierre-Marie RENEAUME	pierre-marie.reneaume@2023.icam.fr
Eglantine CONDROYER	eglantine.condroyer@2023.icam.fr

TABLE DES MATIERES

1. Introduction	4
2. Cahier des charges et planning	4
A. Cahier des charges fonctionnel	4
B. Planning	6
3. Choix de nos solutions	7
A. Schéma de la remorque	7
B. Schéma cinématique de l'Experemorque	8
C. Explication des choix de nos solutions technologiques	9
D. Plans pour la modélisation SolidWorks	9
E. Attaches pour retenir le sac	11
4. Dossier de Prédimensionnement	12
A. Dimensionnement du cadre de la remorque	12
B. Dimensionnement de la roue	16
C. Redimensionnement de la plateforme pour poser le sac	16
D. Dimensionnement des Pivots	17
E. Dimensionnement de la plateforme	20
6. Dossier SolidWorks	23
A. Bâti	23
B. Liaison au vélo	24
7. Etude en éléments finis	26
8. Gamme de montage	30
9. Procédés de fabrication	36
10. Etude de marché dans une perspective de vente	36
C. Caractéristiques générales du marché de la vente de remorques en France	37
D. Délimitation de la zone de marché	37
E. Segmentation du marché	38

F.	Conclusion de l'étude de marché :	40
11.	ECONOMIE D'ÉCHELLE	41
G.	Définition de cette notion	41
H.	Application à notre projet	41
I.	Résultats de la mise en force de nos hypothèses	43
J.	Bilan	44

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Diagramme pieuvre	5
Figure 2 : Image de remorque 1 Figure 3 : Image de remorque 2	8
Figure 4 : Plan de la remorque avec les points significatifs	13
Figure 5 : Figure du modèle RDM 7 étudié puis les résultats obtenus suite à l'étude du modèle.	14
Figure 6 : Exemple de roue disponible sur le marché	16
Figure 7 : Déformée de la poutre	19
Figure 8 : Etude des limites de la section « ROND PLEIN » pour un diamètre donné.....	20
Figure 9 : contreplaqué	20
Figure 10 : Etude du modèle RDM7 de la plaque centrale de la remorque.....	21
Figure 11 : axe de vélo avec ses dimensions	24
Figure 12 : Aperçu de la remorque sur SolidWorks	25
Figure 13 : Vue de profil de la mise en plan de l'assemblage final	26
Figure 14 : Nomenclature de l'assemblage final	26
Figure 15 : Graphique de l'évolution du marché des vélos.....	37

1. INTRODUCTION

Lors de cette année 2020/2021, le corps enseignant de l'ICAM propose un projet de création d'une remorque à vélo. La demande a mené à l'élaboration d'un cahier des charges adapté à une remorque à vélo dédiée à des voyages comme "l'Experiment".

"En milieu de cursus, chaque étudiant prépare un projet personnel de quatre mois qui lui permettra de vivre une expérience forte et formatrice. Cette expérience l'aidera à mûrir et apportera une vraie valeur ajoutée à son projet de vie. L'experiment peut prendre des formes très variées et s'appuie sur le désir de devenir une femme ou un homme capable d'un engagement dans la vie économique, sociale, politique, caritative ou associative." Beaucoup d'entre eux souhaitent partir à vélo, le développement d'une remorque dédiée à ce projet permettra d'offrir une solution à tous ces étudiants.

La problématique du projet est donc de penser un produit adaptable à tous types de vélos, pouvant transporter une certaine quantité de matériel tout en pouvant rouler sur différents revêtements et sous des météo divers.

Ce document a pour objet la présentation complète du dossier de dimensionnement. Ce livrable présente le cahier des charges, les choix de solutions ainsi que toutes les dimensions de la remorque.

2. CAHIER DES CHARGES ET PLANNING

A. CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL

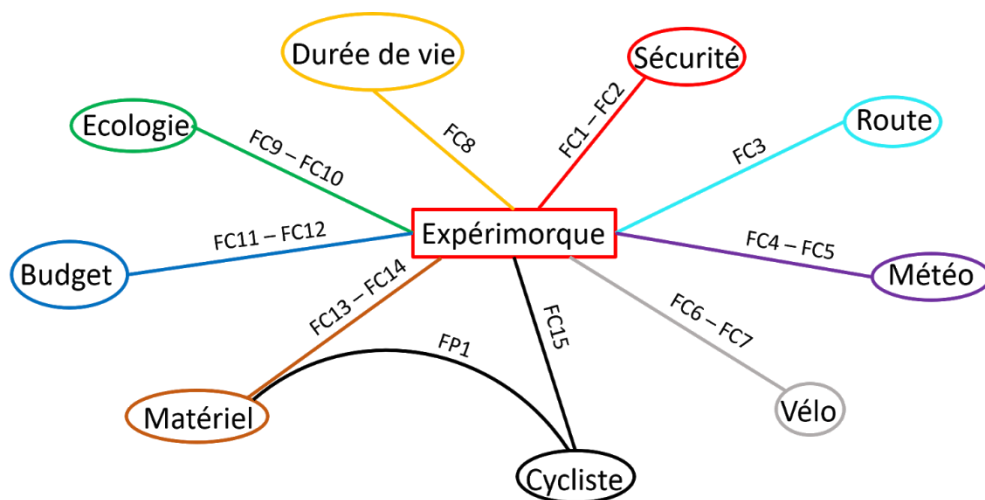


Figure 1 : Diagramme pieuvre

N°	Fonction	Détail	Niveau d'acceptation	Pondération
FP1	Permettre au cycliste de transporter facilement et confortablement du matériel.	Permettre au cycliste de transporter facilement et confortablement du matériel. Cela passe par une remorque stable, peu encombrante et nécessitant un effort acceptable pour un humain afin de la tracter. Tout en assurant un certain confort à l'utilisateur.	Effort supplémentaire nécessaire pour tracter la remorque pleine (masse max) Nombre de garde boue	3000 N 1 par roue
FC1	Respecter les normes / la signalisation.	Normes et règles de signalisation devant être respectées afin de permettre un usage sécuritaire et légal de la remorque sur toute voie de circulation autorisée aux vélos en France.	Nombre de plaques de signalisation arrière réfléchissantes minimum. Nombre de feu arrière minimum. Nombre de clips réfléchissant dans les jantes du vélo minimum. Drapeau Hauteur maximum Largeur maximum	2 2 1 3 m 1 m
FC2	Protéger l'utilisateur et autrui.	Sécurité pour que la remorque ne se détache pas en déplacement, empêcher tout risque de coupure ou de pincage.		
FC3	Être adapter à l'utilisation sur route.	Être adapter à l'utilisation sur route goudronnée, piste cyclable et piste gravillonnée.		
FC4	Résister à la météo extérieure.	Résister à la corrosion, au vent, à l'air ambiant, la pression atmosphérique, ...		
FC5	Protéger le contenu de la remorque des intempéries.	Permettre d'empêcher l'intrusion de l'eau à l'intérieur de la remorque pendant une averse, une tempête.	Vitesse du vent maximum en dessous de laquelle l'eau n'entre pas dans la remorque.	80 Km/h

FC6	Monter/démonter facilement sur le vélo.	Permettre un montage facile, rapide et accessible à toutes personnes correspondant au critère d'utilisation de la remorque (hors handicap spécifique)	Temps de montage max Temps de démontage max Nombre max d'outils pour l'opération	5 minutes 5 minutes 1
FC7	S'adapter à tous les types de vélo "classique".	S'adapter sur tous les vélos avec une position debout, monoplace et de taille adulte.		
FC8	Résister à une certaine usure.	Résister à un usage minimum en termes de Km.	Nombre de Km minimum	6 000 Km
FC9	Être fait en matériaux recyclés et recyclables.	—	Pourcentage massique de matériaux non recyclé ou non recyclable sur la totalité de la structure	15.00%
FC10	Posséder des pièces de rechange.	Posséder une quantité de pièce de rechange pour les pièces sujette à l'usure ou à la casse. (Uniquement les pièces démontable et remplaçable)	Quantité de pièces d'usure de rechange par type.	1
FC11	Respecter le budget limite fixé.	—	Prix total	150.00 €
FC12	Trouver un bon rapport qualité/prix.	—		
FC13	Contenir un volume minimum.	Forme et volume minimum d'air devant être disponible à l'intérieur de la remorque afin d'y placer du matériel aisément	Volume disponible min Forme de l'espace disponible	100 L Similaire à un parallélépipède rectangle
FC14	Supporter une masse minimum.	Masse de matériel minimum devant supporter la remorque avant de ne plus pouvoir garantir une utilisation correcte.	Masse du matériel min	20 Kg
FC15	Plaire à l'œil (esthétique)	Aspect extérieur de la remorque ayant pour objectif un certain esthétisme et un certain confort visuel.	Forme Couleur Matériaux	Aérodynamique 2 max Métal / bois

B. PLANNING

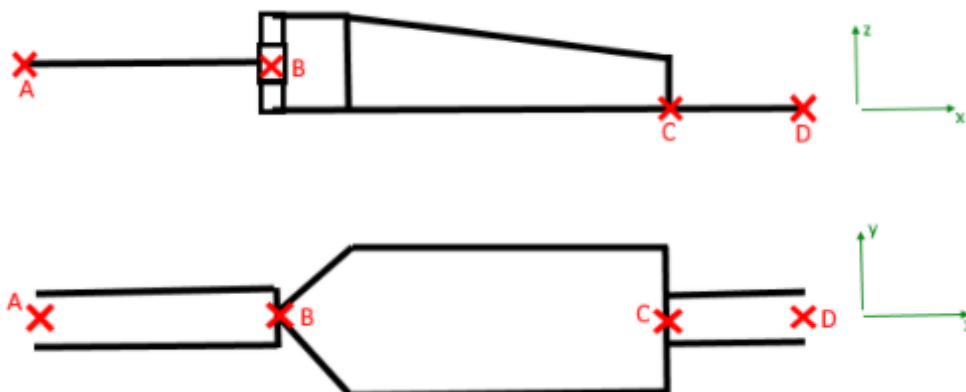
Contenu	Date de rendu prévisionnelle	Date de rendu réel	Responsable(s)
Organisation du groupe et planning des responsabilités	9 octobre 2020	9 octobre 2020	Clément LE MEN
État de l'art, cahier des charges fonctionnel, ébauche du découpage fonctionnel	14 octobre 2020	15 octobre 2020	Clément LE MEN
Découpage fonctionnel et schéma des fonctions solutions envisagés, plan du dossier de prédimensionnement	23 octobre 2020	23 octobre 2020	Clément LE MEN
Fonctions, solutions envisagées et plan du dossier de prédimensionnement	12 novembre 2020	11 novembre 2020	Nolan GAUVIN et Clément LE MEN
Croquis des solutions, argumentaire et dossier de calculs pré dimensionnement	20 novembre 2020	19 novembre 2020	Clément LE MEN et Victor Maghe
Fichier CAO et dossier calcul	7 décembre 2020	6 décembre 2020	Clément LE MEN

3. CHOIX DE NOS SOLUTIONS

A. SCHEMA DE LA REMORQUE

Après plusieurs réunions, la conclusion suivante est apparue : la remorque doit pouvoir être utile à un voyageur à vélo. Le produit doit être adaptable à l'utilisateur. Le produit pourra permettre d'installer n'importe quel type de sac à dos ou sac de voyage dans la remorque.

