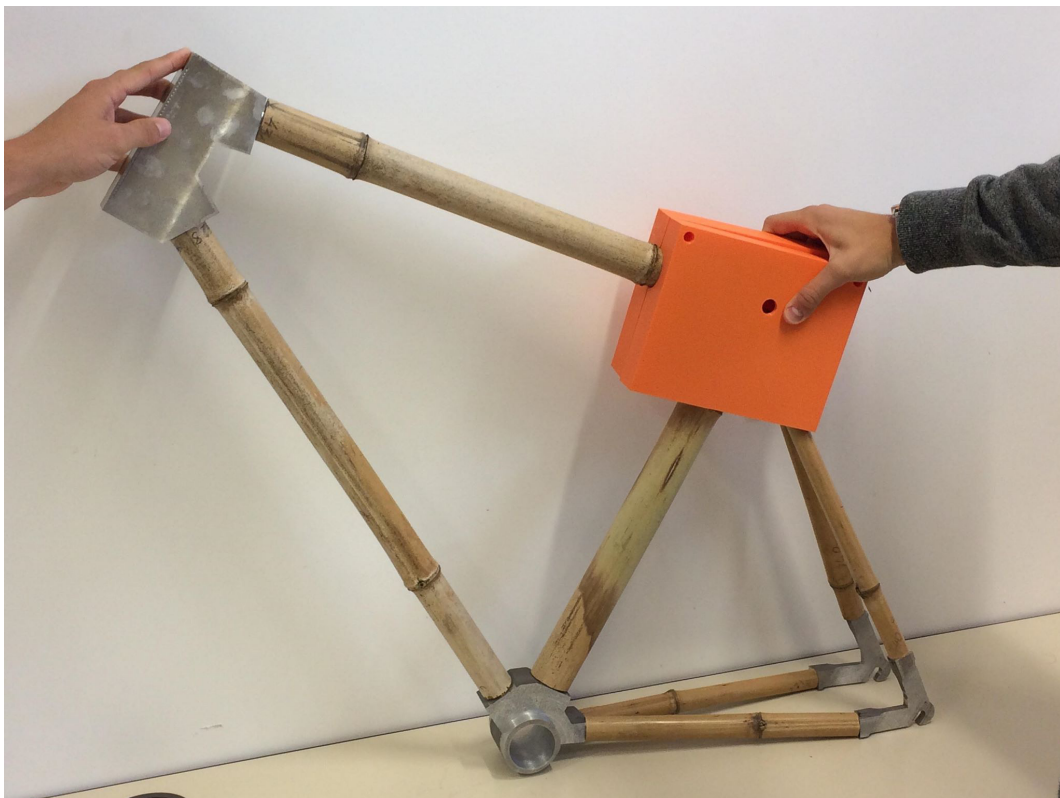


Projet de Physique P6
STPI/P6/2018 – 045

Conception de pièces et d'un support de
montage pour fabrication en série de vélos
bambou



Etudiants :

Antoine BLAISE

Yassine BOUSMINA

Florent BROSSARD

Ivan CHASSAGNE

Mahé FABRE

Thomas MEINERAD

Enseignant-responsable du projet :

Thomas BRETEAU

Date de remise du rapport : 17/06/2018

Référence du projet : **STPI/P6/2018 – 045**

Intitulé du projet : **Conception de pièces et d'un support de montage pour fabrication en série de vélos bambou**

Type de projet : **expérimental et conception**

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

La réalisation de ce projet se fait dans le prolongement de celui achevé l'année passée. En effet l'objectif est de réaliser un nouveau vélo en bambou avec des techniques différentes de celles utilisées par nos prédécesseurs. Nous allons notamment essayer d'améliorer les liaisons qui permettent de réaliser le cadre du vélo. Ainsi nos objectifs vont être les suivants :

- Recherches théoriques sur les différents matériaux**
- Dimensionnement et modélisation du vélo**
- Usinage des différentes pièces pour les liaisons du cadre**
- Création de moules**
- Conception finale du vélo**

Mots-clefs du projet (4 maxi) : **Vélo Bambou Conception Expérimentation**

TABLE DES MATIERES

1. Introduction.....	4
2. Méthodologie / Organisation du travail.....	5
3. Travail réalisé et résultats.....	7
3.1. Documentation et achat des différents matériaux nécessaires.....	7
3.1.1. Les matériaux utilisés.....	7
3.1.2. Autres équipements.....	8
3.2. Travail de modélisations.....	8
3.2.1. Dimensionnement sur Bikecad.....	8
3.2.2. Modélisation sur Solidworks.....	9
3.2.3. Enjeux liés aux interfaces.....	10
3.2.4. Support d'assemblage.....	11
3.3. Mise en plan et usinage.....	13
3.3.1. Mise en plan et coordonnées des pièces.....	13
3.3.2. Usinage des liaisons et réalisation des moules.....	13
4. Conclusions et perspectives.....	16
5. Bibliographie.....	17
6. Annexes	18
6.1. Annexe 1 : Organigramme de la répartition du travail.....	18
6.2. Annexe 2 : Plans pour le support.....	19
6.3. Annexe 3 : Plans des interfaces.....	24
6.4. Annexe 4 : Photo des moules.....	27

1. INTRODUCTION

Pour ce dernier semestre de STPI nous avons eu l'occasion de réaliser un projet scientifique par groupe de 6 élèves. Que ce soit par passion du vélo ou par attirance pour la mécanique, notre choix s'est porté sur la conception d'un vélo en bambou.

En aluminium, en carbone ou encore en bambou, le vélo est un objet qui ne cesse de se réinventer chaque jour. Depuis quelques années et avec les nombreuses questions autour de l'environnement, il s'est largement démocratisé dans de nombreux pays. En France, en 2016 plus de 3 millions de vélos ont été vendus sans parler de la mise en place de flottes telles que les « Vélib ». Il est donc très intéressant pour nous, futurs ingénieurs, de connaître et comprendre le fonctionnement de cet objet.

