

**CONCEPTION D'UN VÉLO MODULABLE
TYPE CARGOBIKE**

Étudiants :

**Thomas BENADJAOU
Elouan HAZARD
Émile LOQUET**

**Clément FRÉTÉ
Adèle LE GAILLARD
Etienne PETIT**

Enseignant-responsable du projet :

Thomas BRETEAU

Date de remise du rapport : 19/06/2017

Référence du projet : STPI/P6/2017-51

Intitulé du projet : *Conception d'un vélo modulable type cargobike et autres*

Type de projet : *Modélisation, conception*

Objectif du projet :

Le but de ce projet est d'imaginer un vélo modulable, c'est à dire qui peut passer d'un vélo porteur de chargement à un vélo ordinaire. Nous devons modéliser ce vélo sur ordinateur (en utilisant solidworks), tester sa résistance, trouver les matériaux adéquats à sa réalisation et si possible le fabriquer en vrai.

Mots clefs du projet : *Conception, Modélisation, Vélo*

SOMMAIRE

1. Introduction.....	p.2
2. Présentation du cargobike.....	p.3
2.1. Le triporteur.....	p.3
2.2. Le biporteur.....	p.4
3. Méthodologie / Organisation du travail.....	p.6
3.1. Répartition du travail.....	p.6
3.2. La conception.....	p.7
4. Travail réalisé et résultats.....	p.9
4.1. La modélisation.....	p.9
4.2. L'étude statique de la structure.....	p.11
4.3. Matériaux à utiliser pour la réalisation du vélo.....	p.15
5. Améliorations à apporter à ce prototype.....	p.16
6. Conclusion.....	p.17
7. Bibliographie.....	p.18
8. Crédits d'illustration.....	p.20
9. Annexes.....	p.21

1. Introduction

Dans une époque où la pollution due à l'activité humaine est presque à son apogée, l'écologie pour le respect de l'environnement prend une place importante au sein de nos sociétés. Le cargo-bike est une invention qui va dans ce sens. Il s'apparente à un substitut de la voiture dans certaines villes comme Copenhague où 25 % des habitants (avec au moins 2 enfants) en possèdent d'après le site Vbike¹. Face à la croissance de l'utilisation de ce type de vélo, nous nous y sommes intéressés. Malgré le fait que le vélo cargo est pratique et que des modèles actuels proposent des structures optimisées pour supporter des charges importantes, le prix moyen de ce type de transport est environ de 2500 €.

Par conséquent, le prix est élevé mais l'utilisation de ce vélo n'est limitée qu'au transport de charges. C'est pourquoi nous avons décidé de réfléchir à une manière de moduler ce type de vélo pour se ramener à un vélo normal. Cela permettrait de transporter le vélo plus facilement et d'avoir différentes utilisations.

Dans un premier temps, nous allons faire un historique non exhaustif des cargo-bikes depuis leur création jusqu'à maintenant à la demande de notre professeur référent. Dans un second temps, nous allons décrire la manière dont nous avons abordé ce projet pour envisager dans un dernier temps le travail réalisé, les résultats ainsi que les améliorations que nous pouvons apporter au prototype que nous avons imaginé.

¹ **VBIKE**. Cargobikes: une révolution de design de vélo avec l'histoire. <https://translate.google.fr/translate?hl=fr&sl=en&u=http://www.vbikesolutions.org/cargobikes-101.html&prev=search>. 15 Février 2017.

2. Présentation du cargobike

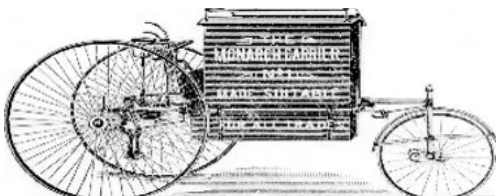
Préalablement, définissons le terme principal de ce projet qui est le « cargo-bike » nommé également le « vélo cargo ». Si nous nous rapportons à la définition des membres de Paris Cargo Bikes², c'est un vélo différent d'un vélo classique du fait qu'il peut « transporter des charges plus importantes ». Les premiers cargo-bikes sont apparus dans les années 1880 pour le déplacement des personnes âgées du fait de la plus grande stabilité, affirme le site Carfree³. Puis, peu à peu, sa fonctionnalité devient centrée sur le transport de marchandises lourdes sur de longues distances, permettant de remplacer les chevaux.

Depuis, il en existe sous différentes formes qui dépendent, entre autres, de la position du chargement (avant ou arrière), du nombre de roues, de la fonctionnalité ou encore de la présence d'un moteur électrique. Notre but ici est de faire un bref inventaire des cargo-bikes présents sur le marché depuis leur invention pour tenter d'innover.

2.1. Le triporteur

En effet, les premiers vélos cargo qui sont apparus étaient dotés de 3 roues. Ces dernières ont permis à ces vélos de s'imposer jusqu'au milieu du XXème siècle, toujours d'après le site carfree.

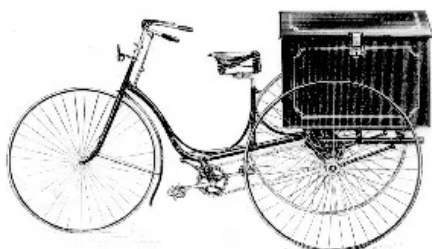
Illustration 1 : Un des premiers cargo-bike



C'est en 1885 que l'on retrouve une structure de vélo standard avec une roue à l'avant et deux roues à l'arrière. Ce modèle, provenant d'Angleterre, proposait un chargement arrière entre les deux roues. Par la suite, des améliorations de finitions seront encore apportées en réduisant la taille des roues au profit d'un chargement plus important.

Il est à noter que cela a permis à ce vélo de se développer dans plusieurs pays de l'Europe. De plus, selon le site I Bike Strasbourg⁴, des courses étaient organisées dans les années 1900 avec un chargement de 50kg. Ce fut également le cas pour les biporteurs avec la course « Svajerløb ».

Illustration 2 : Premier triporteur avec chargement arrière



Toutefois, avec l'arrivée de l'automobile, ce type de vélo ne sera plus utilisé après la Seconde Guerre Mondiale.

Nous pouvons constater que le renouveau du cargo-bike se fera dans les années 1980 avec l'invention du Christiana Bikes en 1984 à Copenhague. L'objectif ici est de transporter les enfants.

2 **PARIS CARGO BIKES.** Cargo-bike. <http://pariscargobikes.org/cargo-bike/>. 15 Février 2017.

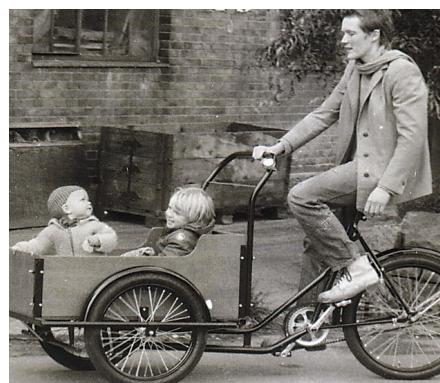
3 **CARFREE.** Historique du vélo cargo. <http://carfree.fr/index.php/2013/04/23/historique-du-velo-cargo/>. 15 Février 2017.

4 **I BIKE STRASBOURG.** Historique de la Cargologie... <http://www.ibikestrasbourg.com/2015/11/historique-de-la-cargologie.html>. 16 Février 2017.

Les Christiana Bikes ont connu des évolutions depuis leur création mais uniquement du point de vue matériel ? pointe Monsieur Cadeau, rédacteur et fondateur du site weelz⁵. Pour illustrer notre propos, le cadre est en acier soudobrasé. C'est une soudure avec un autre matériau que les pièces à assembler et ayant une température de fusion plus basse, affirme un cours de l'AFPA⁶. Il y a également, entre autres, des freins à disque à l'avant et un rétropédalage à l'arrière.