Ci-dessous un schéma de la remorque :



Suite aux diverses recherches internet effectuées il est apparu qu'il existe principalement deux modèles de remorques pour vélo qui ressemblent au produit visé. (cf photos ci-dessous)

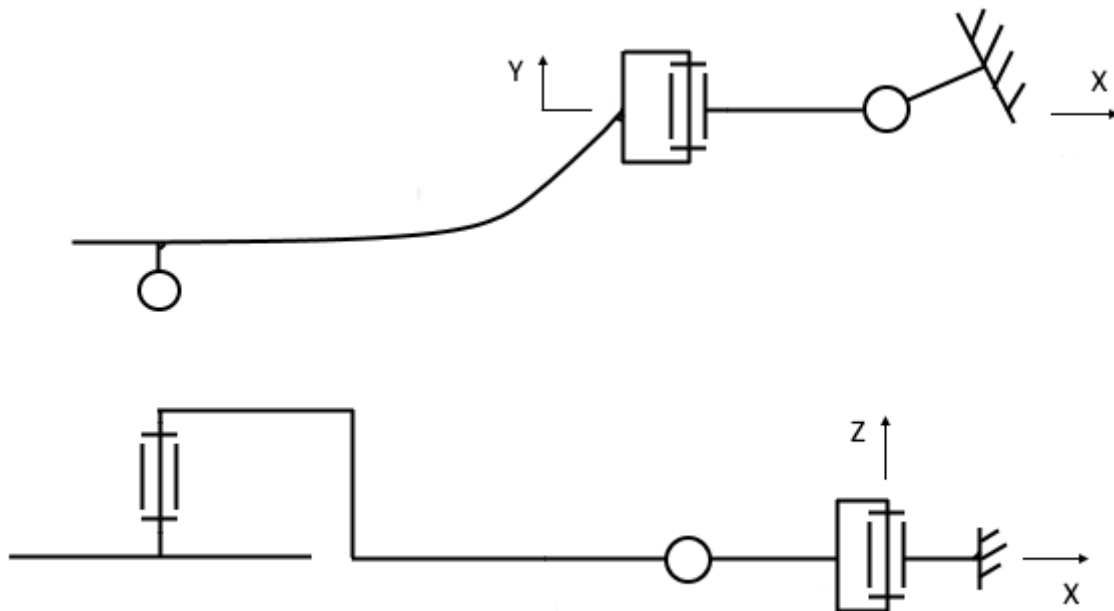


Figure 2 : Image de remorque 1



Figure 3 : Image de remorque 2

B. SCHEMA CINEMATIQUE DE L'EXPEREMORQUE



C. EXPLICATION DES CHOIX DE NOS SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

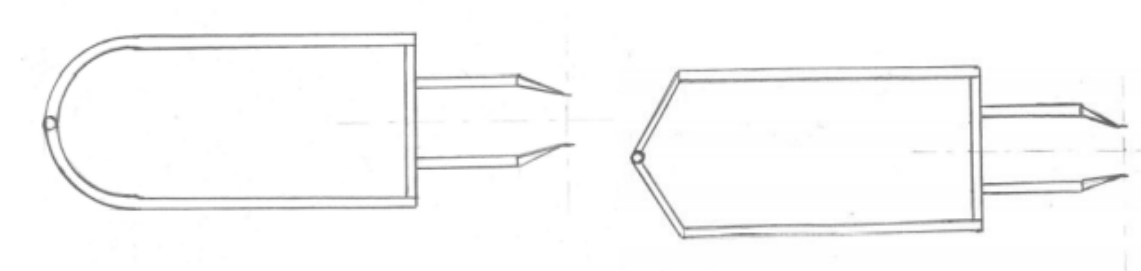
Après la réalisation de l'état de l'art et en lien avec le cahier des charges réalisé, plusieurs décisions quant aux solutions envisagées ont été prises :

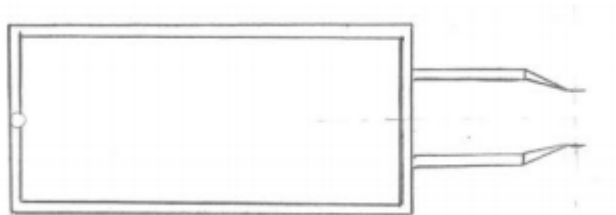
- Placement à l'arrière du vélo : après étude des deux possibilités : avant ou arrière, il s'avère que de nombreuses remorques se trouvent derrière, c'est également plus simple à diriger et à concevoir dans le cas d'une remorque qui vise des utilisateurs adeptes de voyages.
- Remorque monoroue : cela permet à la remorque d'être moins large et d'être plus maniable avec une prise au vent faible par rapport aux remorques à deux roues.
- Fixation sur l'axe de la roue arrière : une fois l'attache installée, l'utilisateur peut très facilement accrocher et retirer la remorque à son vélo.
- Liaison à deux pivots (cardan) : L'utilisation de la remorque nécessite une liberté des couples suivant l'axe z et y, afin d'éviter tout problèmes liés respectivement aux changements de direction et aux accidents du relief.
- Matériau : Aluminium, car l'inox n'est pas un matériau soudable.

D. PLANS POUR LA MODELISATION SOLIDWORKS

Ci-dessous sont présentés des plans pour réfléchir à la forme envisagée que prendra l'Experemorque.

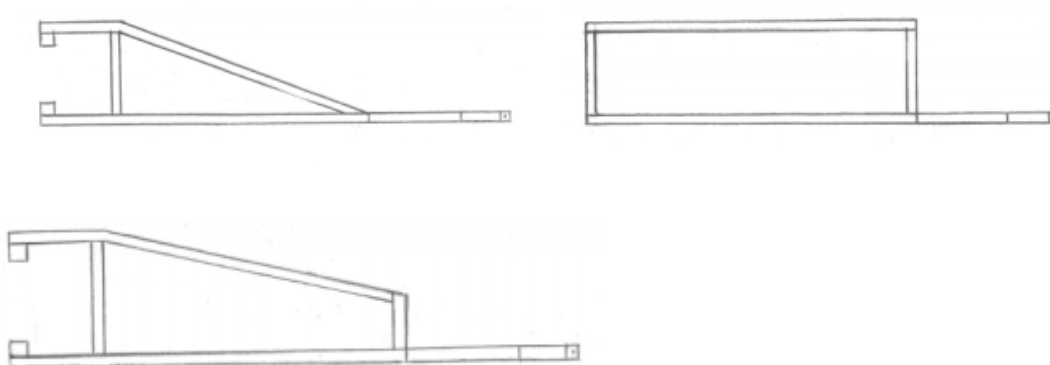
Plusieurs possibilités sont disponibles, tout d'abord il est intéressant de regarder l'avant du bâti, avec 3 propositions :





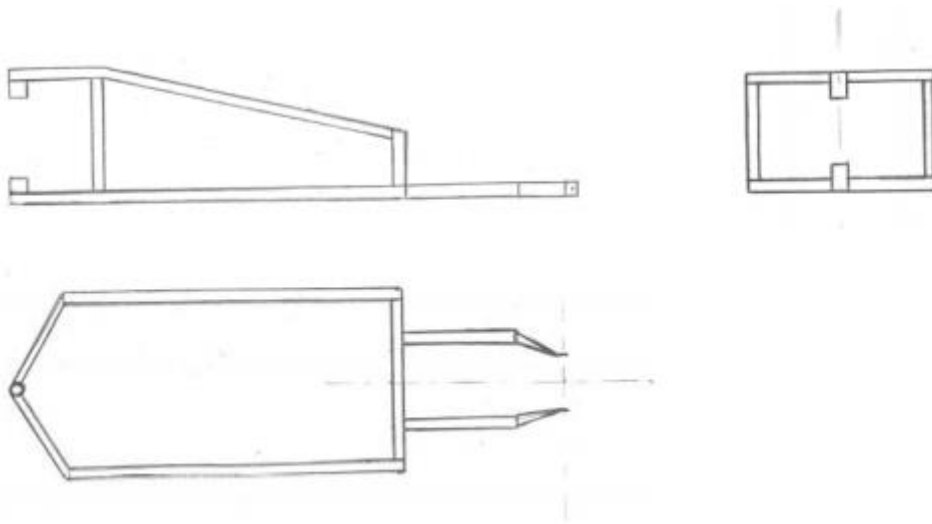
Un **avant en forme triangulaire** permet une soudure plus simple avec des tubes carrés creux, ainsi que des angles facilement réalisables.

3 possibilités ont également été retenues pour la forme du bâti à l'arrière :



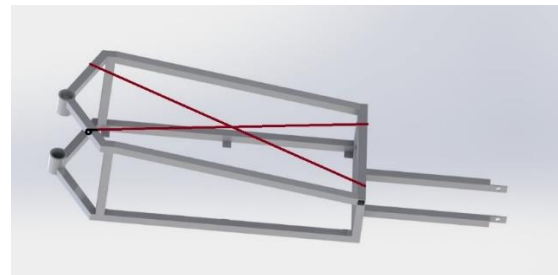
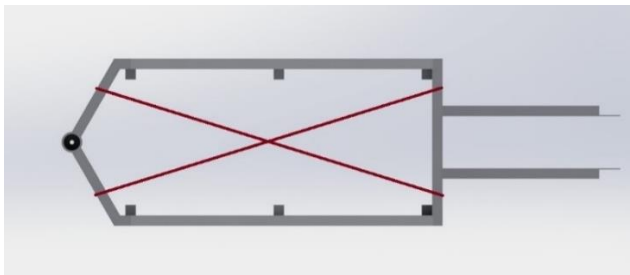
La première possibilité est très esthétique, mais d'après certains forums de randonneurs, l'expérience prouve que les sacs ne restent pas solidement attachés et viennent frotter la roue. Ensuite, le format "cagette" est une solution envisageable mais la taille du sac est limitée par les faces de la cage. **La troisième solution paraît optimale**, avec une butée qui permet de retenir le sac à l'arrière sans non plus limiter la longueur de ce dernier.

Pour résumer, la solution suivante a donc été retenue :



E. ATTACHES POUR RETENIR LE SAC

La fonction première de la remorque est d'assurer le transport d'un sac de voyage, pour cela il faut s'assurer que ce dernier n'échappe pas à l'espace dédié. Pour cela, la solution suivante est envisagée. En rouge, 2 tendeurs qui seront tendus sur les diagonales de la structure de la remorque. L'attache est assurée de la manière suivante :



Il faudra préalablement effectuer 4 perçages aux extrémités des deux diagonales pour pouvoir insérer par la suite le crochet des tendeurs. Cette solution assure un maintien du sac et reste dans l'optique d'une remorque simple d'utilisation.

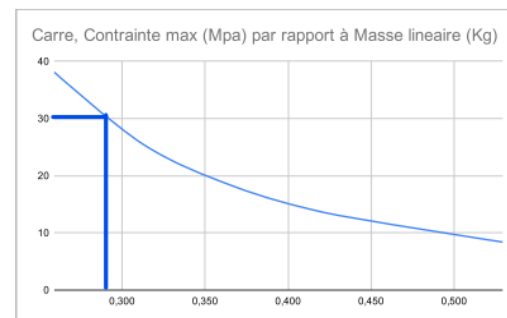
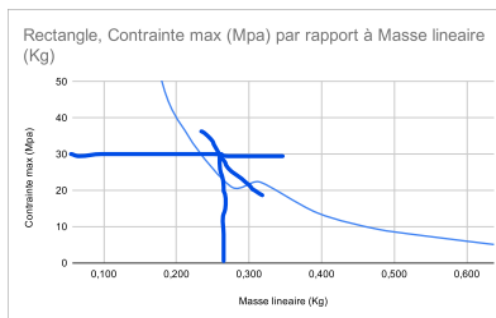
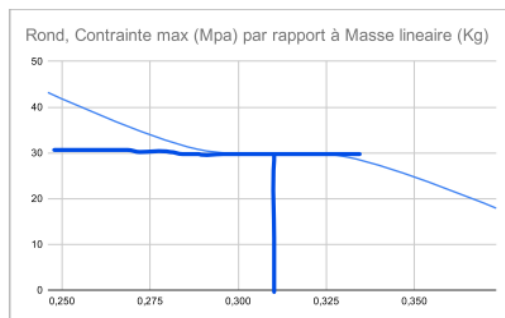
4. DOSSIER DE PREDIMENSIONNEMENT

A. DIMENSIONNEMENT DU CADRE DE LA REMORQUE

Objectif : trouver les caractéristiques d'une poutre pouvant être utilisée pour la structure de la remorque. Les résultats suivants sont obtenus :

Choix de la forme de la poutre :

Une étude de la contrainte maximale des formes de poutres en fonction de leur masse linéaire a été réalisée. Ci-joint les courbes obtenues



Elle a montré que :

- Les **sections creuses** ont une résistance en flexion bien supérieure aux sections pleines. (On retrouve cela dans les formules liées à la flexion et donc liées à la quantité de matière éloignée de la fibre neutre).
- Les **sections fermées** résistent mieux à la flexion.
- Certaines formes de poutres creuses nécessitent moins de matière pour la même épaisseur (formules liées à la flexion).

Avantages de chaque forme de poutres :

- Ronde creuse : *esthétique*
- Rectangle creuse : *moins de matière nécessaire donc une remorque moins lourde et moins chère, de plus on a une grande facilité de soudage.*
- Carrée creuse : *moyennement esthétique + moins de matière nécessaire + plus grande facilité de soudage*

Par conséquent, une section **carrée creuse** est choisie.