Plus globalement, le vélo en bambou séduit le domaine scientifique. C'est ainsi que dernièrement, une célèbre université américaine, a développé un projet de conception de vélos pour les populations des milieux ruraux en Afrique. L'objectif est d'avoir un produit écologique et fabriqué sur place. Pour cela, le bambou s'est imposé comme le candidat idéal pour produire près de 10 000 vélos par an. [1]

Pour réaliser de manière efficace ce projet nous allons nous baser sur les recherches et résultats obtenus l'année dernière. Nous pourrons ainsi optimiser le vélo en améliorant les techniques utilisées. Ce projet comportera, en plus de la modélisation et de la conception, une partie théorique concernant la recherche des caractéristiques des différents matériaux.

2. MÉTHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Pour mener à bien ce projet nous avons dû nous organiser et nous partager les différentes tâches¹ pour améliorer l'efficacité de travail du groupe. De plus, au vu de la quantité de travail nécessaire pour achever ce projet, travailler en dehors des horaires prévus à cet effet (notamment le mardi après-midi et le jeudi après-midi) se révéla être une obligation à nos yeux.

Voici un tableau récapitulatif des tâches effectuées par les 6 membres de notre groupe tout au long du semestre :

Séance	Tâches réalisées
7/02	-S'approprier le sujet -Lister les objectifs
Travail maison	-Choix et réalisation d'un modèle sur Biecad -Recherches dimensions standards pour cette taille de cadre -Début modélisation liaisons sur Solidworks
14/02	-Suite modélisation liaisons sur Solidworks -Documentation sur les différents matériaux -Recherche fournitures à acheter
21/02	-Visite atelier Magellan -Découverte des machines qui vont nous servir à usiner nos liaisons -Recherche de bambous, demande de devis -Poursuite de la modélisation des liaisons sur Solidworks
Travail maison	-Modifications pour amélioration de la modélisation des liaisons sur Solidworks - Assemblage des différentes liaisons sur Solidworks pour former le cadre
14/03	-Début modélisation support vélo -Fin modélisation cadre du vélo
Travail maison	-Poursuite modélisation du support du vélo -Modifications pour amélioration de la modélisation des liaisons sur Solidwork
21/03	-Début de la mise en plan des différentes liaisons -Recherches techniques à utiliser pour l'usinage.
28/03	-Réflexion et recherche des gammes pour la fabrication de chaque pièce -Mise en plan sur SolidWorks des différentes pièces -Début rédaction du compte-rendu

1 Voir organigramme de répartition du travail en Annexe 1

Travail maison	-Poursuite de la réflexion et de la recherche des gammes pour la fabrication de chaque pièce -Modifications des pièces et des plans selon ces gammes
11/04	-Modification des mises en plan selon les réflexions de monsieur Breteau -Recherche des dimensions des blocs bruts initiaux
18/04	-Recherche et étude des coordonnées des pièces pour usinage à électro-érosion à fil -Début de l'écriture du G-code pour électro-érosion à fil
Travail maison	-Fin d'écriture du G-code de chaque liaison
16/05	-Atelier: voir pour chercher les blocs avec David -Modification de certains G-code pour amélioration
Travail à l'atelier	-Transcription des G-code sur la machine d'électro-érosion -Découpe des blocs de matière
23/05	-Début de la conception de pièces plus épaisses pour la fabrication en négatif des moules -Découpe des bambous et mesure des diamètres intérieurs puis modifications des modélisations des liaisons en conséquence
Travail maison	-Début de la conception de pièces plus épaisses pour la fabrication en négatif des moules
Travail à l'atelier	-Observation du technicien faisant le surfaçage des blocs de matières initiaux -Début de l'usinage des blocs de base dans la machine d'électro-érosion
30/05	-Fin de la mise en plan de la liaison de direction pour fraisage -Modification des plans pour fraisages -Poursuite de la conception des moules et observation de difficultés
Travail maison	-Poursuites des moules en réfléchissant aux moyens de résoudre nos problèmes -Poursuite de l'écriture du rapport
06/06	-Finitions de la conception des moules -Preparation oral
-Travail à l'atelier	-Poursuite des pièces de liaison et des pièces pour le moule
-Travail maison	-Poursuite de l'écriture du rapport et de la préparation orale
13/06	-Poursuite de l'écriture du rapport et de la préparation orale

3. TRAVAIL RÉALISÉ ET RÉSULTATS

3.1. Documentation et achat des différents matériaux nécessaires

3.1.1. *Les matériaux utilisés*

Le bambou est le matériau indispensable qui va nous permettre de réaliser le cadre du vélo. Le travail effectué par le groupe de l'année passée, nous permet de gagner un temps précieux. En effet nous avons à notre disposition les propriétés mécaniques du bambou vérifiées expérimentalement par le groupe de l'année dernière. Cela nous évite de réaliser les expériences de traction et ainsi nous permet de nous focaliser sur les autres aspects de notre projet tels que la modélisation du cadre par exemple. Voici le tableau récapitulatif des caractéristiques mécaniques du bambou :

	Contrainte maximale (MPa)	Contrainte moyenne (Mpa)	Module d'Young (MPa)
Traction	240	228	11500
Compression	80	61	-
Flexion	100	90	14000

De plus n'oublions pas de rappeler que le bambou est un sérieux concurrent aux matériaux actuellement utilisés pour la conception des vélos (acier, aluminium, titane, ...) . Effectivement sa rigidité, ses capacités d'absorption des chocs et de résistance mécanique ainsi que sa réactivité en font un excellent candidat pour la réalisation de notre cadre.

Le plus difficile a été de se fournir en bambou. En effet, nous avons écumé la majorité des sites internet spécialisés et demandé des devis, sans succès. De plus, même si certains prix paraissent attractifs, les coûts supplémentaires dûs aux frais de port de la matière première font grimper fortement les prix, nous faisant ainsi dépasser notre budget. A cela s'ajoute une contrainte supplémentaire: l'étude de résistance des matériaux impose des diamètres de bambous spécifiques. Ainsi, nous devons être en mesure de choisir les bambous selon leur diamètre et cette condition ne convenait pas aux vendeurs. En effet, nous avons besoin de bambous ayant des diamètres compris entre 20 et 30 mm pour le triangle arrière (bases et haubans) et entre 30 et 40 mm pour les tubes diagonal, horizontal et vertical. Par chance, Mr Breteau est parvenu à s'en procurer.