Mise à part le fait qu'il y a également des configurations de triporteurs où les deux roues et le chargement sont à l'arrière, les innovations sur les triporteurs n'ont actuellement pas apporté de structures nouvelles.

Illustration 3 : Le premier Christiana Bikes



2.2. Le Bipporteur

Comme son nom l'indique, il s'agit d'un cargo-bike à deux roues. À l'intérieur de cette catégorie, il y a des sous catégories résultant de nouveau du chargement par exemple.

D'une part, il existe les bipporteurs avec un chargement à l'avant. D'après le site Paris Cargo Bikes, il s'agirait du cargo-bike le plus courant. La plate-forme située entre le guidon et la roue avant étant basse, la stabilité et la facilité de chargement sont présentes mais l'inconvénient réside dans l'encombrement. Si on reprend l'article de Carfree, nous remarquons que ce type de cargo bike est apparu en 1920 au Danemark et était nommé « Long John » ou « Short John » pour la version plus courte.

Illustration 4 : « Long John »

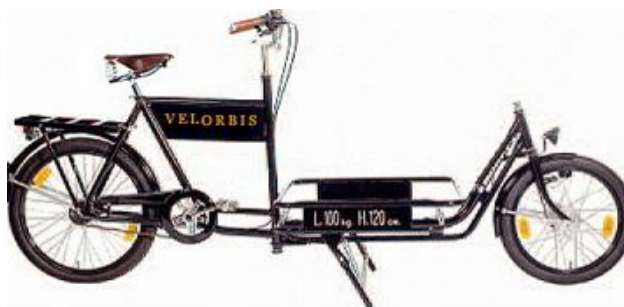


Illustration 5 : « Short John »



Sur la même structure que le « Long John », on retrouve également, avec la même fonctionnalité que le Christiana Bikes, le Bakfiets selon le site Paris Cargo Bikes. Néanmoins, pour une meilleure maniabilité, une plus grande vitesse ainsi qu'une légèreté améliorée, le « Bullitt » est adapté. Ce dernier peut être équipé d'un moteur électrique.

5 **WEELZ.** Christiania Bikes, plus qu'un triporteur, une Histoire. <http://www.weelz.fr/fr/christiania-bikes-plus-quun-triporteur-une-histoire/>. 16 Février 2017.

6 **AFPA.** La soudo-brasure. <http://raynald.beauvois.free.fr/Cours%20pdf%20uf2/uf2et1/52.pdf>. 16 Février 2017.

Illustration 6 : Le Bakfiets



Illustration 7 : Le « Bullitt »



Il est évident qu'il existe d'autres formes de biporteurs au niveau du type de chargement avant qui peut être un panier pliable ou démontable comme le « Cabby ».

D'autre part, il existe également des biporteurs avec un chargement arrière mais ces derniers peuvent transporter des charges moins lourdes, même avec l'utilisation de sacs. Il faut savoir que le centre de gravité de ces vélos est plus haut d'où une stabilité plus faible. En effet, ils ressemblent à des vélos classiques avec uniquement une petite plate-forme sur la roue arrière comme par exemple le « Yumba Mundo ».

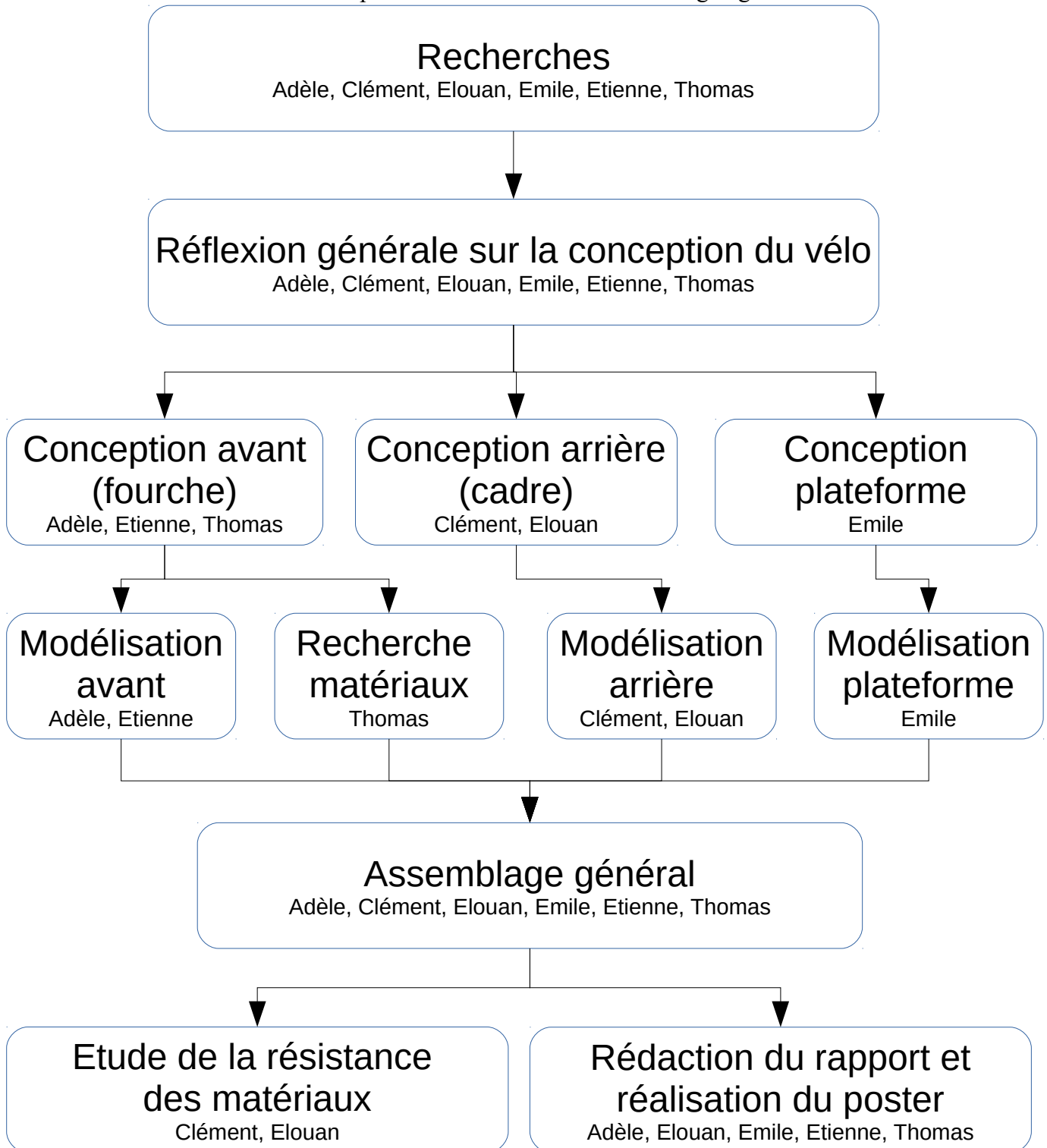
Illustration 8 : Le Yumba Mundo



3. Méthodologie / Organisation du travail :

3.1. Répartition du travail

Les principales tâches à réaliser consistaient à réfléchir au fonctionnement global du cargobike et à ses dimensions. Ensuite, nous l'avons modélisé sur solidworks et nous avons réfléchi aux matériaux à utiliser. Finalement des études de résistances ont été réalisées sur Solidworks. Vous trouverez la répartition des tâches à travers cet organigramme :



3.2. La conception

Nous voulions un cargobike modulable, c'est à dire que notre vélo devait pouvoir être utilisé comme un vélo classique et comme un cargobike avec un chargement. Suite à nos études sur les cargobikes existants, nous avons retenu un chargement à l'avant. Le problème qui se posait alors était de transmettre la direction entre le guidon et la roue avant, cette dernière n'étant plus au contact du guidon lors de la mise en place de la plateforme.