De plus, afin de réaliser l'étude sur RDM6, la longueur de la poutre allant du point A au point C est de 1.34 m. (cf schéma ci-joint) :



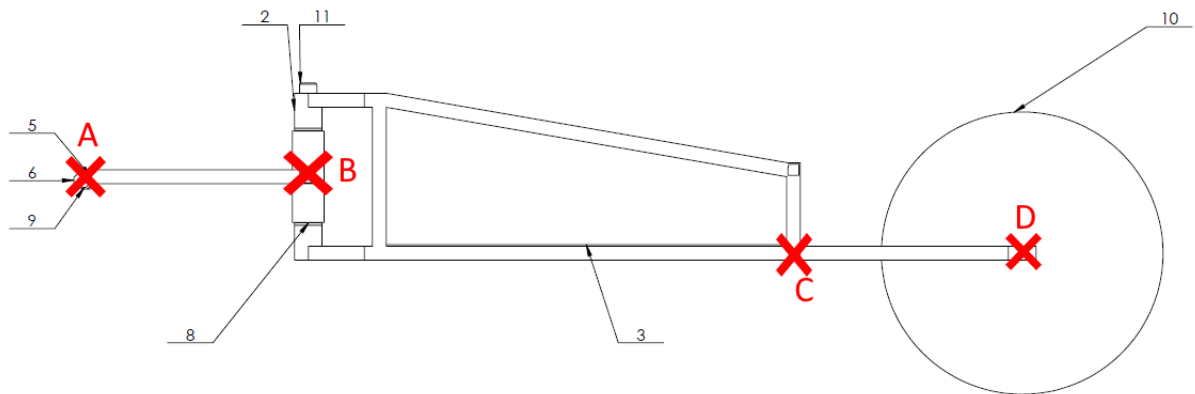


Figure 4 : Plan de la remorque avec les points significatifs

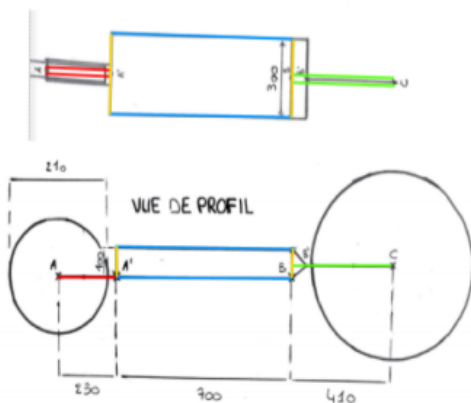
Estimation du poids propre de la structure pour obtenir les différentes charges appliquées à l'Experemorque :

Afin de définir le poids propre de la structure de la remorque, la structure sera approchée à un parallépipède rectangle et 2 barres de chaque cotés.

Chaque poutre est considéré de section carré creux.

Cela permettra par la suite de la modéliser comme 3 charges réparties et 2 charges fixes.

Rmq : ce document est modifiable afin de pouvoir changer des valeurs rapidement.



	Côté extérieur (m)	Epaisseur (m)
Poutre bleu	0,02	0,002
Poutre rouge	0,02	0,002
Poutre verte	0,02	0,002
Poutre jaune	0,02	0,002

Masse de la planche au fond de la remorque (Kg) : 1

Masse volumique des poutres (Kg/m3) : 2800 AU 4 G

L1 (m)	0,23
L2 (m)	0,7
L3 (m)	0,41
L4 (m)	0,3

Entre A et A' : 2 poutres rouge :
Charge répartie (N/m) : 4,26

En A' : 4 poutres jaune :
Charge fixe (N) : 2,55

Entre A' et B : 4 poutres bleu + 1 planche :
Charge répartie (N/m) : 8,51

Avec charge utile de 20Kg :
294,23

En A' : 4 poutres jaune :
Charge fixe (N) : 2,55

Entre B et C : 2 poutres verte :
Charge répartie (N/m) : 4,26

Ce tableau permet de déterminer les valeurs correspondantes au poids propre de la poutre **finale**.

Modélisation sur RDM 7, puis classification de plusieurs poutres normalisées afin de permettre le choix de la poutre :

Hypothèses :

Charges réparties, définies dans les tableaux ci-dessus.

La longueur de notre poutre allant du point A (nœud 1) au point C (nœud 4) est de 1.34 m.

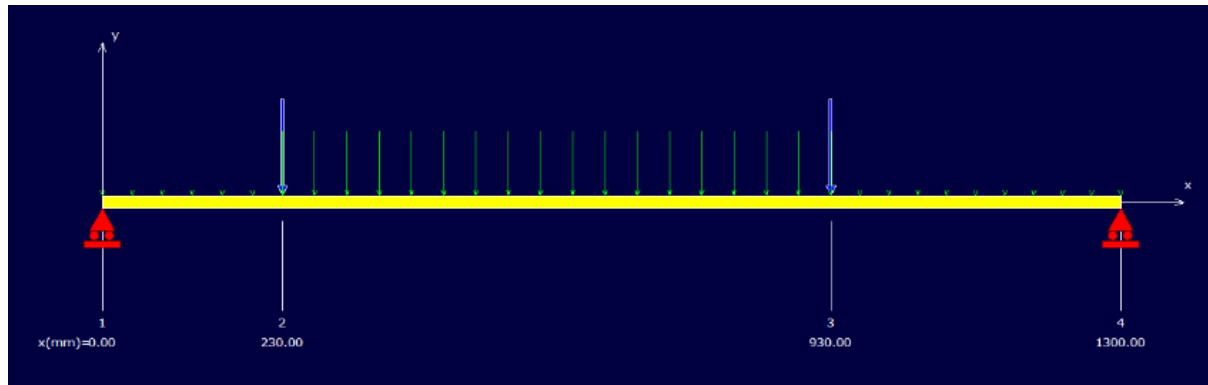


Figure 5 : Figure du modèle RDM 7 étudié puis les résultats obtenus suite à l'étude du modèle.

		Section carrée creuse						
	s	a (mm)	e (mm)		lgz equivalent	Masse lineaire (Kg/m)	Contrainte max (Mpa)	Fleche max (mm)
Optimisé (solveur)	5,00	22	2,3		6970	0,259	48	10
Poutres normalisées	0,69	10	2		492	0,097	346	158
	1,92	15	2		1839	0,151	125	38
	3,81	20	2		4585	0,205	63	14,5
	6,23	25	2		9232	0,259	38,5	7

Ce tableau donne plusieurs informations :

- Une section carrée creuse avec un côté extérieur inférieur à 15 mm engendrera de la déformation plastique ou une rupture.
- Une section carrée creuse avec un côté extérieur inférieur à 20 mm entraînera une flèche importante au milieu de la remorque.
- Une section de 20 mm est amplement suffisante pour supporter la charge (coef. de sécurité d'environ 4), c'est donc cette poutre qui sera choisie pour la structure de l'Expremorque.

Remarque : Ces modélisations sont sous estimées d'un point de vue résistance car elles prennent en compte que la remorque est composée d'une seule poutre, or elle est composée de 2 poutres parallèles. (Dans ce cas le coefficient de sécurité est presque doublé).

Le choix de la poutre s'est donc porté sur **une poutre carrée creuse de côté extérieur 20 mm et d'épaisseur 2 mm**, ou sur une poutre similaire voir supérieure en termes de résistance.

Cette poutre sera choisie à l'ensemble de la remorque afin d'éviter l'achat d'une multitude de poutres différentes générant des morceaux inutiles.

B. DIMENSIONNEMENT DE LA ROUE

Pour choisir le rayon de la roue, il a fallu étudier les différentes roues existant déjà dans le commerce afin d'effectuer un choix. Il a été retenu que le diamètre qui revenait le plus régulièrement est celui de 16 pouces

Sachant que le diamètre d'une roue de vélo moyenne est de 26 pouces, nous aurions un rapport de réduction de 1.625. La vitesse de rotation d'une roue serait alors de 5.4 tr/min pour la roue de remorque et de 8.9 tr/s pour

Roland 16 complète remorque à vélo de roue pour Big Boy

Marque: Roland



Figure 6 : Exemple de roue disponible sur le marché

la roue de vélo. Etant donné le rayon de la roue de remorque, la durée de vie des roulements qui sont fournis avec ne sera pas très différente de celle du vélo (le poids est plus faible pour la remorque par rapport au vélo).

C. REDIMENSIONNEMENT DE LA PLATEFORME POUR POSER LE SAC

Le prédimensionnement de la remorque pour pouvoir choisir les caractéristiques du cadre ne nécessite pas une précision élevée. Maintenant, il est possible de redimensionner précisément la longueur de notre cadre (selon l'axe horizontal).

Tout d'abord, la longueur AA' est adaptée en fonction du rayon de la roue (0.2032 m soit 21cm), et pour prendre une marge correcte suffisante la longueur horizontale est définie à 23 cm.

Ensuite, des mesures de sacs utilisés dans le commerce ont été effectuées avant le prédimensionnement pour déterminer la longueur A'B il s'est avéré que 70 cm correspond à la dimension d'un sac de voyage pour du trek.

Enfin, la longueur BC peut également être modifiée en effet, 30cm ne sont pas nécessaires. La roue d'un vélo a un rayon moyen de 33 cm ainsi, la longueur BC sera elle de 41cm car il est envisagé un soudage particulier au niveau du point B qui prendra quelques centimètres.

Cela donnera ce nouveau schéma (vue de profil) disponible au point 3.5.

D. DIMENSIONNEMENT DES PIVOTS

Calcul de prédimensionnement pour les deux pivots

Objectif : Déterminer le rayon pour la limite élastique du pivot "liaison vélo, sur l'axe de la roue du vélo".

Hypothèse :

On se positionne sur une route en pente parfaitement lisse.

On isole la liaison :

Bilan des actions mécaniques :

Déterminer les efforts sur Y :

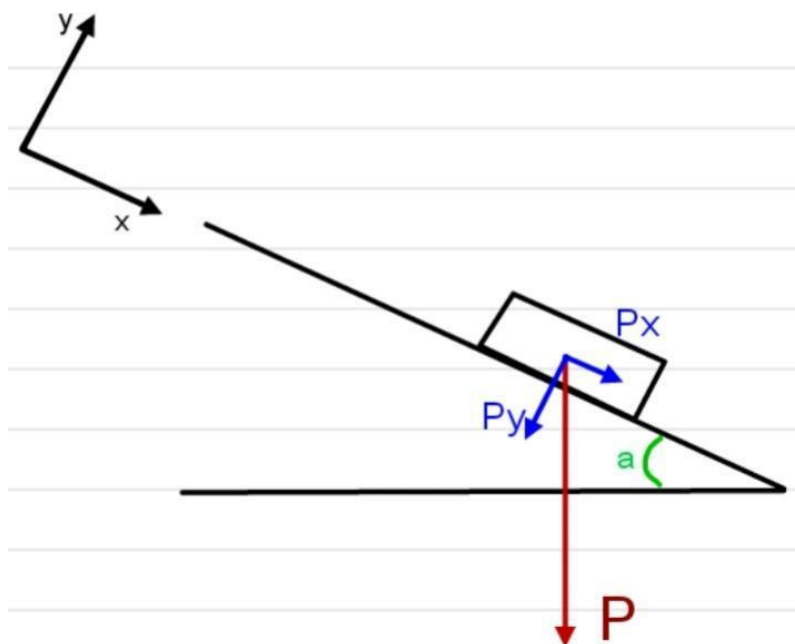
5. Poids (charge utile, poids propre)

Déterminer les efforts sur X :

- Frottement au niveau de la pivot (roulement ou palier en fonction de la vitesse de rotation)

F_r = négligé (car le rendement est de 0.98)

- Frottement Roue/Route : roulement sans glissement



Déterminer les efforts sur X :

Une pente de 20%, ce qui correspond à une partie de route extrêmement vallonnée, correspond à un angle de 12°. De plus, le poids maximal surestimé sera de 30kg.

$$P_x = P \cdot \sin(a) = 300 \cdot \sin(12) = 62 \text{ N (pour monter la pente)}$$

Suite à l'écriture d'un PFS, les équations obtenues sont :

Sur X : Cette valeur sera la même pour les trois pivots de la remorque

$$\text{Effort normal total } N_t = 62 \text{ N}$$

Sur Y : Il est possible de montrer grâce au bilan des actions mécaniques de la roue que les mêmes efforts avec les mêmes valeurs numériques seront exercés. $N_{\text{roue}} = N_{\text{vélo}}$

1.) Pour le pivot de la roue et de la liaison vélo :

Effort de réaction du sol $N_r = 300 \text{ N}$ (inverse du poids)

$$\Rightarrow N = (300^2 + 62^2)^{1/2} = 305 \text{ N (théorème de pythagore)}$$

De même, l'acier à une limite élastique de 200 MPa, donc avec un coefficient de sécurité de 2, la contrainte de cisaillement maximale $\tau(\max) = 200/2 = 100 \text{ MPa}$

Or $\tau = F/S = 305 \text{ N} / \text{Section du pivot}$.