Concernant le matériau des liaisons, nous nous sommes tournés vers l'aluminium. Ce dernier est très apprécié pour sa légèreté et sa facilité à être usiné. Il est bon marché et résiste à la rouille, il sera donc parfait pour les liaisons de notre cadre de vélo.

3.1.2. Autres équipements

Différents matériaux, autre que le bambou, sont essentiels pour la création de ce vélo. Nous avons notamment besoin de résine et de fibre de verre pour la fabrication des moules et fortification des liaisons du cadre. De plus certaines pièces que nous ne pouvons pas usiner sont à acheter : jeu de direction et boîtier de pédalier.

Nous avons jeté notre dévolu sur un jeu de direction semi-intégré. Ce choix se justifie par plusieurs avantages. Tout d'abord, l'esthétisme: les roulements sont logés dans des cuvettes intégrées directement dans la douille de direction. Ensuite et surtout, grâce à ce montage, la liaison de direction est rendue plus robuste et plus rigide car le diamètre de douille est plus important par rapport aux deux autres grands types de jeux. Ainsi, le pilotage n'en est que plus précis.

Enfin, c'est le standard de boîtier de pédalier BB30 Pressfit qui a retenu notre attention. Deux cuvettes en plastique accueillent les roulements et s'encastrent dans la boîte de pédalier à l'aide d'une presse. Monsieur Breteau disposant d'une telle machine, nous nous sommes naturellement orientés vers cette technologie. De plus, la présence des cuvettes qui s'intercalent entre le cadre et les roulements facilitent grandement l'entretien du vélo. Enfin, pour d'autres standards très populaires comme le BSA, les boîtes et boîtier de pédalier sont filetés. Or le boîtier de pédalier travaille beaucoup lors de l'utilisation du vélo et il arrive que le filetage du cadre s'abîme. Si cela arrive, c'est le cadre qui doit être changé ! C'est pourquoi, dans l'optique de créer un produit fiable, nous avons donc choisi le BB30 Pressfit.

3.2. Travail de modélisations

3.2.1. Dimensionnement sur Bikecad

Dans un premier temps nous avons souhaité dimensionner notre vélo grâce au logiciel Bikecad. Ce logiciel est un outil de CAO utilisé pour la conception et le dimensionnement de cadre de vélo de toute géométrie. Ce premier travail a été indispensable et nous a servi de base pour réaliser une modélisation plus exploitable et plus précise.

Nous avons fait le choix d'un modèle de vélo de route. En effet, une telle géométrie peut être très épurée et très simple. Deux mesures, le « Reach » et « Stack », se révèlent alors importantes à respecter selon la physiologie de l'utilisateur. Ainsi, à l'aide de recherches internet et des mesures préconisées par Bikecad, nous sommes arrivés au résultat suivant pour un vélo d'homme en taille M / 56 :

Ces dimensions ont été amenées à changer légèrement durant le projet car les données fournis par BikeCad n'étaient pas assez précises au regard des données demandées par SolidWorks.

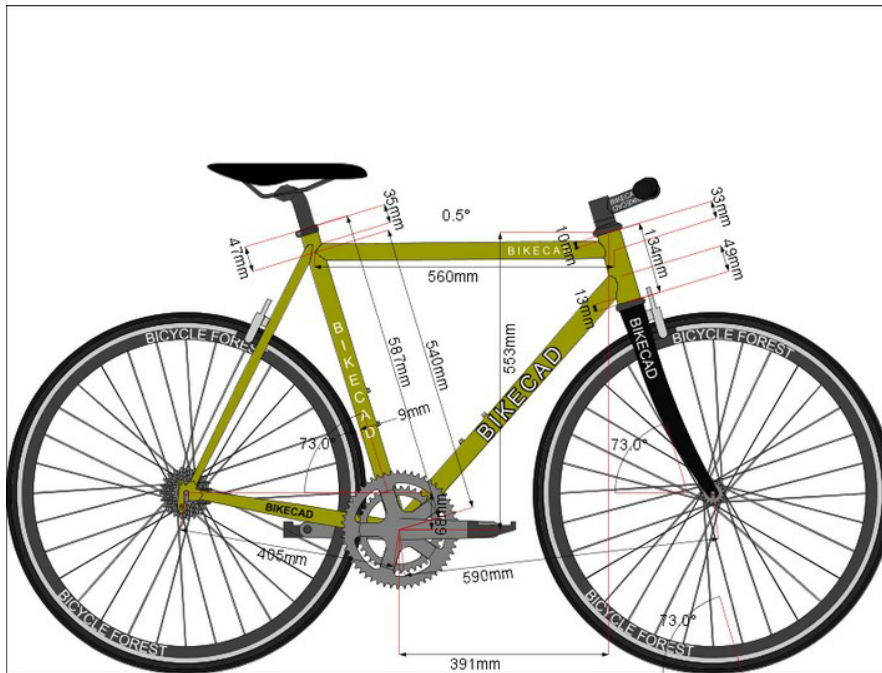


Illustration 1: Modélisation du Cadre sur Bikecad

Suite à ce choix de cadre de vélo, nous avons recherché sur internet et dans des revues spécialisées toutes les dimensions standards dont nous avons besoin pour établir notre géométrie de base. Ces dimensions concernent par exemple l'entraxe pour le passage de roue arrière ou encore la longueur de la liaison de direction ainsi que les différents angles de chaque tube.

3.2.2. Modélisation sur Solidworks

L'étape suivante du projet s'est principalement déroulée avec l'utilisation du logiciel de CAO Solidworks. Le logiciel de Dassault Systèmes nous a permis de réaliser une modélisation des liaisons puis du cadre entier de manière très précise et réaliste : une étape incontournable qui nous a occupé une grande partie du projet, environ 2 mois.

Chaque liaison du cadre a longuement été étudiée par des membres différents du groupe. Premièrement, une des plus grandes contraintes, fût le respect des différentes longueurs que nous avons recherchées pour concevoir une modélisation et un assemblage réalisable et viable. Enfin, nous avons dû veiller à respecter les angles pour que les différentes pièces se rejoignent correctement.