Nous devons également penser à un système de raccordement entre la plateforme et le cadre et la fourche avant, tout en pouvant facilement reconnecter la roue avant avec le guidon. Nous avons réfléchi à différents types de plateforme : des sortes de bennes, des plateformes plates.. Ces différentes solutions sont détaillées dans la suite du rapport.

Du point de vue de la structure, d'après nos recherches, aucune innovation n'a été faite pour se ramener à un vélo normal ; ce qui constitue notre projet. Pour atteindre notre objectif, nous avons décidé de nous baser sur un biporteur avec un chargement avant du type « Bullitt » ou « douze cycles ». Ce dernier est proposé par la première marque française de cargo-bike « Douze cycles » fondé en 2012 comme le stipule le site cyclable⁷. Le modèle Douze cycles Messenger semblait être le plus intéressant à moduler à nos yeux. C'est ce type de chargement avant qui nous a inspirés en sachant qu'il se rapproche le plus d'un vélo normal.

Nous avons donc choisi de modéliser un vélo ayant une forme semblable à ce vélo.

Illustrations 9: Douze cycles Messenger



Pour la direction, nous avons eu plusieurs idées dont la barre de direction que l'on peut retrouver sur un Douze cycles ou des engrenages coniques. Ces derniers étaient trop ambitieux et trop chers. Sans compter que la barre de direction était plus encombrante et plus compliquée pour se ramener à un vélo normal du fait de sa longueur qui aurait été trop petite.

⁷ CYCLABLE. Cargo bike Douze cycles : une nouvelle génération de biporteurs.

<https://www.cyclable.com/blog/2015/04/14/cargo-bike-douze-cycles-une-nouvelle-generation-de-biporteurs/>. 16 Février 2017.

C'est pourquoi nous avons décidé d'utiliser des câbles de directions qui sont plus maniables (avec un système de poulie) et surtout plus légers. Les câbles sont fixés sous le cadre à une barre perpendiculaire au cadre, qui bouge avec le guidon.

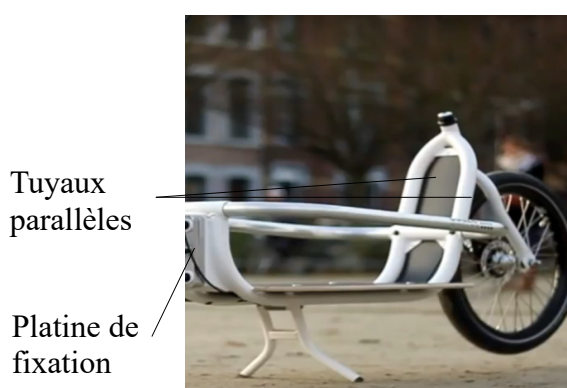
Ils passent ensuite dans des gouttières sous la plate-forme et sont raccordés à la fourche avant sur une poulie. Enfin, ils sont bloqués sur la poulie par un système de vis et d'écrous. Lorsque l'on tourne le guidon, cela tire sur le câble, qui entraîne la roue avec lui dans la direction désirée.

Pour passer du vélo cargo au vélo classique, on doit retendre le câble au niveau de la barre perpendiculaire et enrouler l'excédent autour de cette barre.

Pour répondre à notre projet, nous avons envisagé de faire un cadre télescopique pour le chargement avant afin de pouvoir se ramener à un vélo normal. Néanmoins, après réflexion, nous avons décidé de ne plus envisager cette capacité télescopique. En effet, cela apportait une fragilité pour les cylindres du cadre avant au vu de notre choix d'une longueur importante (environ 70cm) de la plate-forme.

Dans un premier temps, l'emplacement du chargement prévu sur le cadre était inspiré du modèle Douze cycles décrit précédemment. Il correspondait en fait à deux tuyaux parallèles qui étaient dans la continuité de la fourche avant (voir ci-dessous). A la place d'une planche avec deux rambardes sur les côtés, nous avons opté pour une plate-forme rectangulaire avec des petits rebords.

Illustration 10: Douze cycles Messenger - Chargement



Nous avons pensé à disposer des gouttières sous la planche de chargement. Cela nous aurait permis d'imaginer un assemblage par clips ou à l'aide de goupilles entre les tuyaux du cadre, de la plateforme et de la fourche avant. Toutefois, le problème résidait dans la façon avec laquelle nous pouvions nous ramener à un vélo standard. Il est vrai que les tuyaux sur la fourche étaient, à notre avis, une gêne pour l'utilisateur lorsqu'il pédalait avec le « mode » normal.

C'est pourquoi nous avons décidé de positionner une platine de fixation carrée au même endroit que sur la photo au niveau du cadre.

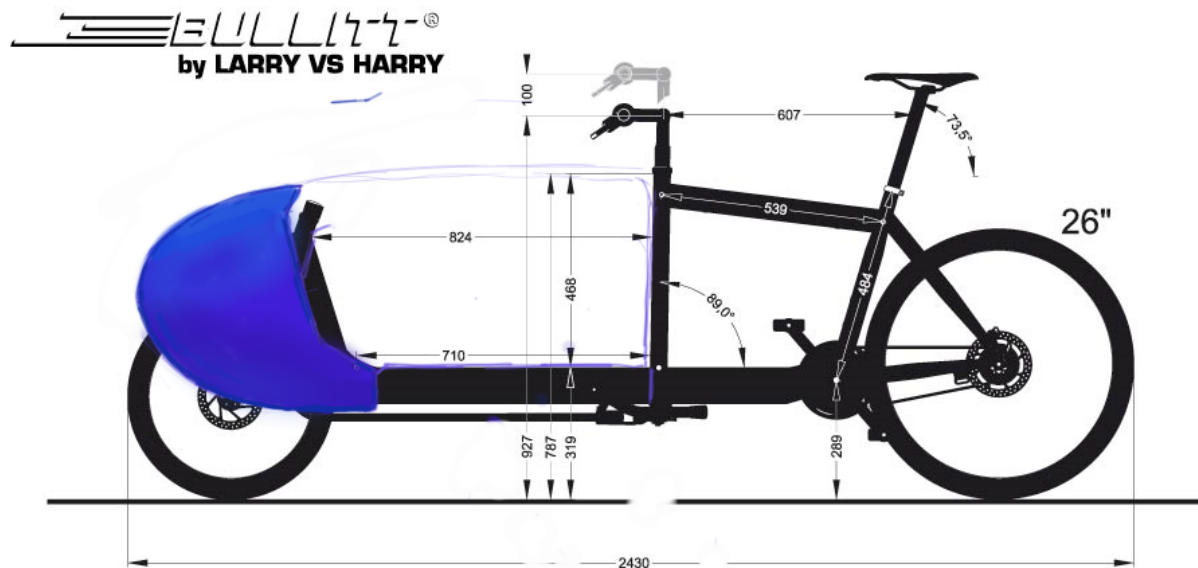
Des platines identiques sont également positionnées au même niveau sur la planche de chargement à l'avant et à l'arrière. De ce fait, la fixation peut se faire sur le cadre ainsi que sur la fourche qui est légèrement modifiée par rapport au modèle proposé par Douze Cycles. Notre fourche possède elle aussi une platine de fixation encore au même niveau. Les platines sont liées entre elles par un système de vis et d'écrou. Ce dispositif permet de séparer facilement la plateforme et de reconstruire un vélo ordinaire.