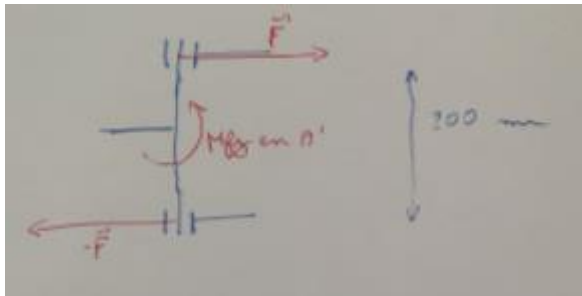
On obtient alors, $R = \text{racine}(305/(100 \cdot \pi)) = 0.98 \text{ mm (section ronde pleine)}$.

Le dimensionnement des deux pivots horizontaux sont donc les mêmes :

Le rayon à la limite élastique sera de 0.98 mm.

2) Pour le pivot du milieu :

Bilan des actions mécaniques (croquis) : effort de cisaillement :



Le schéma ci-contre montre que des forces agissent selon l'axe x de part et d'autre de la pivot verticale.

A partir du modèle RDM 7 utilisé lors du pré dimensionnement, il est conclu que $Mfz = 0.28 \text{ Nm}$.

$$\text{PFS : } Mfz - F \cdot 0.1 \cdot 2 = 0$$

$$F = Mfz / 0.2 = 1.38 \text{ N}$$

On a donc $C = T/S = 2F/S = 1.38/(\pi \cdot R^2)$

Alors, $R = 0.096 \text{ mm}$ (résultat très étonnant).

Etude de la flexion du pivot causée par Mfz :

Dans un matériau, il faut étudier tout ce qui peut causer une contrainte, la flexion est importante dans le cas d'un pivot vertical, car elle peut avoir une influence énorme sur le rayon de ce dernier.

Étude de la modélisation de la flexion d'un pivot en pente nulle (les forces de cisaillement sont conservées sur le schéma).

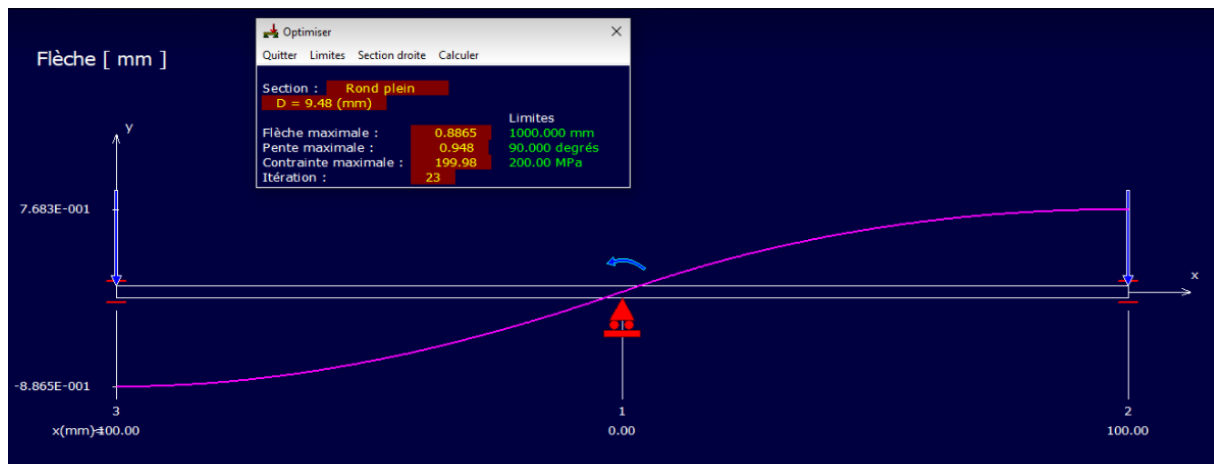



Figure 7 : Déformée de la poutre

La fonction optimiser permet de déterminer le diamètre minimum du pivot pour une contrainte maximale donnée.

 Optimiser ×

Quitter Limites Section droite Calculer

Section : Rond plein	
D = 9.48 (mm)	
Flèche maximale :	0.8865
Pente maximale :	0.948
Contrainte maximale :	199.98
Itération :	23

Limites	
	1000.000 mm
	90.000 degrés
	200.00 MPa

Après calcul, le diamètre obtenu est de 9.48mm.

La flèche est admissible et la contrainte maximale correspond à la limite élastique de l'acier.

Figure 8 : Etude des limites de la section « ROND PLEIN » pour un diamètre donné

Le diamètre minimum du pivot pour éviter d'entrer dans le domaine plastique est de 9.48mm.

E. DIMENSIONNEMENT DE LA PLATEFORME

Les mesures de différents sacs permettent le choix des dimensions de la plateforme. Tout d'abord la largeur sera de 30 cm car elle permet à tous les sacs de passer dans la remorque. Pour le choix de la longueur, il est nécessaire de respecter la dimension du cadre qui est de 70 cm.

Le matériau choisi pour le plancher de la remorque, est un panneau en contreplaqué "Okoume". Il a une face antidérapante et l'autre lisse. Il est commercialisé sur la boutique du bois pour un total de 11 euros. De plus, il vient compléter une des demandes du cahier des charges qui est d'utiliser un matériau recyclé et/ou recyclable.



Figure 9 : contreplaqué

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques de la planche choisie.

DIMENSIONNEMENT DU PLANCHER	
Epaisseur de la planche	2,2 cm
Largeur de la planche	30 cm
Longueur de la planche	70 cm
Module d'Young	11 850 MPa (entre 8700 et 15000 Mpa)
Masse Volumique	547.5 Kg/m ³ (entre 470 et 625 Kg/m ³)
Limite élastique	50 MPa (entre 36.3 et 62.3 Mpa)

Etude de la flexion sur RDM 7 :

Une étude RDM 7, concentrée sur la flexion du matériau, permet de déterminer la flèche du matériau pour les caractéristiques disponibles ci-dessus.

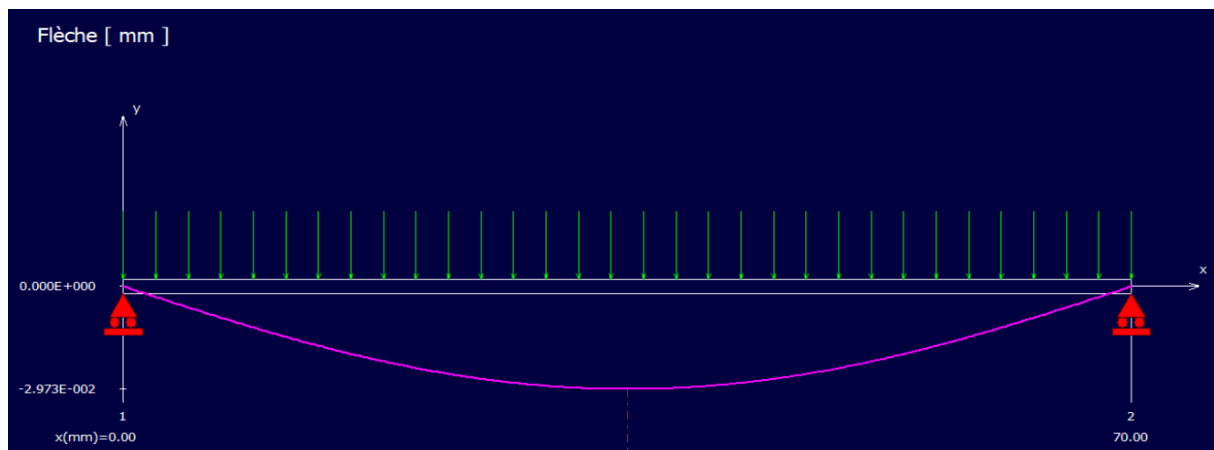


Figure 10 : Etude du modèle RDM7 de la plaque centrale de la remorque

Calcul de la flèche :

Or dans le cas d'un poids réparti sur l'ensemble de la poutre

Flèche = $5 \cdot p \cdot L^4 / 384 \cdot E \cdot I$ avec p la charge répartie en (N/m)

Ici $p = 300$ N sur une longueur de 0,7 m soit $p = 428$ N/m

La section des poutres est carrée par conséquent :

$$I = b \cdot h^3 / 12 = (300 \cdot 22^3) / 12 = 266\,200 \text{ mm}^4$$

Il est maintenant possible de déterminer la flèche

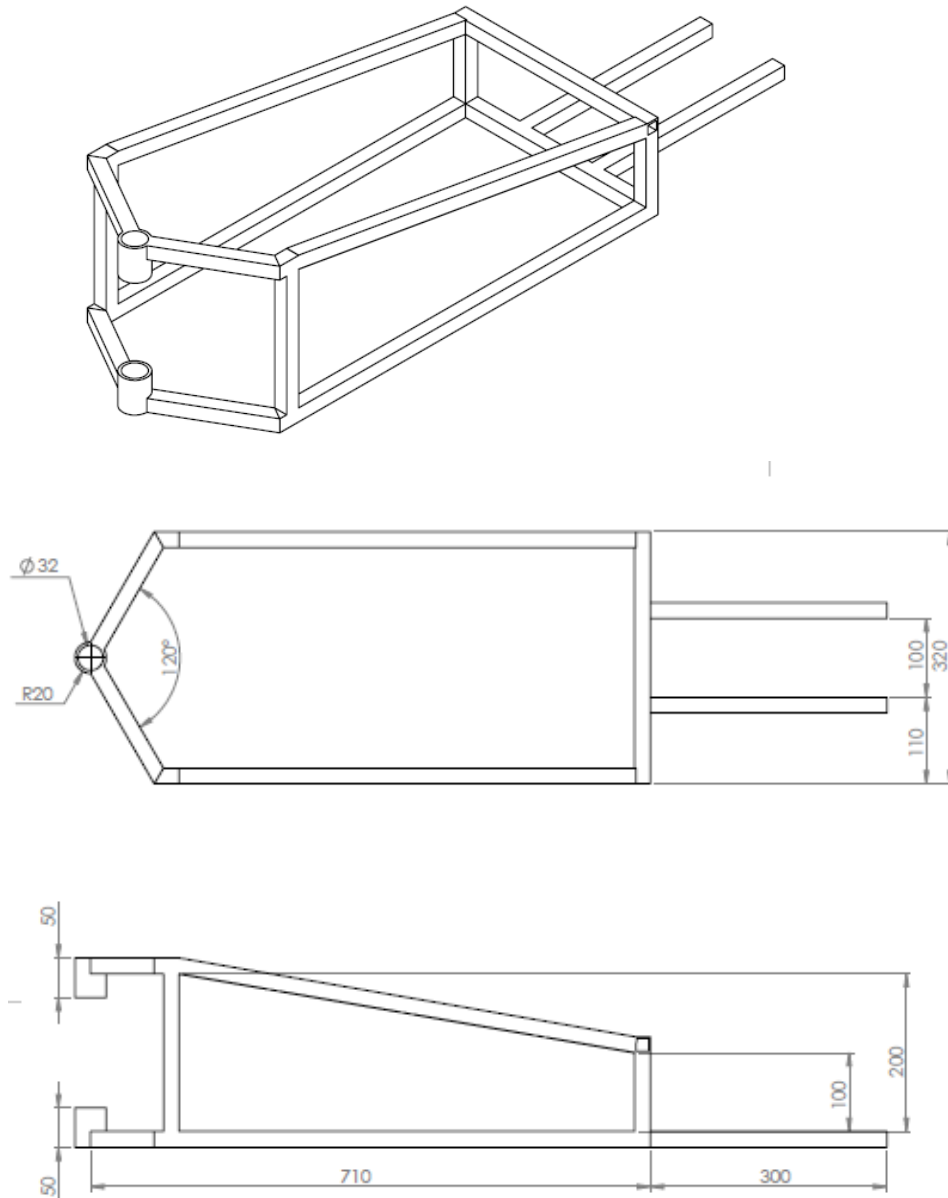
Flèche = $5 \cdot 428 \cdot 700^4 / 384 \cdot 11850 \cdot 266200 = 0.425 \text{ mm}$

La planche dans le cas d'une charge répartie de 30kg fléchira d'environ 1 mm, ce qui reste tout à fait raisonnable au vu de l'utilisation de notre remorque.