Antoine a réalisé la modélisation initiale du cadre en utilisant les côtes d'un vélo existant ainsi que la représentation sur Bikecad. De plus cette modélisation de CAO étant très précise nous devons nous attendre à rencontrer des problèmes au cours de la réalisation à cause des approximations inévitables lors de la fabrication.

***Difficultés** : Il a fallu respecter à la lettre les contraintes d'angles pour conserver la géométrie initiale de notre vélo et la fermeture de la chaîne de pièces du triangle arrière représente l'enjeu majeur de ce travail. En effet, les deux liaisons entre haubans et bases ont un rôle double: elles verrouillent la géométrie et orientent la roue perpendiculairement par rapport au sol. Ainsi, il fut délicat de modéliser ces pièces, asymétriques, en respectant d'une part le parallélisme entre celles-ci, et d'autre part les renvois d'angles particuliers pour accueillir les bambous et ainsi fermer la chaîne des pièces.*

3.2.3. Enjeux liés aux interfaces

Après avoir réalisé le modèle de base sur Solidworks, nous avons amélioré la conception des pièces, tout en restant fidèles aux liaisons des vélos standards mais nous nous sommes rapidement aperçus que cela menait à une géométrie trop complexe et que plusieurs parties de nos pièces ne seraient pas usinables. En effet, dans l'élaboration d'une pièce, il est primordial d'anticiper les différentes phases d'usinage et connaître les machines disponibles pour que la pièce soit réalisable : les outils ont une longueur déterminée, ne sont pas incassables et admettent un rayon. Or certaines de nos pièces de CAO comportent des formes étroites ou des angles aigus.

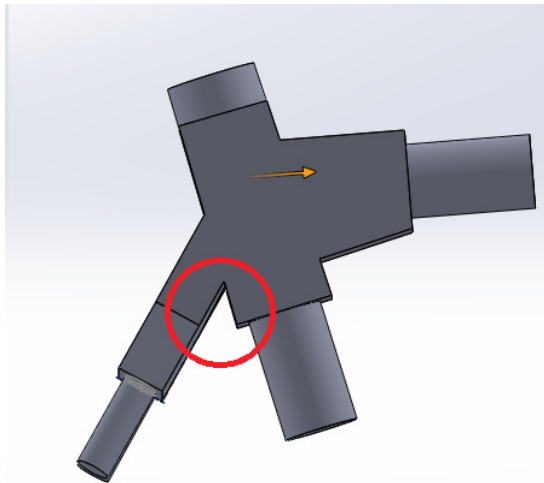


Illustration 2: Interface de selle avant modifications

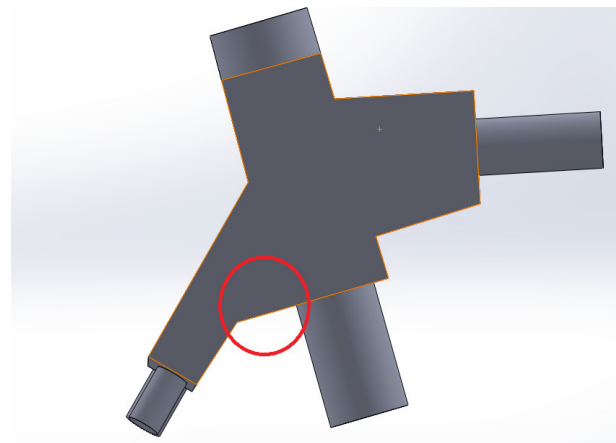


Illustration 3: Interface de selle prête pour l'usinage

Ainsi, usiner exactement de telles formes apparaît impossible. Il est possible d'approcher au mieux ces formes en utilisant des outils longs mais dont les vitesses d'avance et de coupe seraient telles qu'elles engendreraient d'importantes vibrations pouvant causer le bris des mèches des outils.

Nous avons donc dû adapter les modèles pour les rendre moins sophistiqués, plus cubiques et simples à usiner.

***Difficultés** : certaines des pièces, de par leur géométrie complexe, paraissaient difficilement usinable. Nous avons donc dû les adapter pour les rendre usinable.*

Voici quelques-unes des interfaces après modification:

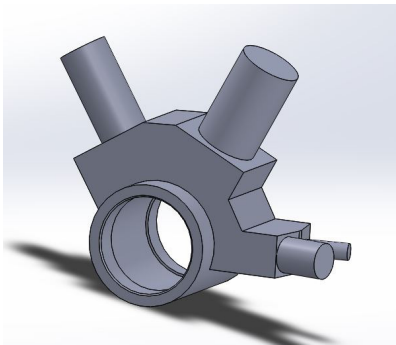


Illustration 6: Boîte de pédalier

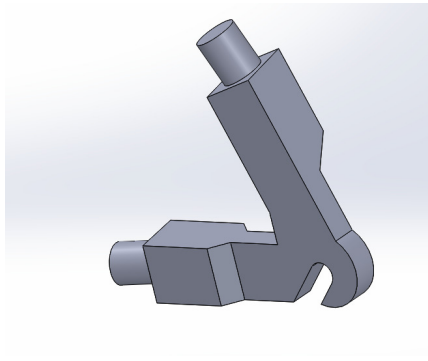


Illustration 4: Interface arrière côté dérailleur

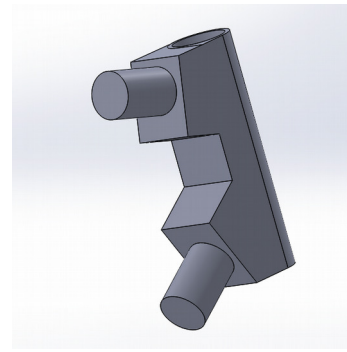
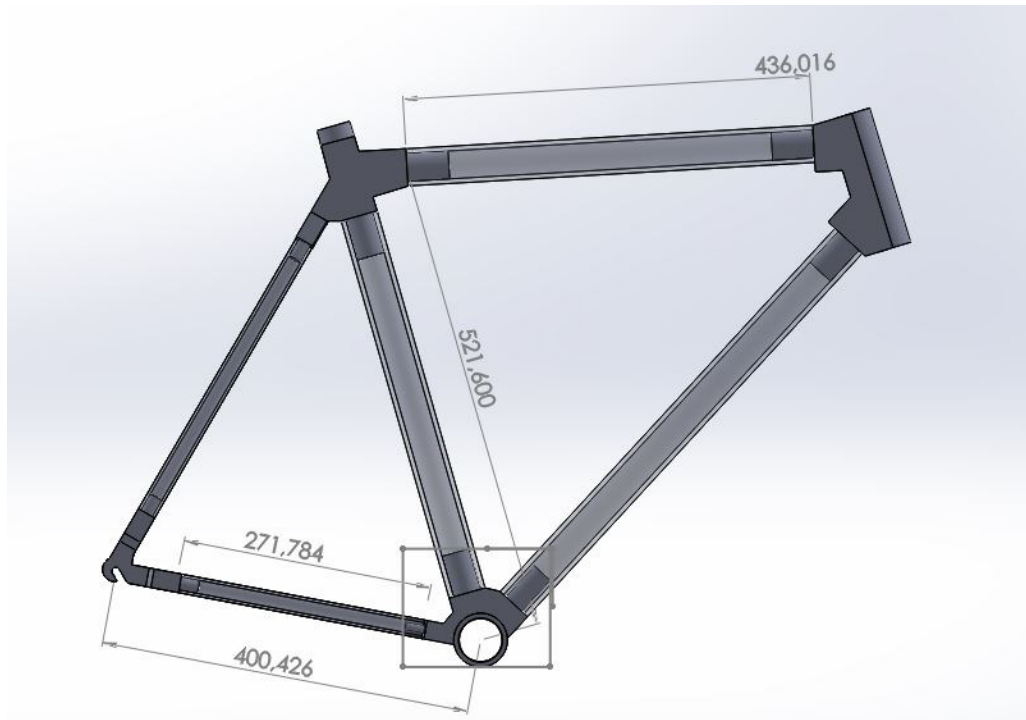


Illustration 5: Douille de direction

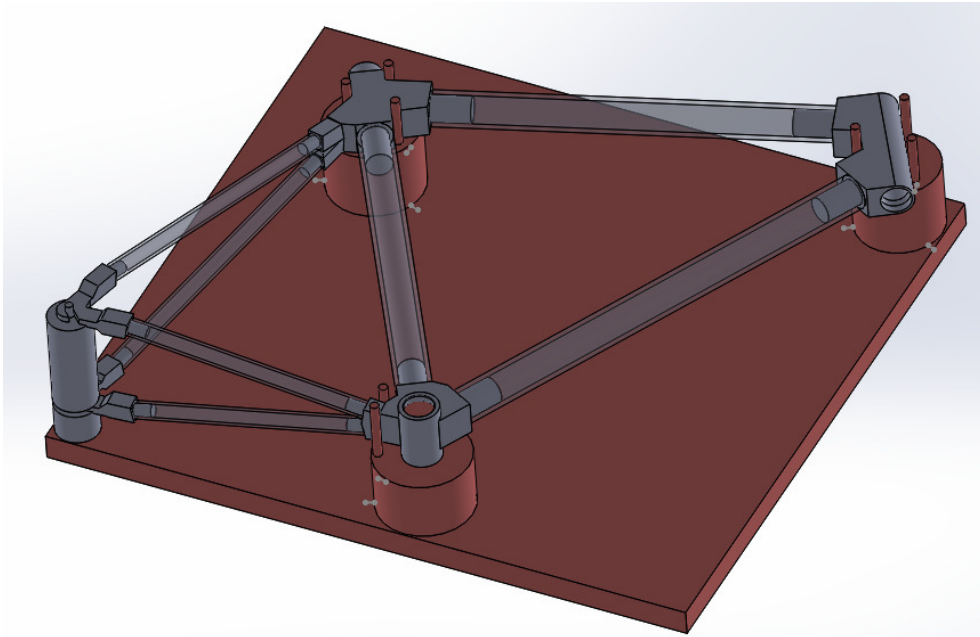
Une fois ce travail fini, nous avons réalisé l'assemblage final de toutes ces pièces pour former le cadre du vélo dans son intégralité :



3.2.4. Support d'assemblage

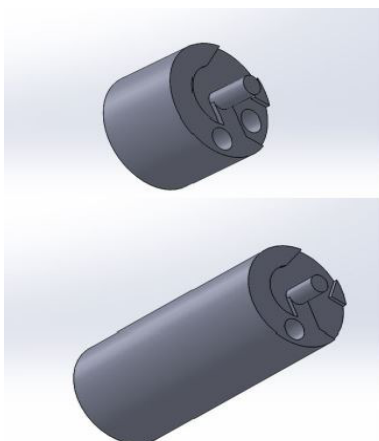
Par la suite nous avons modélisé un socle nécessaire à l'assemblage. Effectivement, nous avons observé que le groupe de l'année passée, avait rencontré des difficultés lors de l'assemblage des pièces du vélo : le marbre d'ajustement nous permet à la fois de faciliter l'assemblage mais aussi d'assurer le respect des angles et mesures paramétrées précédemment lors de l'assemblage. Sans support, il est possible que les bambous définissent le placement des pièces, ce qui serait imprécis et non fidèle au modèle initial. Nous avons donc essayé d'anticiper ce problème en créant un support sur mesure pour notre cadre de vélo afin de maîtriser la géométrie de l'assemblage. Les différentes liaisons de ce support reposent sur des pièces cylindriques munies de cales. Ces cales ont deux fonctions : fixer les liaisons et orienter les cylindres par rapport à la plaque de base. Ces

pièces cylindriques en aluminium sont fixées et précisément placées sur cette plaque. Une fois de plus, nous avons conçu cela de manière à utiliser le moins de matière possible. C'est pourquoi les cylindres ne sont pas très hauts et la plaque est la plus petite possible (700mm sur 750mm).²



Support avec le cadre

Difficultés : Pour les interfaces arrières, il faut réussir à modéliser une pièce simple à usiner accueillant les deux pattes tout en fixant leur orientation et leur hauteur. La difficulté majeure résidait justement dans la différence de hauteur entre les deux pattes. Nous avons résolu ce problème en proposant un support en deux parties distinctes que l'on superpose. Elles sont également marquées des empreintes des pattes pour permettre l'orientation de ces dernières.