4. Travail réalisé et résultats

4.1. La modélisation

Au préalable, nous avons commencé par réfléchir sur croquis. Puis, une fois que nous avons déterminé l'ensemble des informations décrites auparavant, nous avons modélisé notre cargo-bike sur Solidworks. Ainsi, cela nous a permis de bien maîtriser l'objet de notre projet et d'en comprendre les contraintes. Au sujet des dimensions, le cadre arrière possède les mêmes dimensions que le cadre du cargo Bullitt.

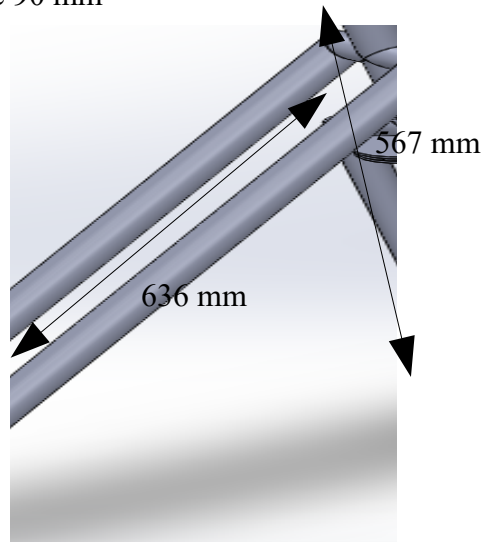
Illustration 11 : Dimensions du cadre arrière



Autres dimensions :

- Planche : 700 x 450 x 80 mm
- Platine : 150 x 150 mm
- Roue : 20' (avant) 26' (arrière)
- fourche : Poulie de 90 mm

En effet, nous ne sommes pas habilités pour souder à l'INSA. Nous avons donc accordé beaucoup d'importance à la CAO pour bien préciser l'idée que nous avons voulu développer. Le matériau choisi est de l'acier au carbone pour des soucis de résistance. Nous sommes parvenus à représenter le cadre arrière par nos propres moyens ainsi que la fourche avant et la plate-forme. Néanmoins, nous avons téléchargé quelques pièces déjà modélisées sur le site grabcad.com par soucis de temps. Entre autres, nous avons pris la surface de la selle.



Nous avons tout de même finalisé la structure de cette dernière ; c'est-à-dire l'épaisseur, le tube sur lequel elle s'appuie et les petits supports d'attache. De plus, nous avons également téléchargé le pédalier et la roue arrière. Toutefois, tous les rayons de cette roue ont été refaits car ils n'étaient pas adéquats. Enfin, nous avons pris le guidon avec le système de freinage.

Pour réaliser le système de fixation de la plateforme avec le cadre et la fourche avant, nous avons donc modélisé les platines décrites plus haut. Ces platines s'assemblent entre elles, on obtient alors un système nous permettant de passer aisément d'un vélo cargo à un vélo classique, puisqu'il suffit simplement de retirer la plateforme avec ses deux platines et de visser les platines restantes ensemble, reliant ainsi le cadre à la fourche.

Illustration 12: Platine

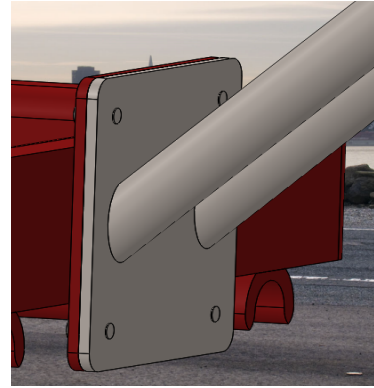
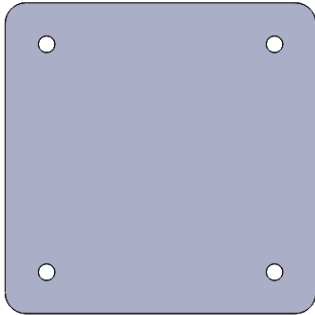


Illustration 13: Fixation

Une fois la modélisation terminée, nous avons donc obtenu un vélo modulable, pouvant être à la fois un vélo classique ou un cargo-bike.

Nous n'avons cependant pas modélisé les câbles de direction, mais une poulie a été prévue à cet effet sur la fourche avant :

Illustration 14: fourche

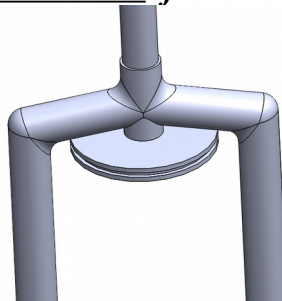
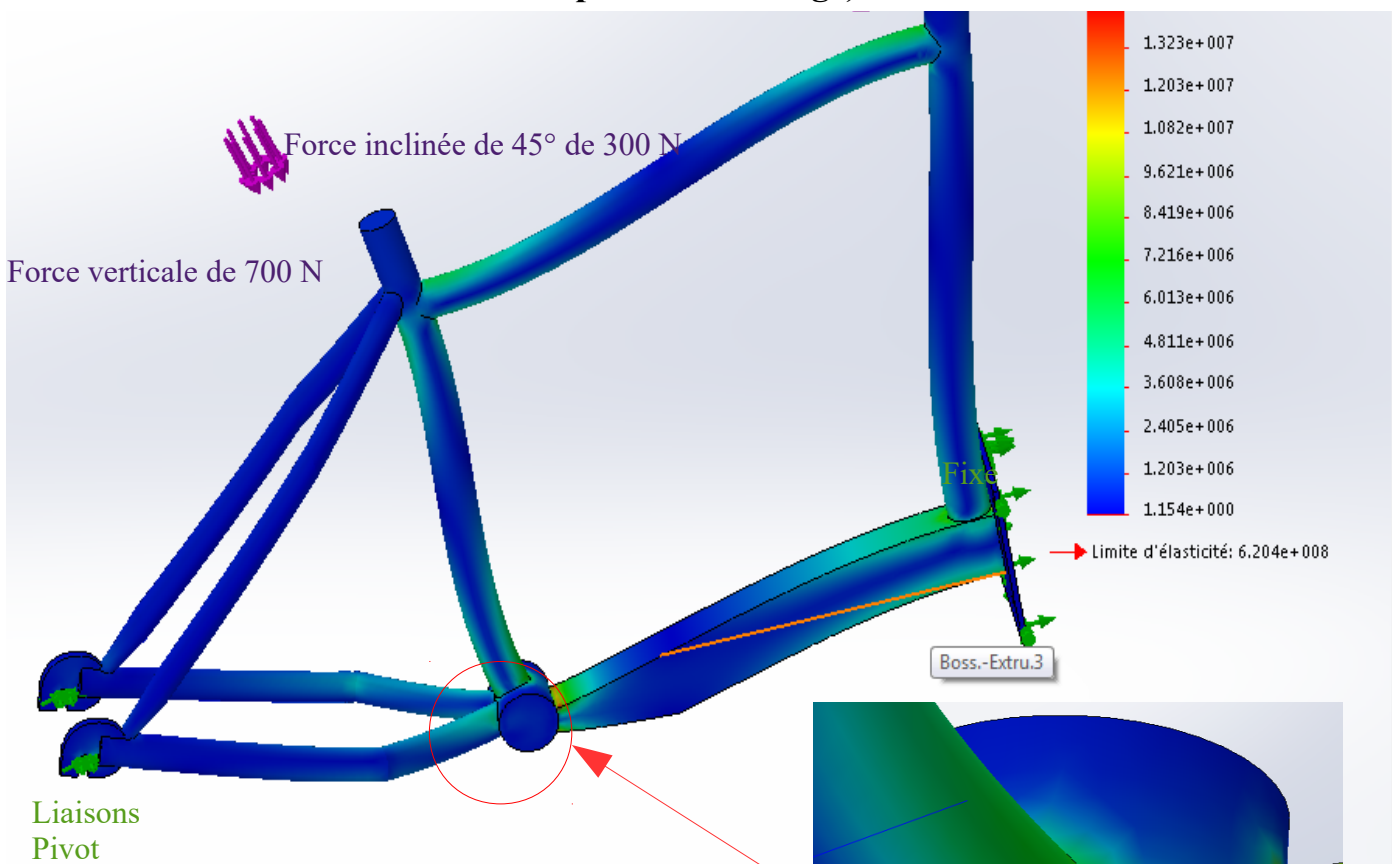