Ensuite, pour que notre plaque de contreplaqué Okoume résiste à l'eau, un vernis disponible chez Castorama sera appliqué sur la plaque. C'est un vernis "marin bois" vendu 14.50 euros les 0.25L.

6. DOSSIER SOLIDWORKS

A. BATI

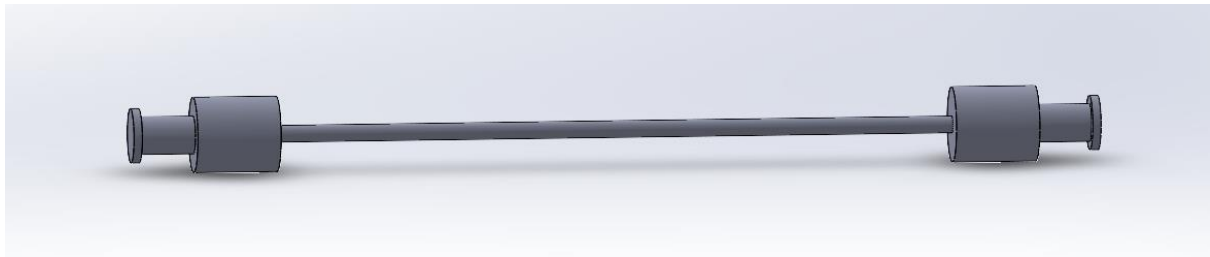


B. LIAISON AU VELO

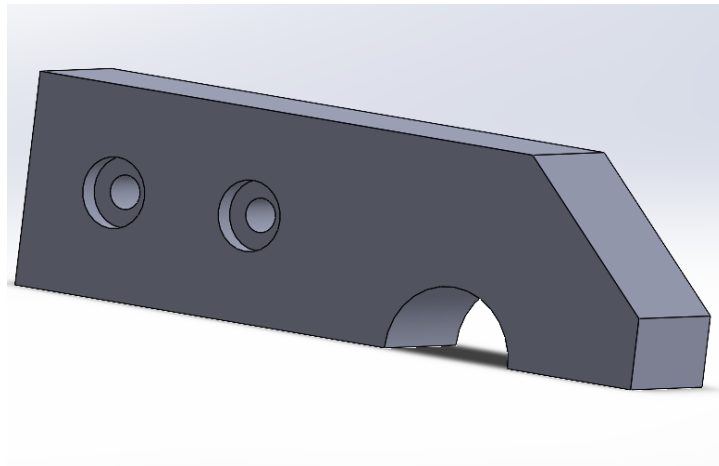


Figure 11 : axe de vélo avec ses dimensions

En prenant comme base de dimension un axe équipé de ses deux écrous d'accroche du commerce, la modélisation sous SolidWorks de cet axe a pu être faite.



Cet axe doit être accompagné de sa pièce permettant de s'accrocher sur ces extrémités :



La liaison pivot est conçue pour être démontable assez facilement il a donc été décidé de le modéliser sous la forme suivante avec un axe démontable liant les deux alésages du bâti et du lien avec le vélo :

Ce pivot se démonte en le tirant verticalement vers le haut, deux coussinets sont placés entre les trois alésages successifs du bâti et du lien avec le vélo.

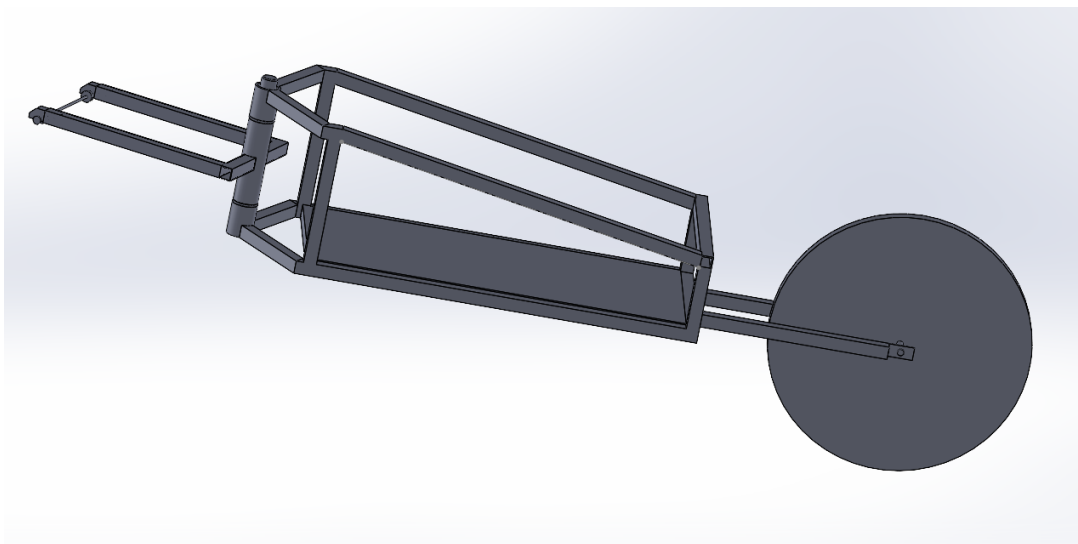
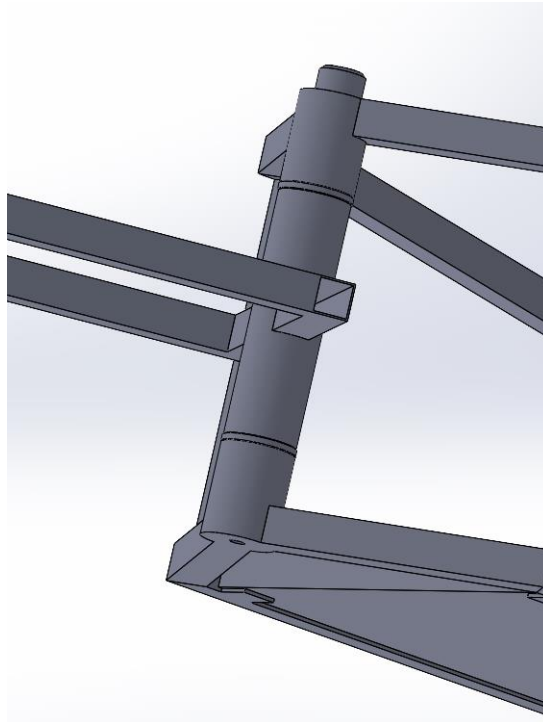


Figure 12 : Aperçu de la remorque sur SolidWorks

Mise en plan et nomenclature :

https://drive.google.com/drive/folders/1T_6TAJOfihFuodH0av8QCt1KO3vDrZPw

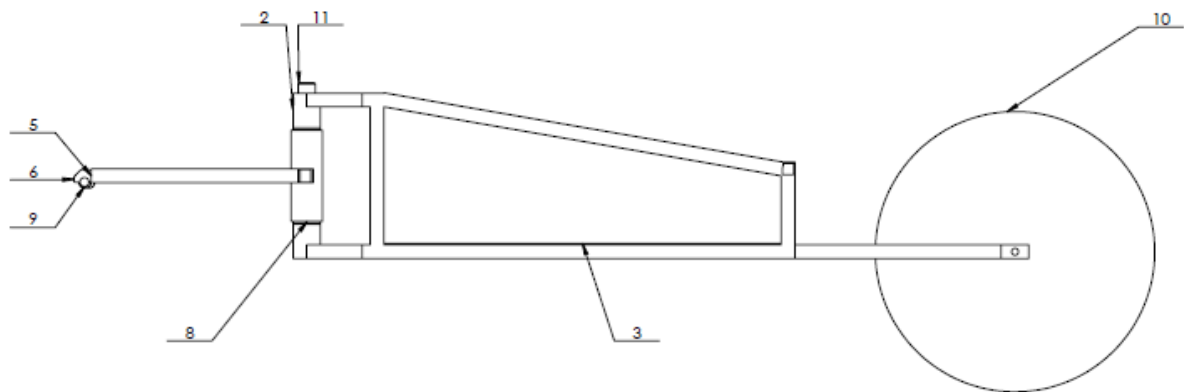


Figure 13 : Vue de profil de la mise en plan de l'assemblage final

No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE
1	PCPG06-01-0000		1
2	PCPG06-01-1000		1
3	PCPG06-01-1001		1
4	PCPG06-02-0000		1
5	PCPG06-02-1000		1
6	PCPG06-02-1001		1
7	PCPG06-02-1002		1
8	PCPG06-92-0001		2
9	PCPG06-92-0002		1
10	PCPG06-90-0003		1
11	PCPG06-00-1000		1

Figure 14 : Nomenclature de l'assemblage final

7. ETUDE EN ELEMENTS FINIS

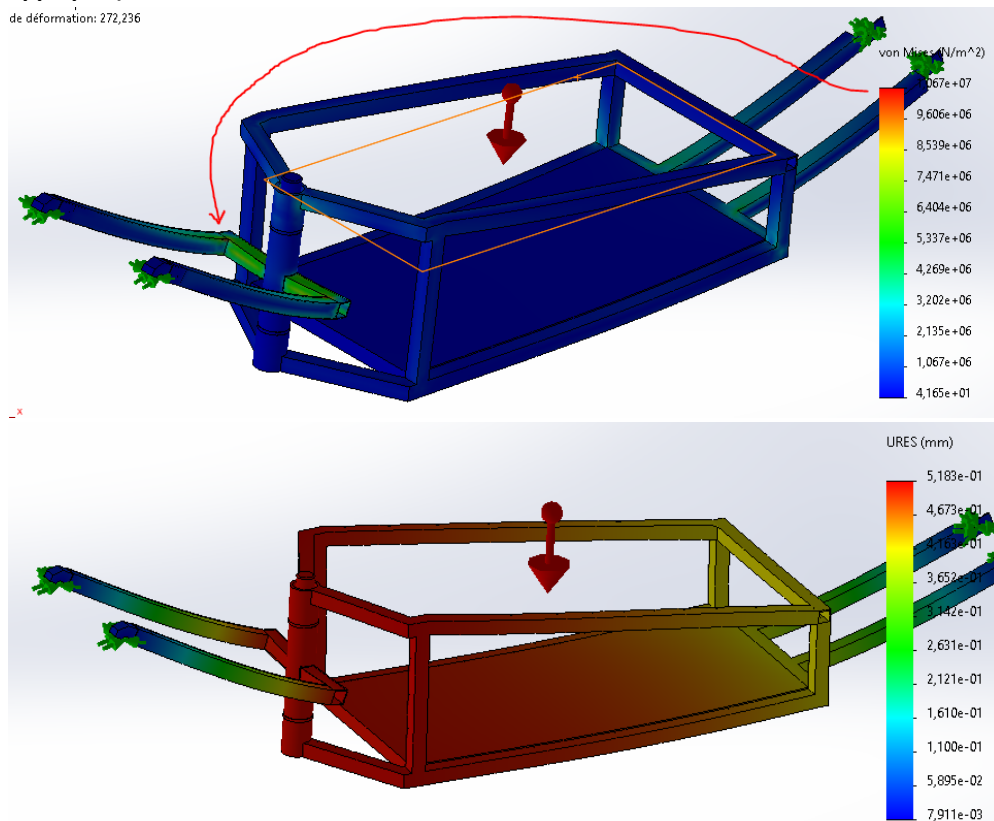
L'objectif de cette simulation en éléments finis est de confirmer la bonne tenue de la remorque avec une charge (Contrainte et déformation) :

Contexte de l'étude :

- Forme : Modèle SolidWorks (sauf les axes des roues)
- Matériaux : L'ensemble en aluminium, sauf les coussinets en bronze, la planche en bois et les supports de l'axe sur la roue du vélo en acier.
- 4 pivot fixe (déplacement nul) représentent les liaisons entre la remorque et les différents axes.

1^{ère} ÉTUDE : Remorque à vide, remorque soumise qu'à son propre poids (calculé suivant les matériaux appliqués).