Support pattes de dérailleur (Modélisation puis réel)

2 Plans des cylindres en Annexe 2

Ce support pourrait aussi être utilisé dans le cas d'une production en série, il permet en effet de faciliter le montage et surtout réduire le temps d'assemblage.

3.3. Mise en plan et usinage

3.3.1. *Mise en plan et coordonnées des pièces*

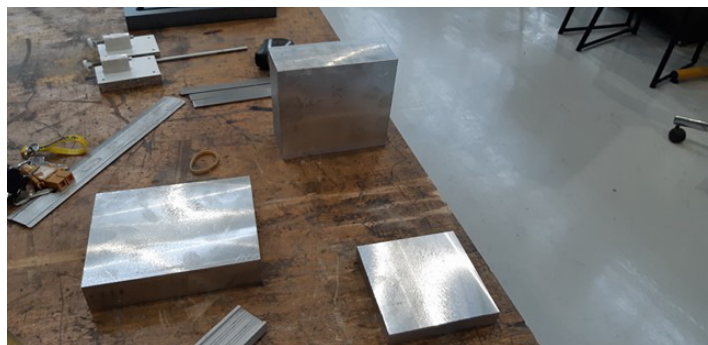
La mise en plan des différentes pièces est l'une des dernières étapes avant l'usinage. Une fois les liaisons modélisées, nous avons commencé leur mise en plan toujours grâce à Solidworks. Cette étape nous a été très utile pour visualiser la dimension des pièces et écrire le G-code qui permet de les usiner. Le G-code est le langage nécessaire pour communiquer avec les machines à commande numérique qui vont usiner nos pièces. Ainsi à l'aide des coordonnées et des différentes instructions propres à ce langage (G1,G2...) nous avons ensuite rédigé le G-code de chacune des liaisons.³



Ce travail nous a permis par la même occasion de réfléchir aux différentes méthodes d'usinage que nous allons utiliser pour concevoir nos pièces (électro-érosion, fraisage...). Cette étape de réflexion sur la manière d'usiner nos pièces, opération après opération, nous a amené à modifier nos modélisations pour faciliter l'usinage, mais aussi à modifier nos plans pour que les côtes nécessaires y figurent. De plus pour chaque pièce un plan de profil a été édité. Cela se présentait sous la forme d'un polygone dont les coordonnées de chaque point étaient relevés par rapport à un repère positionnés sur un point de la pièce. Ces informations étaient nécessaires pour une des étapes de l'usinage que nous allons voir ensuite.

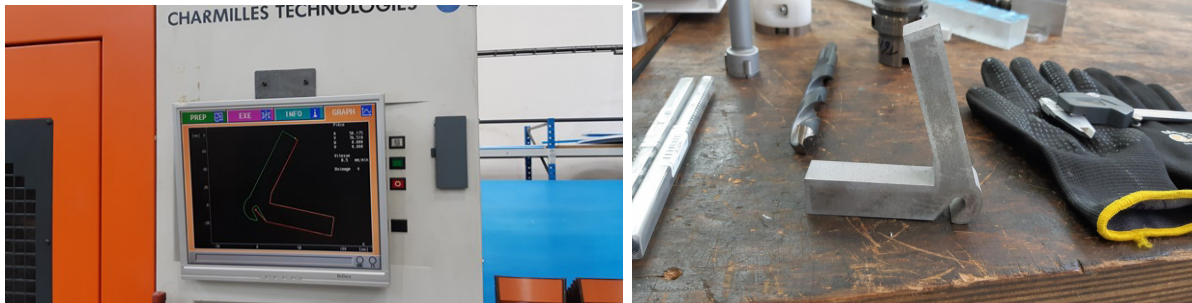
3.3.2. *Usinage des liaisons et réalisation des moules*

La première étape de l'usinage des liaisons est la recherche de blocs d'aluminium adaptés à nos liaisons. En effet l'objectif est de gaspiller le moins de matière possible. Une fois cette réflexion faite nous avons pu commencer le découpage des blocs. Ensuite le technicien nous a montré le surfaçage. On applique un surfaçage pour obtenir des blocs dont les faces sont bien parallèles, et pour que la distance entre ces deux faces soit fidèle à la cote mentionnée sur le plan.



3 Intégralité des plans en annexe 3

Le profil des pièces a ensuite été usiné par électro-érosion à fil. L'électro-érosion, consiste à enlever de la matière à une pièce, cette pièce doit être conductrice, pour lui donner les formes et les dimensions voulues à l'aide de décharges électriques. Dans le cadre de l'électro-érosion à fil, un fil métallique déroulant et en tension est immergé dans de l'eau avec la pièce à travailler. Le courant qui passe par le fil engendre une dégradation précise et programmée d'une partie de la pièce pour donner la forme désirée. Les résidus créés par usure de la pièce, sont évacués par l'eau. Nous avons sélectionné cette technique car les pièces ont pour la plupart une géométrie plane et donc l'électro-érosion à fil permet de réaliser la forme quasi-finale de la pièce en une seule opération.



Vient ensuite l'usinage des cylindres destinés à entrer à l'intérieur des bambous grâce à une fraiseuse 5 axes. Une fraiseuse 5 axes est une fraiseuse classique. Cependant son plateau est rotatif, ce qui lui permet de travailler dans d'autres plans que le plan horizontal. Il a été ici nécessaire d'utiliser cette machine pour pouvoir obtenir les angles de certaines pièces (pattes, pédalier et selle).



Concernant la production en série, il nous a fallu réfléchir aux sujets de la perte de matière et du temps d'usinage. Effectivement dans le cas d'une production en série il est primordial d'optimiser au maximum la matière et le temps, afin d'obtenir un rendement maximal.