Illustration 15: Vélo final avec et sans plateforme

4.2. L'étude statique de la structure

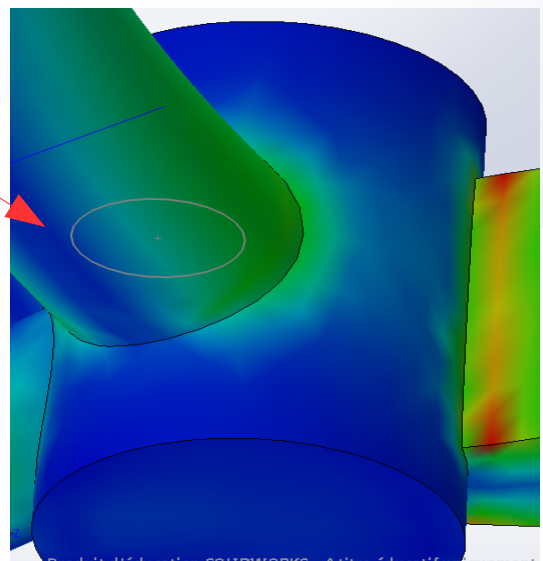
Une fois que notre modélisation était bien avancée, nous avons décidé de faire des études statiques de notre structure. Au préalable, comme le professeur nous l'a suggéré, nous avons décidé de travailler uniquement sur le cadre arrière afin de voir si on partait sur de bonnes bases. Toutefois, Nous avons rencontré une difficulté lors du maillage du cadre creusé. Celui-ci ne fonctionnait pas et nous avons été contraints de revoir la structure arrière du vélo. En première approche, nous avons effectué l'étude pour le cadre plein pour lequel le maillage était plus simple. Notre test a abouti au résultat suivant :

Étude statique du cadre-arrière plein pour une personne de 100kg (but : réussir le premier maillage)



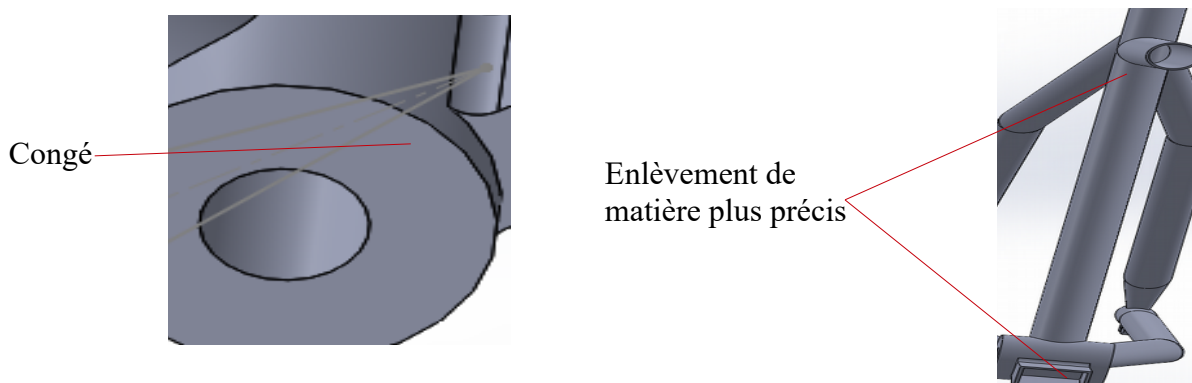
Comme le titre l'indique, ce test a été effectué pour une personne de 100kg. Pour cela, nous avons choisi les forces et les liaisons expliquées ci-dessus.

En outre, la contrainte la plus importante ($1,917 \cdot 10^7$ N/m²) est positionnée sur le cadre au niveau du support de pédalier. Encore une fois, cette dernière ne dépasse pas la limite élastique ($6,204 \cdot 10^8$ N/m²) soit presque 30 fois plus petit.



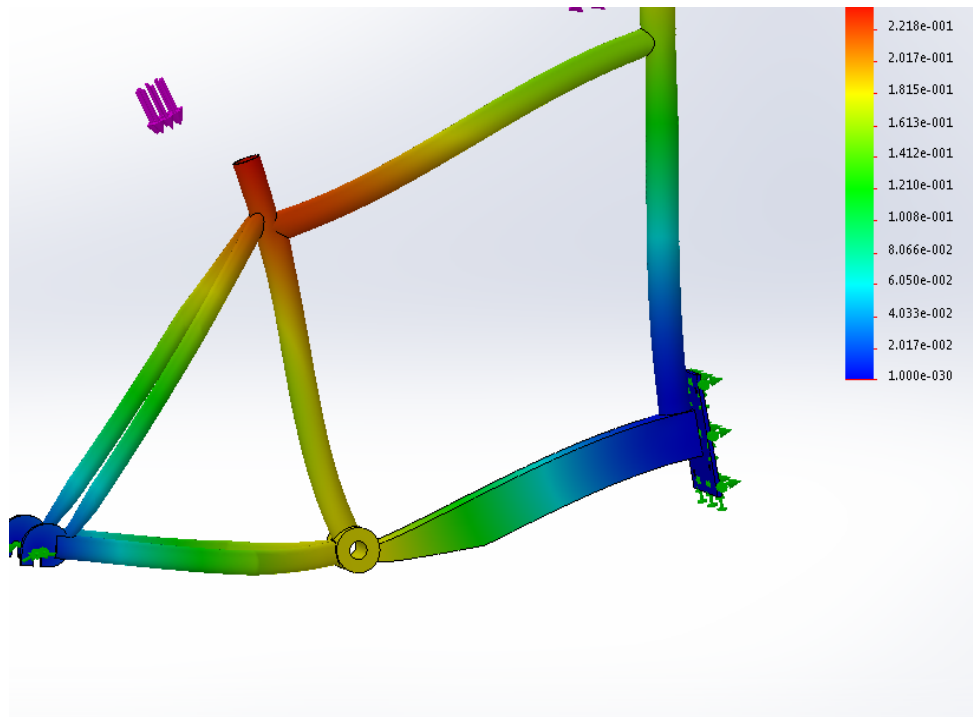
Toutefois, comme notre enseignant nous l'a fait remarqué, cette zone possédera un congé lors de l'usinage du fait que les cordons de soudure seront assez importants. En prenant en compte cette étude préliminaire, nous avons donc ajouté un congé à ce niveau (voir illustration) mais aussi sur les arêtes vives sur les tubes utilisés pour le maintien de la roue arrière. Toujours sur ces tubes, nous avons affiné la fin de ces derniers jusqu'au support de l'axe de la roue car sinon cette zone présentait beaucoup d'intersections d'arêtes. Enfin, nous avons fait des enlèvements (voir ci dessous) de matière à la place de créer une coque. En effet, cette dernière était trop globale et était effectuée pour tous les composants. Or, entre autres, la platine et le moyeu du pédalier n'ont pas besoin d'être creux. Toutes ces modifications nous ont permis de faire le maillage nécessaire.