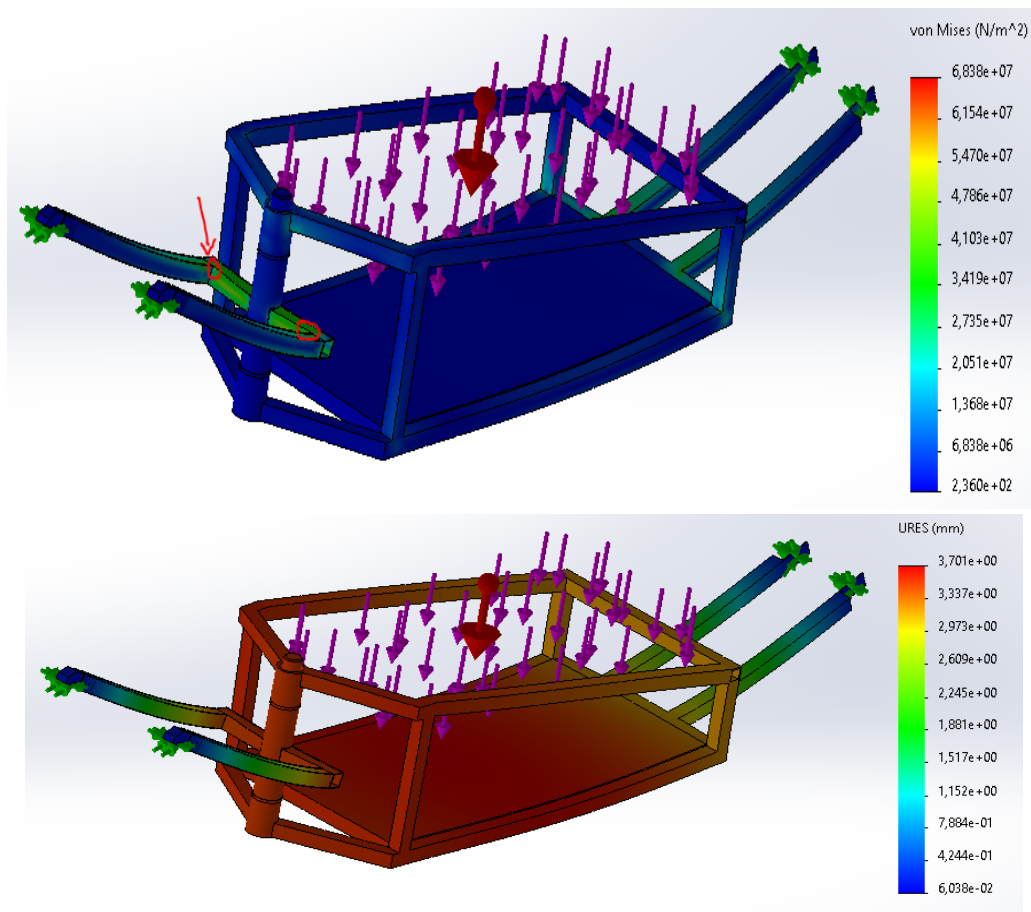
de déformation: 272,236



Conclusion :

- Contrainte max de 10 MPa << Limite élastique de 200 MPa pour l'aluminium.
- Flèche de 0.5 mm, très acceptable.
- A vide, la remorque est très surdimensionnée, elle ne posera pas de problème.

2^{ème} ÉTUDE : Remorque chargé uniformément de 20 Kg (Cahier des charges) :



Conclusion :

- Contrainte max de 70 MPa < Limite élastique de 200 MPa pour l'aluminium, on a ainsi un coef de sécurité un peu supérieur à 2, c'est validé.
- Flèche de 3,7 mm, acceptable.
- Avec ce chargement, la flèches reste faible et la contrainte laisse un bon coefficient de sécurité, la remorque respecte donc le cahier des charges sans autres efforts extérieurs.

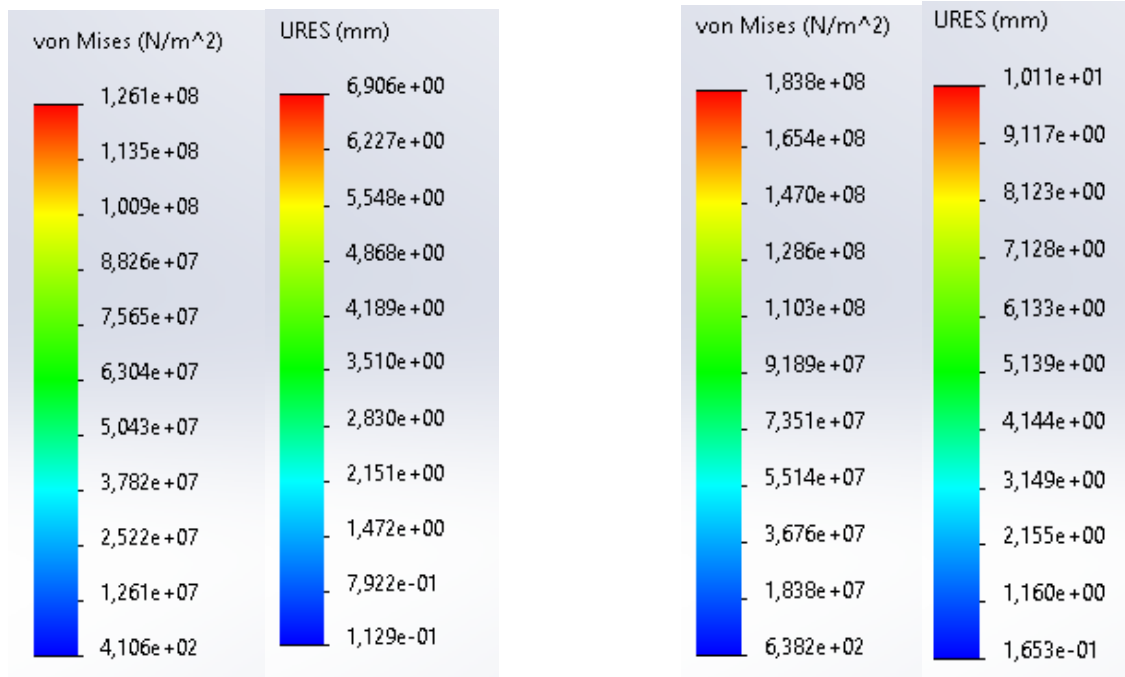
3^{ème} ÉTUDE : Remorque chargé uniformément de 40, 60 puis 80 Kg :

La remorque en mouvement est constamment soumise à des efforts extérieurs, par exemple si la roue arrière rencontre une bosse, alors l'arrière va se relever brusquement. Afin de prendre en compte des efforts extérieurs, l'étude se propose d'assimiler ces efforts à "une charge fictive/un poids fictif" supplémentaire au poids réel de 20 Kg. L'objectif est donc de vérifier que la remorque résistera à une charge plus élevée (d'où l'étude sur 40, 60, 80 Kg).

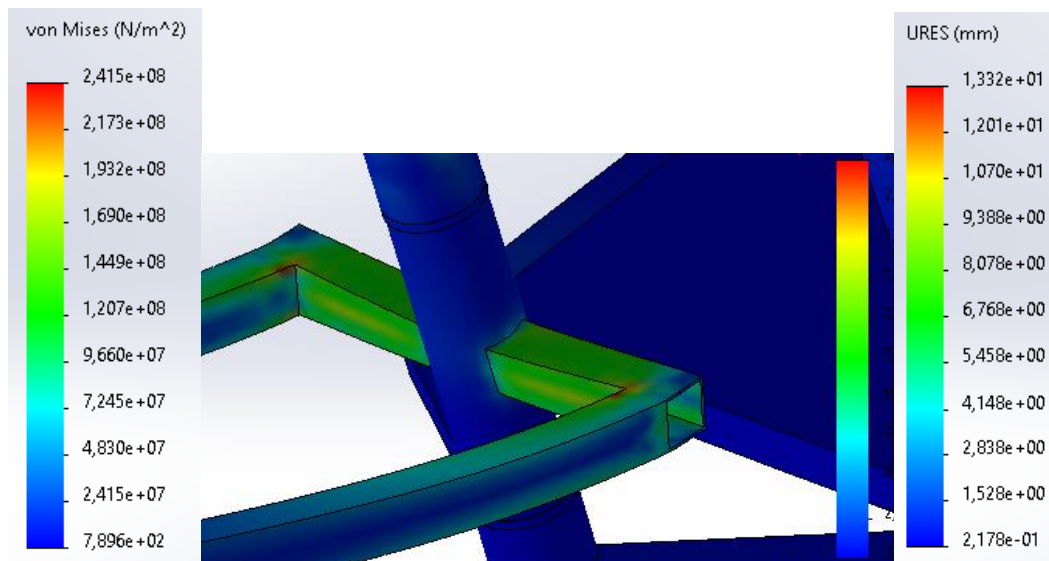
Une étude sur une charge supérieure peut aussi représenter le cas de figure où une personne s'assoit sur la remorque.

Résultats pour une charge de 40 Kg :

Résultats pour une charge de 60 Kg :



Résultats pour une charge de 80 Kg :



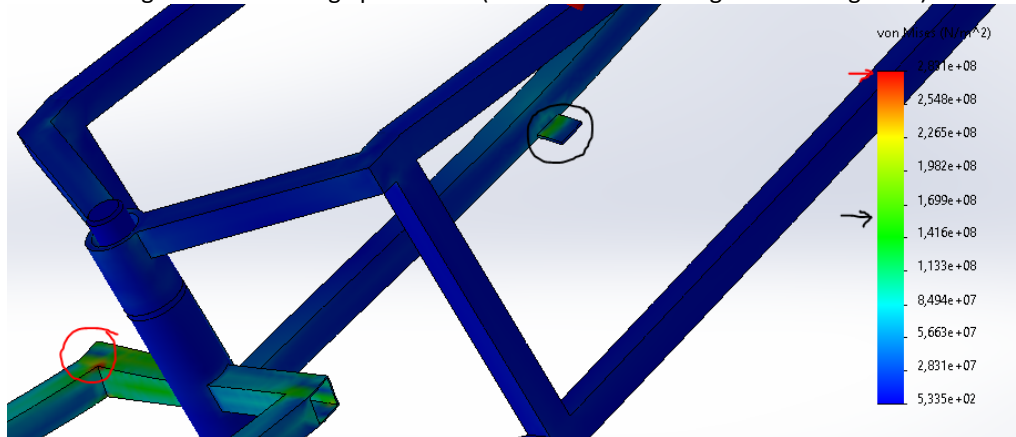
Conclusion :

- Jusqu'à une charge de 60 Kg (équivalente à la charge réelle + les efforts extérieurs), la contrainte max reste inférieure à la limite élastique de 200 MPa pour l'aluminium.
- Au-delà de l'équivalence d'une charge de 60 Kg, il y a alors risque de rupture au niveau de la soudure (entouré en rouge).

- Dans tous les cas de l'étude la flèche reste inférieure à 1,5 cm, ce qui est acceptable pour une utilisation au-dessus de ce qu'impose le cahier des charges.

4^{ème} ÉTUDE : Remorque chargée ponctuellement de 50 Kg sur une languette :

L'objectif est ici de tester si les languettes (qui retiennent la planche) peuvent résister indépendamment à l'ensemble de la charge en cas de charge ponctuelle (volontairement 50 Kg sur une languette).



Conclusion :

- La langue résiste à 50 Kg ponctuel (noir).
- L'étude met en avant que si la charge n'est pas centrée alors la remorque ne résistera pas forcément à 60 Kg comme vu en étude 2 (rouge).

Conclusion générale des études en éléments finis :

- La remorque respecte le cahier des charges en utilisation (pas de déformation plastique ; flèche inférieure à 3 mm)
- Le point fragile de la remorque est la soudure entourée en rouge, il sera peut-être nécessaire de réétudier/modifier cette zone.
- Le fait de déporter la charge entraîne une concentration de contrainte dans cette soudure.
- Une languette peut supporter la charge totale.


Une autre étude en éléments finis aurait pu être menée sur les axes des roues. Cependant :

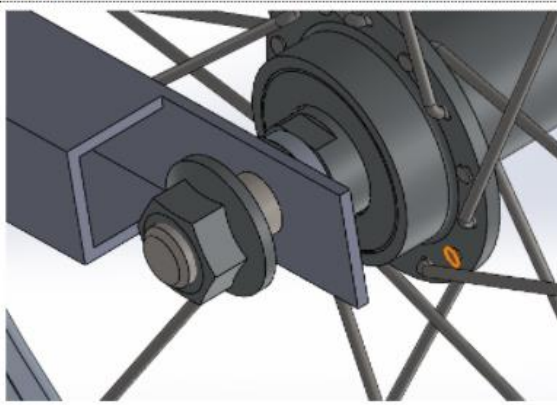
- Ces axes sont achetés et le constructeur garantit qu'ils supporteront la charge requise.
- Les études de prédimensionnement ont montré qu'un diamètre en acier de 2mm est suffisant, or les axes en acier achetés ont un diamètre bien supérieur.