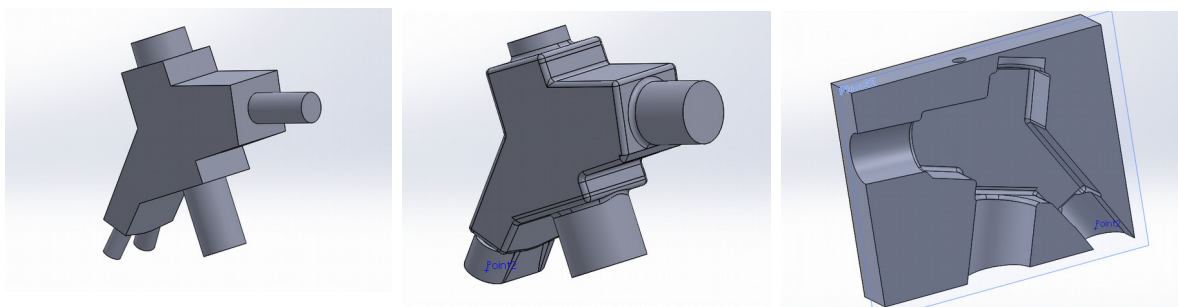
Premièrement, il est important de choisir la bonne machine ainsi que la bonne méthode pour être le plus efficace possible. Par exemple, nous avons usiné nos pièces avec la technique de l'électro-érosion. Cependant lorsqu'il s'agit d'une production en série, la méthode privilégiée est la découpe au jet d'eau, celle-ci étant beaucoup plus rapide.

Deuxièmement, il est conseillé d'optimiser les programmes d'usinages afin de gagner du temps. Il est ainsi possible d'optimiser les vitesses de coupe et d'avance. Nous pouvons aussi modifier un dernier paramètre afin que l'outil retire plus de matière à chaque passage. Néanmoins, cela abîme de manière plus importante l'outil, il faut donc veiller à peser les avantages et inconvénients en fonctions des attentes et objectifs de la production.

Ainsi nous voyons que dans ce contexte de production en série, la réflexion sur les gammes de production et d'optimisation du programme d'usinage est d'autant plus importante pour optimiser la production.

Pour les moules, nous avons opté pour la technique d'impression 3D, celle-ci étant moins coûteuse et suffisante pour obtenir un rendu des pièces satisfaisant. Il est tout de même nécessaire d'appliquer sur ces pièces une cire qui empêche le moule d'adhérer à la résine, le rendant ainsi impossible à être dissocié de l'interface métallique. Nous avons naturellement ajouté un trou permettant d'injecter la résine. La majorité des pièces ont nécessité des ajustements, leur géométrie ne permettant pas de réaliser un moule par simple négatif de la pièce. Nous avons donc trouvé des solutions qui consistait à élargir les ouvertures pour faire en sorte que les moules soient utilisables. Nous avons choisi cette solution car, étant donné le caractère visqueux de la résine, il ne serait pas trop compliqué de faire en sorte que la résine ne coule pas par ces jours.

Les moules des pattes de dérailleur ont, elles aussi, nécessité une réflexion particulière. En effet, les deux axes liés au bambou étant sur des plans différents, il a fallu effectuer la découpe du moule selon 4 plans différents.⁴



4 Quelques photos des moules en annexe 4

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'approche concrète et réaliste du métier d'ingénieur au long de ce projet a été une expérience enrichissante. L'autonomie, les délais, le travail de groupe ou encore le respect du cahier des charges sont autant de contraintes que nous avons appris à respecter.

Techniquement, ce projet a renforcé et développé notre connaissance de la mécanique et de la CTI. Il nous a enfin permis de concrétiser nos acquis par une application pratique et directe de nos connaissances.

Le résultat obtenu est le fruit d'un travail de groupe déterminé. Effectivement l'apport des connaissances de chacun, les manières différentes de réfléchir et de travailler ont permis à ce projet d'atteindre sa finalité. Chaque membre a su trouver sa place et apporter sa participation permettant de créer une cohésion de groupe solide. Ce projet nous a aussi permis d'apprendre de nos erreurs, ce qui nous permettra d'améliorer certains points dans de futures expériences.

Enfin, nous pourrions naturellement envisager quelques évolutions concernant le vélo tel que l'ajout de systèmes de freinage et de changement de vitesse.

Nous remercions toutes les personnes ayant participé, de près ou de loin, à ce projet. Nous sommes tous particulièrement reconnaissant envers M. Breteau pour son soutien durant toutes les étapes du projet. De même, nous aimerions remercier David et ses collègues sans qui notre projet n'aurait pas abouti.