De plus, nous pouvons remarquer que le cadre est dans l'ensemble bleu/vert ce qui signifie que les contraintes qu'il supporte sont très loin de la limite élastique du matériau qui est de $6,204 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$.



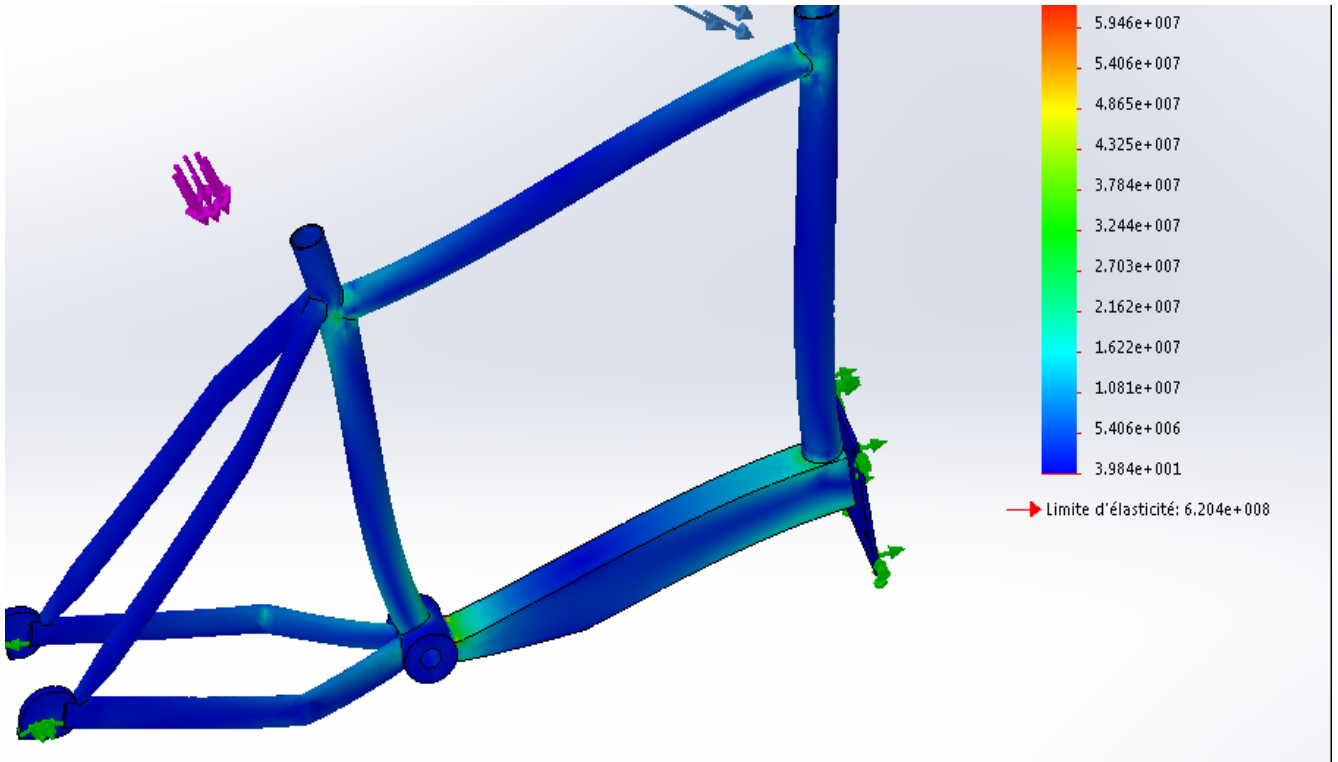
Étude statique du cadre-arrière « vide » pour une personne de 100kg

Déplacements (mêmes forces et mêmes liaisons) :



Les déplacements de la structures sont également à prendre en compte pour la résistance du cadre proposé. Évidemment, le déplacement le plus important est au niveau de la selle, là où l'utilisateur s'installe. Néanmoins, ce déplacement est minime (au maximum $3,250 \cdot 10^{-1}$ mm) ce qui entraîne une déformation négligeable.

Contraintes :

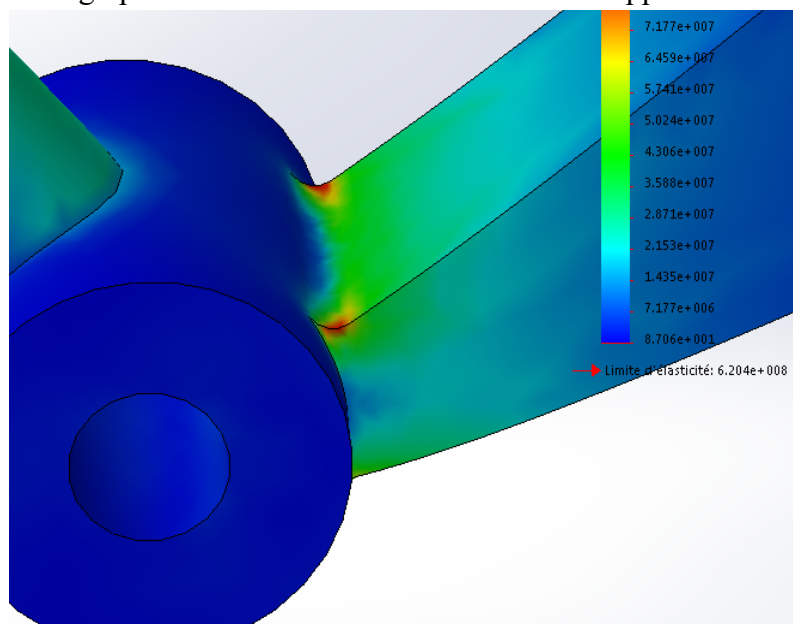


Le cadre simplifié est sujet à des contraintes plus faibles en comparaison au cadre plein où les couleurs tendaient plus vers le vert.

Comme nous avons remarqué que la contrainte la plus importante était toujours au même endroit, nous avons décidé de faire un maillage plus fin sur cette zone afin de mieux appréhender l'ampleur de cette contrainte.