Cette 2^{ème} étude n'a donc pas été menée.

8. GAMME DE MONTAGE

Experemorque : Gamme de montage		
Phase 1	MENARD Flavien	07/05/2021

N°	1
REP. pièces	PCPG06-01-0000 / PCPG06-90-0003
Nbr. pièces	1/1
Opérations :	
Insérer la roue arrière dans les encoches prévues à cet effet.	
Schémas :	
	
Outillages :	
Commentaires :	

N°	2
REP. pièces	PCPG06-90-0003
Nbr. pièces	2
Opérations :	
Insérer et visser les écrous de chaque côté de celle-ci afin que la roue soit fixée à la remorque.	
Schémas :	
	
Outillages :	
Clé	
Commentaires :	

N°	3
REP. pièces	PCPG06-01-0000 / PCPG06-90-0005
Nbr. pièces	1/2
Opérations :	
Insérer les coussinets (montage serré) dans le bâti arrière.	
Schémas :	
Outillages :	
Maillet	
Commentaires :	

N°	4		
REP. pièces	PCPG06-01-0000 / PCPG06-02-0000	Nbr. pièces	1/1
Opérations :			
Aligner le bâti arrière (PCPG06-01-0000) avec le bâti avant (PCPG06-02-0000).			
Schémas :			
Outillages :			
Commentaires :			

N°	5		
REP. pièces	PCPG06-02-2000	Nbr. pièces	1
Opérations :			
Insérer l'axe.			
Schémas :			
Outillages :			
Maillet			
Commentaires :			
Attention au sens : l'épaulement de l'axe doit se trouver sur la partie supérieure de la remorque.			

N°	6		
REP. pièces	PCPG06-90-0011 / PCPG06-90-0012	Nbr. pièces	1/2
Opérations :			

Goupiller l'axe.

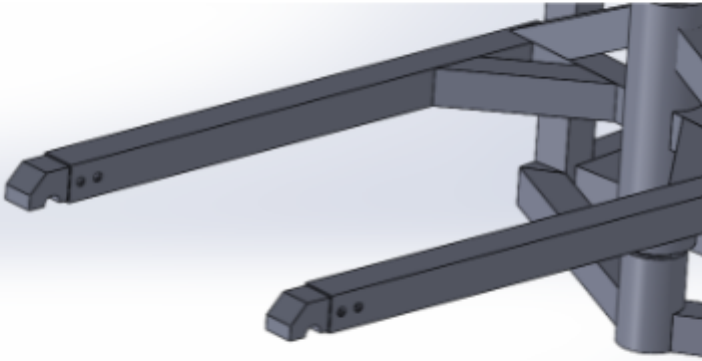
Schémas :

Outillages :

Clé allen

Commentaires :

N°	7		
REP. pièces	Vélo / PCPG06-90-008	Nbr. pièces	1/1
Opérations :			
Monter l'axe de vélo sur la roue arrière du vélo tracteur.			
Schémas :			
Outillages :			
Commentaires :			

N°	8		
REP. pièces	PCPG06-02-1001 / PCPG06-02-0000	Nbr. pièces	2/1
Opérations :			
Insérer les accroches D et G dans les tubes à l'avant de la remorque.			
Schémas :			
			
Outillages :			
Maillet			
Commentaires :			
Attention au sens de l'accroche (G ou D)			

N°	9		
REP. pièces	PCPG06-02-0000 / PCPG06-90-0013 / PCPG06-90-0014	Nbr. pièces	1/2/4
Opérations :			
Insérer et visser les vis et écrous M5 afin de maintenir les accroches.			
Schémas :			
Outillages :			
Clé allen			
Commentaires :			

N°	10		
REP. pièces	PCPG06-01-0000 / PCPG06-90-0007	Nbr. pièces	1/1
Opérations :			
Poser la planche dans son emplacement.			
Schémas :			
Outillages :			
Maillet			
Commentaires :			

N°	11		
REP. pièces	PCPG06-00-0000 / Vélo	Nbr. pièces	1/1
Opérations :			
Poser la remorque sur l'axe du vélo.			
Schémas :			
Outillages :			
Commentaires :			

N°	12		
REP. pièces	PCPG06-00-0000 / Vélo	Nbr. pièces	1/1
Opérations :			
Accrocher la remorque à l'aide des attaches prévues.			

Schémas :

Outillages :

Commentaires :

9. PROCEDES DE FABRICATION

No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE	procédé de fabrication
1	PCPG06-01-0000	Bâti	1	soudure
2	PCPG06-01-1000	Ossature	1	soudure
3	PCPG06-01-1001	Plancher	1	découpe
4	PCPG06-02-0000	Arbre d'accroche au vélo	1	achat
5	PCPG06-02-1000	Ossature	1	soudure
6	PCPG06-02-1001	Accroche gauche	1	fraiseuse
7	PCPG06-02-1002	Accroche droite	1	fraiseuse
8	PCPG06-92-0001	Coussinet	2	tour
9	PCPG06-92-0002	vis	4	achat
10	PCPG06-90-0003	écrou	4	achat
11	PCPG06-90-0001	roue arrière	1	achat
12	PCPG06-90-0002	axe roue	1	tour
13	PCPG06-00-1000	arbre pivot	1	tour

10. ETUDE DE MARCHÉ DANS UNE PERSPECTIVE DE VENTE

C. CARACTERISTIQUES GENERALES DU MARCHE DE LA VENTE DE REMORQUES EN FRANCE

Le marché de la vente de vélos est en pleine évolution depuis plus de 7 ans. L'avenir des vélos est assuré et connaît une croissance soutenue

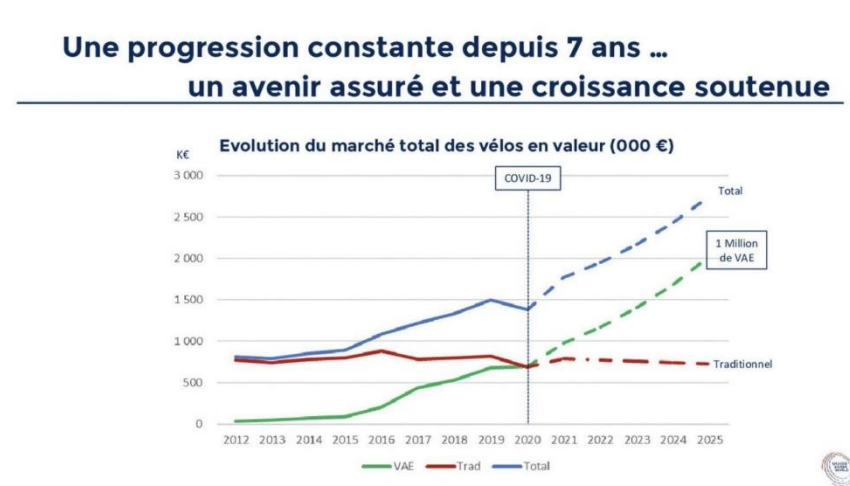


Figure 15 : Graphique de l'évolution du marché des vélos

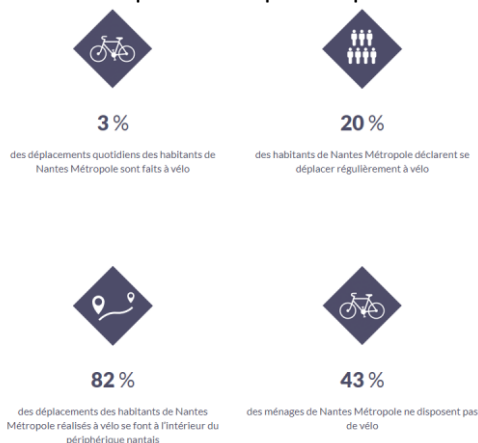
Depuis la crise sanitaire COVID19 le marché des vélos est en pleine expansion. Ce qui aura des conséquences directes sur le marché des remorques à vélos.

D. DELIMITATION DE LA ZONE DE MARCHE

Marché étudié : L'agglomération Nantaise et ses alentours.

c. Taille du marché

- 3% des déplacements quotidiens des habitants de Nantes Métropole sont faits à vélo
- 20 % des habitants de Nantes Métropole déclarent se déplacer régulièrement à vélo
- 82 % des déplacements des habitants de Nantes Métropole réalisés à vélo se font à l'intérieur du périphérique nantais
- 43 % des ménages de Nantes Métropole ne disposent pas de vélo



E. SEGMENTATION DU MARCHÉ

Le marché de la vente de remorques sur la zone Nantaise et sa périphérie peut se subdiviser en différents sous-segments :

- Remorque à vélo pour transporter enfants ou animaux
- Remorque spécialisée dans les voyages en autonomie (treks)
- Remorque pour transport marchandises (ex : courses)

Par ailleurs on peut distinguer différents segments prix :

- Économique
- Intermédiaire
- Supérieur
- Haut-de-gamme

1. La demande des remorques à vélo

Décrire le profil des clients susceptibles d'acheter des remorques à vélo

Enquête à réaliser sur un grand échantillon afin de mieux cibler notre clientèle

ÉLÉMENTS DU QUESTIONNAIRE	INFORMATIONS COLLECTÉES
Âge moyen ?	
Lieu / type d'habitation ?	
Revenu moyen ?	
Qui influence le choix ?	
Quels critères de choix privilégiés ?	
Quel budget ?	
Quand ?	
Quelles attentes ? (Par ordre d'importance)	

2. La concurrence.

Concurrent	Description	Forces et faiblesses
Le cyclo	Entreprise spécialisée dans les remorques	+ : Grande diversité - : Prix élevés - : Pas de magasins pour essayer les remorques : online shopping seulement
Culture vélo	Entreprise spécialisée dans le monde du vélo	+ : propose des remorques mais aussi d'autre matériel lié au monde du vélo - : uniquement du haut de gamme
Bikester	Entreprise spécialisée dans le monde du vélo	+ : propose des remorques mais aussi d'autre matériel lié au monde du vélo - : choix limité de types de remorques
Decathlon	L'enseigne de sport la plus connue en France	+ : Renommée, Service client complet, gamme de choix importante, pole R&D très efficace - : Produits de qualité standard majoritairement

3. L'environnement.

Critère	Description
Environnement politique	Politique générale qui développe les pistes cyclables Subvention de l'Etat pour achat vélo électrique
Environnement économique	Pouvoir d'achat moyen des Français augmente
Environnement socio-culturel	Prise de conscience de l'impact sur l'environnement de l'utilisation de la voiture
Environnement technologique	Remorques de plus en plus haut de gamme et faciles à utiliser
Facteurs environnementaux	Lois sur l'écologie prônant les déplacements doux
Environnement légal	Normes de sécurité renforcées pour la sécurité des utilisateurs de vélos

F. CONCLUSION DE L'ETUDE DE MARCHE :

Le segment des vélos est en plein essor et les prévisions annoncent une hausse continue pour plusieurs années. De ce fait, le marché des équipements des vélos va connaître une croissance parallèle.

Des concurrents bien installés ont une position dominante sur les ventes cependant, l'environnement actuel crée des opportunités importantes pour de nouveaux opérateurs qui sauront s'adapter aux demandes évolutives des consommateurs.

11. ECONOMIE D'ÉCHELLE

G. DEFINITION DE CETTE NOTION

Après avoir étudié la faisabilité du projet, il est primordial d'analyser l'économie d'échelle de notre projet. L'expression « économie d'échelle » est utilisée en économie pour désigner la diminution du coût moyen de production qui résulte de l'accroissement des quantités produites. En effet, produire en grande série permet de réduire les coûts variables. Un coût variable est un coût qui varie plus ou moins proportionnellement à l'activité de l'entreprise. On peut citer par exemple l'achat de matière première. Contrairement aux coûts variables, il existe des coûts fixes tels que les salaires à verser aux employés, les loyers ou encore l'amortissement des outils de production.

H. APPLICATION A NOTRE PROJET

Dans notre situation, nos coûts fixes correspondent uniquement au versement des salaires des 6 membres du groupe PCP et aux employés travaillant au FabLab de l'Icam. Après concertation avec les membres de l'équipe, chacun d'entre nous percevra une rémunération de 1000 € net mensuel. De plus, nos employés du FabLab seront rémunérés à hauteur de 50€ par heure toutes charges comprises.

Afin de mener cette étude, nous avons estimé à la suite de notre expérience personnelle de fabrication qu'un ouvrier pourrait réaliser notre remorque en 4h. De la même manière, nous avons déterminé la valeur de la somme de nos coûts variables. A l'aide des données citées précédemment, nous obtenons le tableau suivant :

Aucune hypothèse			
1 remorque			
Couts variables	Prix payé	à l'unité	
Tubes acier	17,28 €		
Laiton(coussinets)	2,00 €		
Visserie		0,50 €	
OSB bois		8,00 €	
Equerres (plaques acier)		0,50 €	
Tendeurs		3,00 €	
Catadioptrés		5,00 €	
Roue	20,00 €		
Total couts variables	39,28 €	17,50 €	56,8 €

	Nombre d'heures	Cout horaire	
Charge salariale	4	50,00 €	
Total charge salariale			200,0 €
Prix de revient			256,8 €
Prix vente			280,0 €
Marge			23,2 €

Tableau récapitulatif des coûts variables et de la charge salariale pour 1 remorque

Pour 1 remorque, nous obtenons un total des coûts variables de 56,8 € et une charge salariale de 200€. Ce qui donne un prix de revient total de 256,8€. Cette valeur de référence nous permet de fixer notre prix de revient à 280€ afin d'assurer une marge nécessaire à la pérennité de notre entreprise.

L'économie d'échelle apparaît lorsque la quantité produite s'accroît. Pour cela, nous avons effectué des hypothèses nécessaires à la mise en avant de ce mécanisme. Nous avons donc retenu les hypothèses suivantes :

- Un achat en grande quantité de matières premières permettra d'optimiser les chutes et de négocier avec le fournisseur des prix plus avantageux.
- Nos employés du FabLab deviendront de plus en plus efficaces au fur et à mesure qu'ils produiront des remorques.

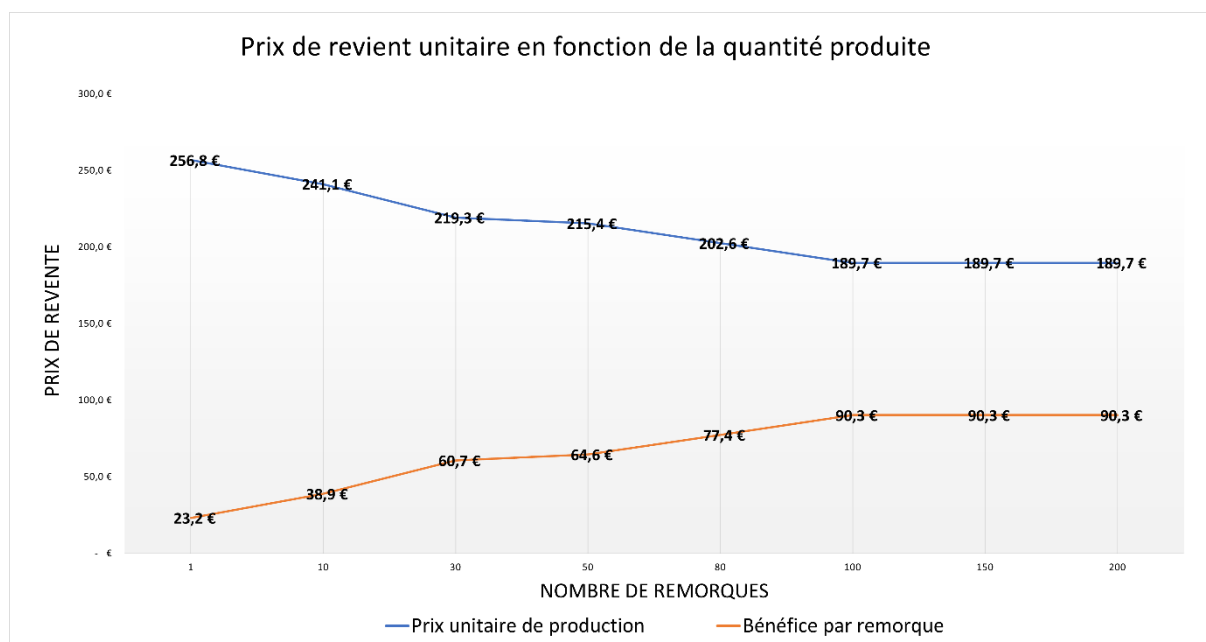
Tableau récapitulatif des hypothèses réalisées en fonction de la quantité de remorques produites.

Nombre de remorques	Baisse en % estimée sur les coûts variables	Baisse en % estimée sur le temps de fabrication de chaque remorque
1	0%	0%
10	10%	5%
30	15%	10%
50	20%	15%
80	25%	20%
100	30%	25%
150	30%	25%
200	30%	25%

Dans un premier temps, jusqu'à 80 remorques une baisse significative est appliquée mais après cette valeur une asymptote apparaît. En effet, la matière a un coût et le fournisseur ne peut pas produire sans faire une certaine marge. De manière analogue, un salarié gagnera en efficacité lors des premières remorques mais le temps de fabrication de chaque remorque ne pourra diminuer proportionnellement au nombre de remorques produites. Il y a nécessairement un temps de fabrication incompressible.

I. RESULTATS DE LA MISE EN FORCE DE NOS HYPOTHESES

Après avoir appliqué les baisses en % des coûts en fonction de la quantité produite, nous obtenons le graphique suivant :



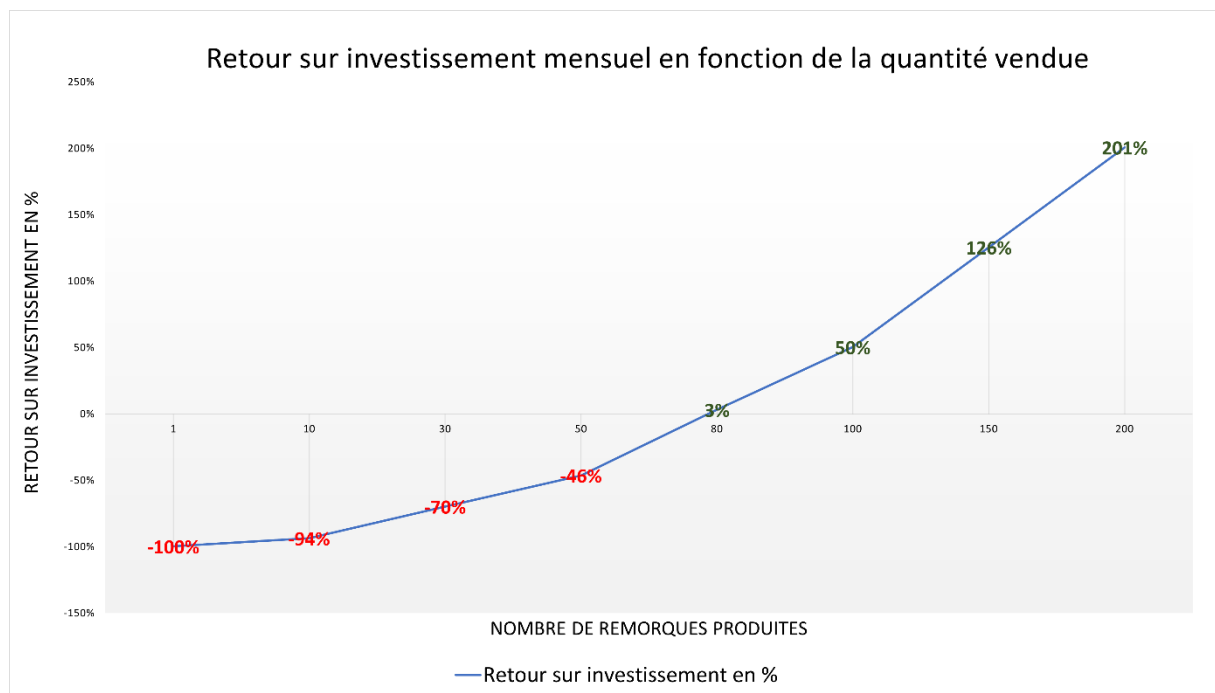
On observe une diminution nette du prix unitaire de production jusqu'à 80 remorques puis le prix stagne. De manière inverse, le bénéfice engendré par l'entreprise pour chaque remorque croît en fonction du nombre de remorques et stagne lui aussi à partir de 80 remorques.

Pour conclure, cette baisse appliquée à une grande échelle engendre une diminution significative du prix de revient et donc une marge plus importante.

J. BILAN

Avant de se lancer dans un projet d'une telle envergure il est nécessaire de s'intéresser à la faisabilité du projet. Pour cela, calculer le retour sur investissement mensuel de l'entreprise permet de se donner une première idée sur la crédibilité du projet.

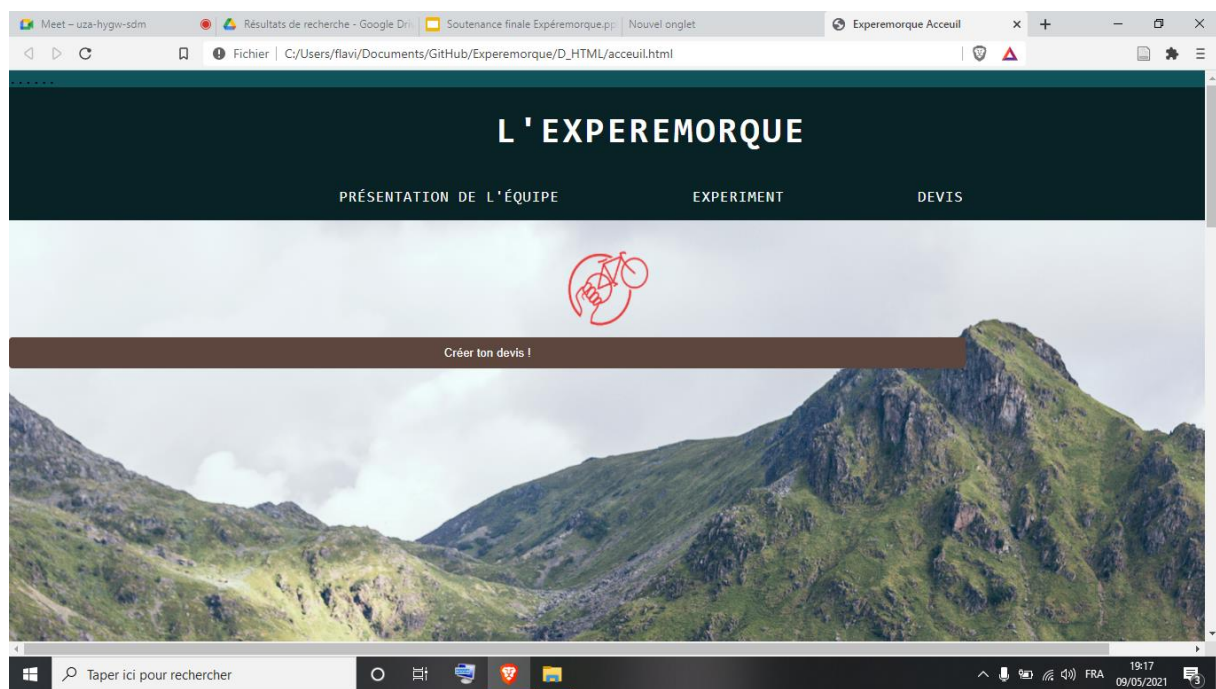
Dans notre cas, l'investissement correspond uniquement au salaire que l'on versera à chacun des membres de l'équipe (1000€ net mensuel) soit avec les taxes environ 12 000€ TTC pour un mois.




D'après ce graphique, nous pourrions couvrir nos charges si nous vendons 80 remorques par mois. En dessous de cette valeur, nous dégageons un déficit et la survie de l'entreprise est compromise. Au-delà de cette valeur, l'entreprise engendra des bénéfices, ce qui nous permettra d'investir et d'optimiser notre produit dans une démarche de développement continu.

12. SITE INTERNET

Un site internet est actuellement en développement. Voici la page d'accueil :





Realise ton reve : fais ton devis !

Nom Prénom	Nombre de remorque
Mai	Num carto bancaire
Adresse	Option(x)
Ville	<input type="checkbox"/> Axe de velo <input type="checkbox"/> Sac avec attache

Generer le devis

13. RENDU FINAL