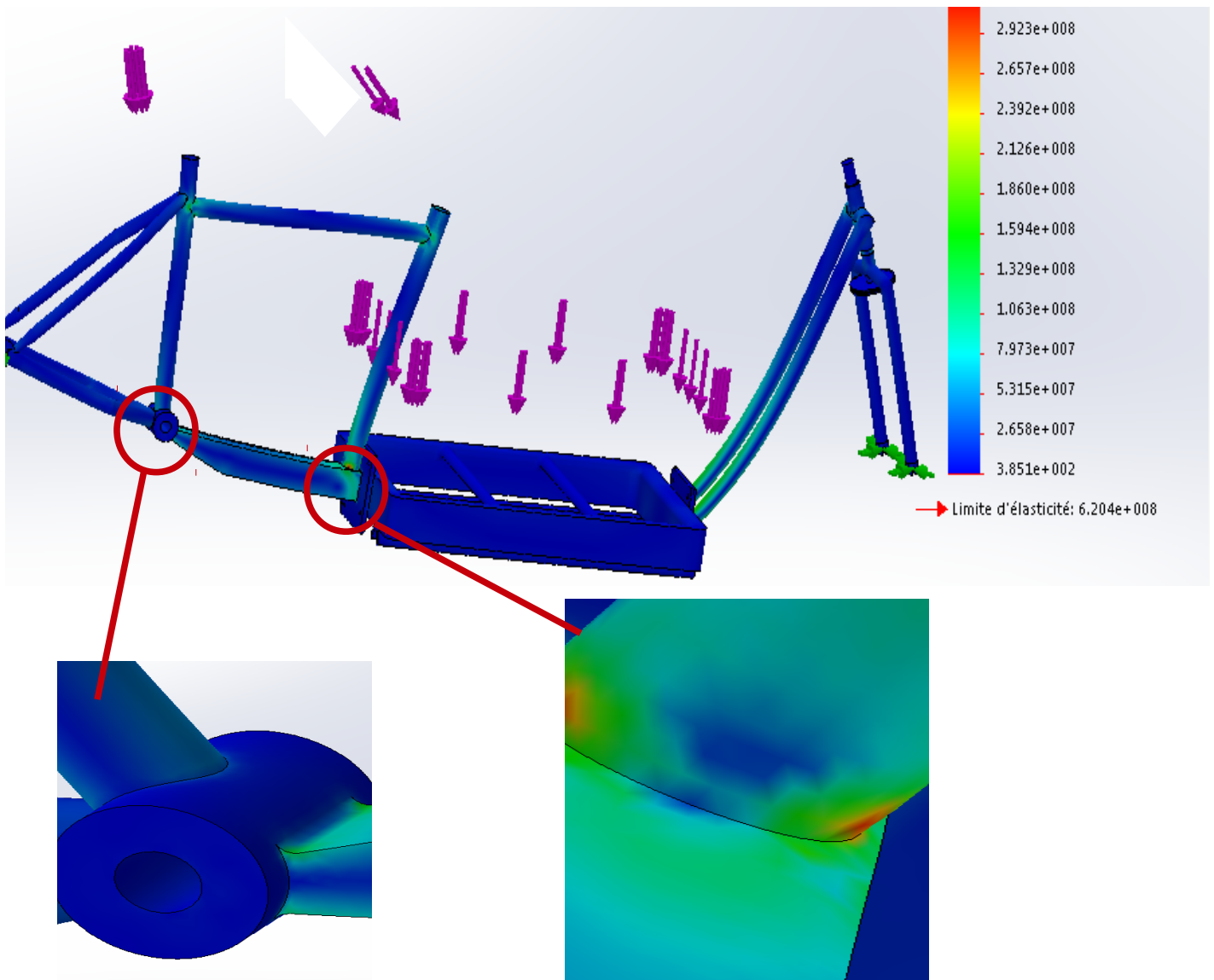
En effet, le congé permet de réduire fortement la contrainte imposée. En revanche, il persiste toujours des points sensibles aux extrémités. La valeur des contraintes à ces points est environ la même que précédemment mais l'avantage réside dans le fait que la zone sensible est décalée et risque d'être moins contraignante.

La rupture ici est plus difficile que sur le modèle du vélo plein et surtout elle serait moins dangereuse



Au terme de ces études préalables, nous avons étudié l'ensemble de notre structure pour un chargement avant de 100 kg. Il est vrai que nous aurions pu réaliser l'étude pour une personne plus lourde avec un chargement plus léger pour vraiment réaliser les fragilités de la structure. Mais cette configuration est représentative de notre but final d'un chargement de 100kg. De plus, 100 kg est un bon poids permettant de mettre en avant les contraintes éventuelles.

Étude statique de toute la structure pour une personne de 100kg et un chargement de 100 kg :



Il est important de noter que le point sensible au niveau du moyeu est en fait décalé grâce au chargement vers l'avant au niveau du tube où se situe le guidon. En plus, cette contrainte est moins grande car elle est de l'ordre de $3,944 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$. Il ne faut pas oublier qu'une fois de plus, cette zone sera consolidée lors de l'usinage car elle comportera un cordon de soudure.

Par conséquent, nous pouvons dire que le modèle conçu répond théoriquement au cahier des charges non exhaustif que nous avons mis en place. Pour un chargement de 100kg sur la plateforme et pour un utilisateur de 100kg, la structure ne présente pas de risque menaçant de déformation voire de rupture. Ce vélo est donc utilisable sans crainte mais encore une fois, rien ne vaut une étude expérimentale et ici à long terme pour voir où le vélo risque de s'abîmer. Au terme de cette étude, en prenant en compte que la plateforme est largement résistante et que le cadre général ne présente pas de contraintes excessives, nous aurions pu alléger le vélo en affinant la plateforme voire même le cadre. Ainsi, la masse du vélo aurait pu être moins importante car elle est actuellement de 9427,19 grammes.

Vous pouvez trouver en annexe le déplacement imposé dans la configuration précédente. Nous avons également porté une étude pour une personne pesant 200kg et pour un chargement de 150kg mais les résultats n'apportaient rien de plus.

4.3. Matériaux à utiliser pour la réalisation du vélo

Comme dit précédemment, la matière principalement utilisée pour le cadre du vélo est l'acier. Nous avons réalisé les simulations de résistance avec de l'acier allié, mais ce terme est très général et Solidworks ne précise pas quel est l'alliage. La simulation nous a permis de connaître la contrainte maximale (394 MPa mais en réalité plus faible grâce aux congés) et de choisir un acier qui la supporterait. Sur internet nous avons trouvé des tubes en acier au carbone à une quinzaine d'euros le mètre. Ce type d'acier a une limite élastique comprise en 350 et 400 MPa. De plus le tube trouvé sur le site internet « mabille » est galvanisé ce qui signifie qu'il est résistant à la corrosion. Les tubes ronds sont de 33,7mm de diamètre et 3,2mm d'épaisseur. Pour réaliser le vélo entier il faut environ 4 mètres de tubes ronds, 4,6 mètres de tube carré de dimensions 40*40 et un mètre de tube rectangulaire 80*50.



Illustration 16

Pour faciliter le vissage et le dévissage de la plateforme, les vis utilisées sur les platines et pour serrer le câble pourraient être des vis avec des poignées. On en trouve à moins de 2 euros pièce.

Concernant le câble utilisé pour la direction, nous avons pensé à un câble en acier de diamètre 4mm et composé de 7 torons de 7 fils. Ce type de câble offre une résistance largement suffisante pour l'application que nous voulons en faire. Le prix de ce câble est de 3,48 euros le mètre. Nous aurons besoin d'en acheter 3 mètres (se vend par câble de 1 mètre).

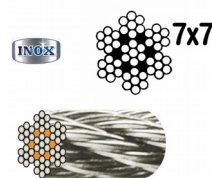


Illustration 17

5. Améliorations à apporter à ce prototype

L'une des principales améliorations que nous pourrions apporter à notre projet est bien sûr un détail encore plus précis de conception au niveau des freins et de la selle. Par exemple, la selle ne possède que le tube de support mais pas le réglage vertical ou même au niveau de l'assise. De plus, nous n'avons pas modélisé les freins au niveau des roues mais c'est un point important à résoudre. En effet, pour le frein arrière, la configuration est la même. Nous avons pensé à faire passer les câbles du frein avant dans les gouttières avec la direction. Ainsi, lorsque le vélo sera en mode « normal », ces câbles seront tendus à l'aide de tendeurs. Malheureusement, notre grande déception est de ne pas avoir eu assez de temps pour réaliser cette modélisation complète à temps. Notre résultat ne contient pas tous les éléments d'un vélo. En outre, une modélisation complète nous aurait permis de pouvoir la donner à des personnes habilitées pour souder. Ainsi, nous aurions pu voir si nous avons réellement résolu tous les problèmes de conception ou non.

Au sujet du matériau choisi pour l'usinage, il aurait été plus intéressant de prendre de l'aluminium pour obtenir une structure plus légère. Néanmoins, ce matériau est plus difficile à souder.

Nous pourrions également rajouter des améliorations « pratiques » telles qu'un système d'enroulage du câble plus ergonomique, avec une petite poulie sur la colonne du guidon par exemple. De manière générale, il faudrait trouver une solution plus simple et rapide pour passer du vélo cargo au vélo traditionnel.

Comme stipulé dans l'étude de la résistance du vélo, il pourrait être allégé, mais il faut aussi prendre en compte l'aspect du vélo, en effet une plateforme trop fine n'inspirerait pas confiance à l'utilisateur.

6. Conclusion

Notre projet P6 nous a permis de réaliser à quel point la conception d'un système nouveau est difficile à entreprendre. Il faut prendre beaucoup de recul dès le début pour comprendre toutes les contraintes imposées sur l'objet à imaginer : les dimensions, le nombre de pièces, le positionnement des pièces, la géométrie des pièces pour un assemblage adéquat. Mais il y a aussi les contraintes de travail à prendre en compte : temps imparti, organisation, cohésion du groupe. Sans oublier le fait que nous nous sommes contentés seulement de nous consacrer à la conception simple et non pas au design. De notre point de vue, cela peut prendre encore plus de temps.

Toutefois, même si notre projet n'est pas arrivé à notre objectif initial qui était celui de la réalisation de ce vélo, nous avons obtenu des résultats concluants. Nous avons réussi à réaliser la base de notre idée et de voir où pouvait se positionner le système de direction par exemple. Nous avons aussi appris à modéliser plus rapidement et plus rigoureusement en comprenant plus l'ampleur de certains modules de Solidworks tels que la simulation statique. Cette dernière est primordiale pour voir si notre structure résiste aux forces auxquelles elle sera soumise lors de son utilisation. Ainsi, nous avons pu cibler les endroits à consolider afin d'éviter toutes déformations irréversibles voire même des ruptures.

Enfin, il paraît évident que la perspective importante de ce projet est de parvenir à mettre en œuvre notre idée de cargo modulable. La réalisation permettra alors de tester notre conception pour ensuite l'améliorer du point de vue du design, ou du matériau choisi voire même de la taille de la plate-forme avant. Par ailleurs, une modélisation encore plus précise que celle que nous avons proposée avec nos quelques heures d'initiation à Solidworks serait évidemment une bonne perspective à la continuité de notre projet.

7. Bibliographie

Sites associatifs :

PARIS CARGO BIKES. Cargo-bike. <http://pariscargobikes.org/cargo-bike/>. 15 Février 2017.

VBIKE. Cargobikes: une révolution de design de vélo avec l'histoire. <https://translate.google.fr/translate?hl=fr&sl=en&u=http://www.vbikesolutions.org/cargobikes-101.html&prev=search>. 15 Février 2017.

CHRISTIANA BIKES. Our history. <http://www.christianiabikes.com/en/about-cb/history/>. 15 Février 2017.

PORTAIL VÉLO ÉLECTRIQUE. NuVinci N380: le changement automatique qui révolutionne le vélo électrique. <http://www.portailveloelectrique.fr/technique/nuvinci-n380-le-changement-automatique-qui-revolutionne-le-velo-electrique>. 09 Février 2017.

I BIKE STRASBOURG. Historique de la Cargologie... <http://www.ibikestrasbourg.com/2015/11/historique-de-la-cargologie.html>. 16 Février 2017.

WEELZ. Christiania Bikes, plus qu'un triporteur, une Histoire. <http://www.weelz.fr/fr/christiania-bikes-plus-quun-tripporteur-une-histoire/>. 16 Février 2017.

CYCLABLE. Cargo bike Douze cycles : une nouvelle génération de biporteurs. <https://www.cyclable.com/blog/2015/04/14/cargo-bike-douze-cycles-une-nouvelle-generation-de-biporteurs/>. 16 Février 2017.

INSTRUCTABLES. Build a 2-wheel Cargo Bike. <http://www.instructables.com/id/build-a-2-wheel-cargo-bike/>. 20 Avril 2017.

WIKIPEDIA. Résistance des aciers. https://fr.wikipedia.org/wiki/Limite_d%27%C3%A9lasticit%C3%A9

Sites institutionnels :

CARFREE. Historique du vélo cargo. <http://carfree.fr/index.php/2013/04/23/historique-du-velo-cargo/>. 15 Février 2017.

AFPA. La soudo-brasure. <http://raynald.beauvois.free.fr/Cours%20pdf%20uf2/uf2et1/52.pdf>. 16 Février 2017.

GRABCAD. Handlebar. <https://grabcad.com/library/handlebar-3#> ; <https://grabcad.com/library/scooter-10#> . 09 Avril 2017.

sites commerciaux :

VOSS-EDELSTAHL. Tube acier-carbone carrés et rectangulaires. <https://www.voss-edelstahl.com/fr/carbon-steel-tubes/profiles-tubes/>

MABILLE. Tubes acier-carbone ronds. <http://www.mabille.fr/article/tube-acier-t3/tube-acier-sans-soudure-t3-galvanise-bout-lisse.html>

MANOMANO. Cable de direction. <https://www.manomano.fr/cable/cable-souple-levac-130kg-160kg-mm-inox-7x7-au-metre-19226>

NORELEM. Vis a boutons. <https://www.norelem.fr/fr/fr/Produits/THE-BIG-GREEN-BOOK/norelem-réalise-Système-flexible-de-pièces-standardisées/06000-Éléments-de-manoeuvre/Poignées-et-boutons/06212-Bouton-étoile-en-plastique-avec-insert-en-Inox-similaire-à-DIN-6336/06212-L-Bouton-étoile-en-plastique-avec-insert-en-Inox-similaire-à-DIN-6336-forme-L.html>

8. Crédits d'illustration

Illustration 1 et 2 : <http://carfree.fr/index.php/2013/04/23/historique-du-velo-cargo/>

Illustration 3 : <http://www.christianiabikes.com/en/about-cb/history/>

Illustration 4 : <http://media.treehugger.com/assets/images/2011/10/Long-John-Carries-100-Kilos.jpg>

Illustration 5 : http://www.longjohn.org/faq/img/truck_300.jpg

Illustration 6 : https://www.cyclable.com/4708-large_default/biporteur-bakfiets-cargobike-court.jpg

Illustration 7 : <http://pariscargobikes.org/cargo-bike/>

Illustration 8 : http://yubabikes.com/wp-content/uploads/2015/08/mundo_v5_1024x681.jpg

Illustration 9 : <https://www.flickr.com/photos/douzecycles/8303270445/in/album-72157632331710972/>

Illustration 10 : <https://www.youtube.com/watch?v=P9hIB8ySmPc>

Illustration 11 : <http://www.pierre1911.fr/2015/11/transports-velo-bullitt-cargo.html>

Illustration 16 : <https://www.norelem.fr/fr/fr/Produits/THE-BIG-GREEN-BOOK/norelem-réalise-Système-flexible-de-pièces-standardisées/06000-Éléments-de-manoœuvre/Poignées-et-boutons/06212-Bouton-étoile-en-plastique-avec-insert-en-Inox-similaire-à-DIN-6336/06212-L-Bouton-étoile-en-plastique-avec-insert-en-Inox-similaire-à-DIN-6336-forme-L.html>

Illustration 17 : <https://www.manomano.fr/cable/cable-souple-levac-130kg-160kg-mm-inox-7x7-au-metre-19226>

9. Annexes

Déplacement imposé dans la configuration d'une personne de 100kg et un chargement de 100kg