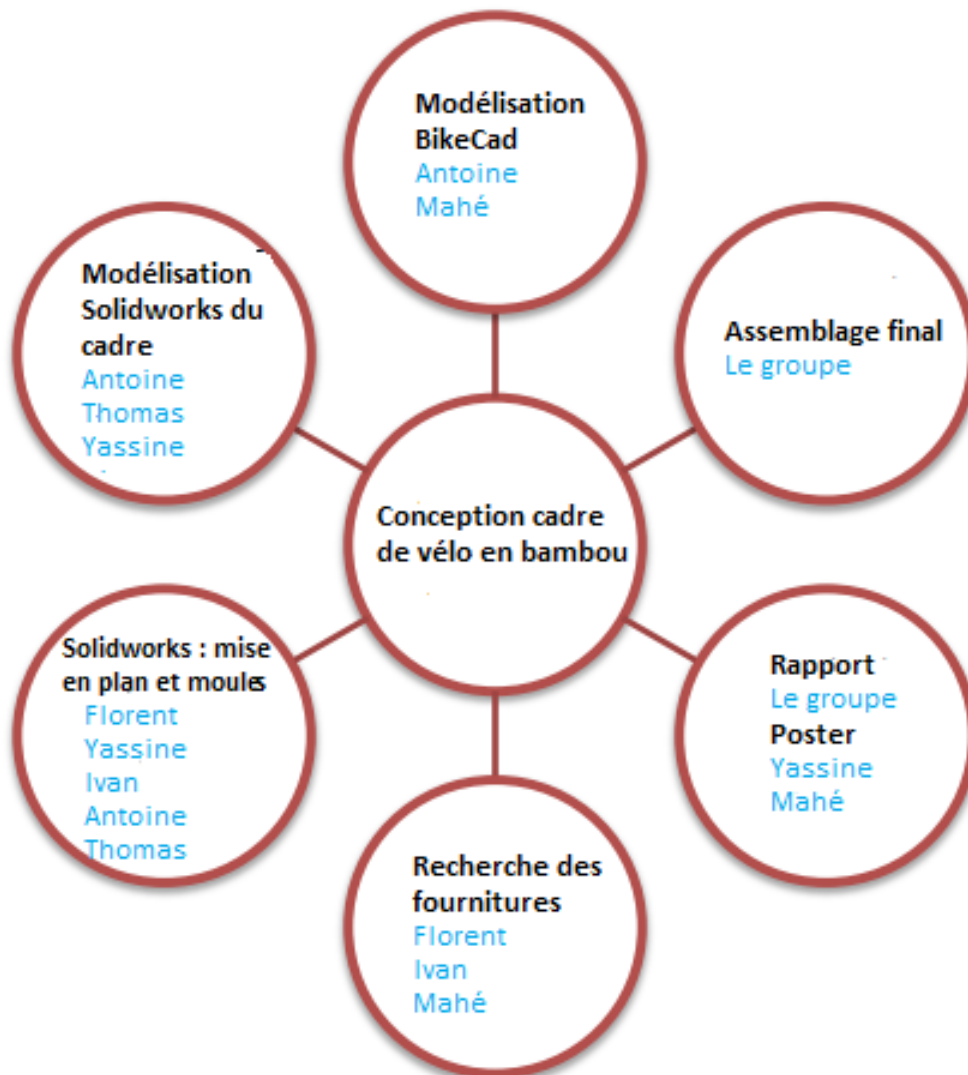
Nous sommes ravis d'avoir eu l'honneur d'être la deuxième génération à pouvoir concevoir un vélo en bambou. Nous espérons que notre travail et nos recherches permettront, l'année prochaine, à un autre groupe de continuer cette fabuleuse aventure.

5. BIBLIOGRAPHIE

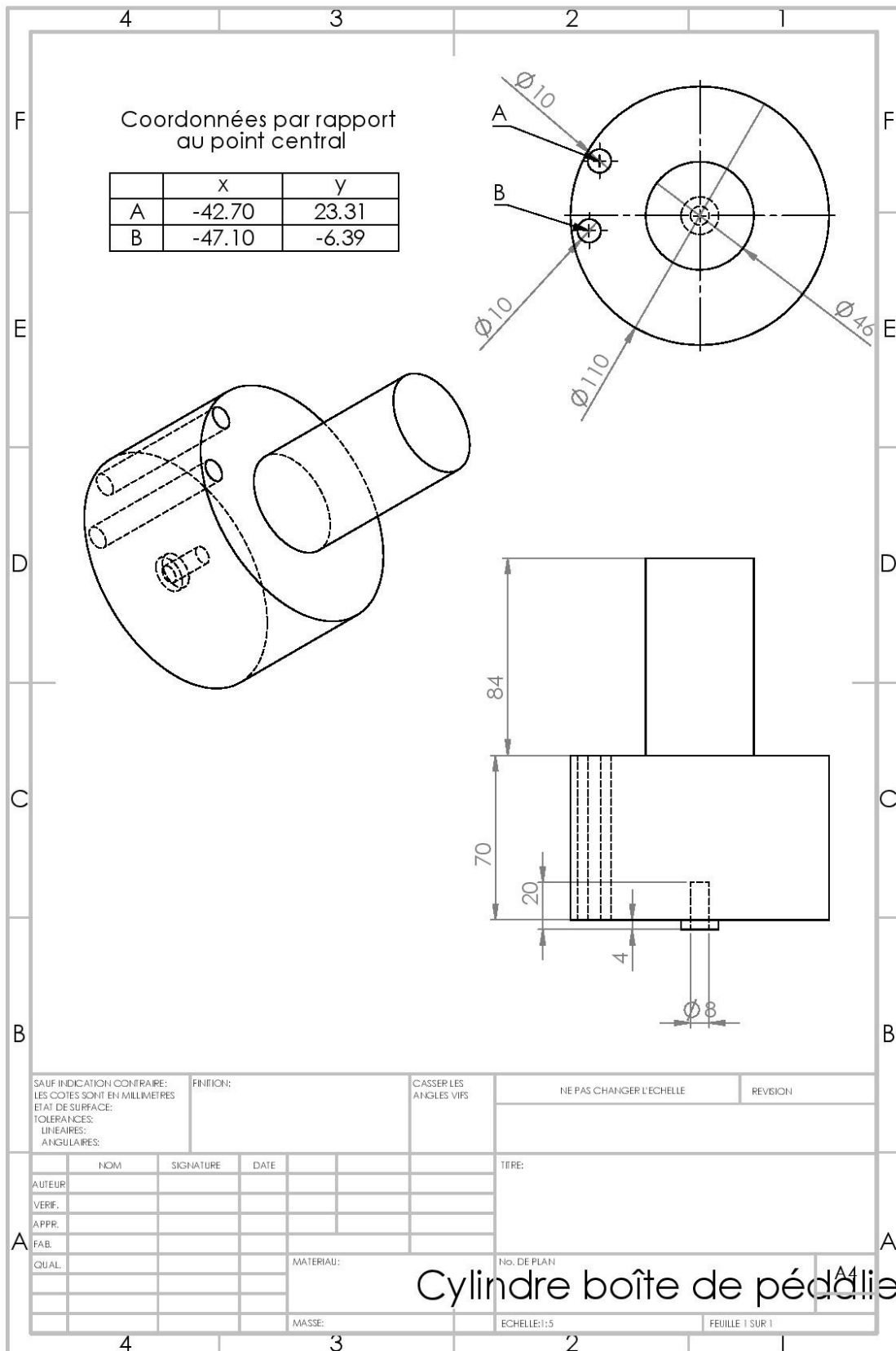
[1] <https://www.departements-regions-cyclables.org/actualite/2017/04/11/marche-velo-2016/>
(17/06/2018)

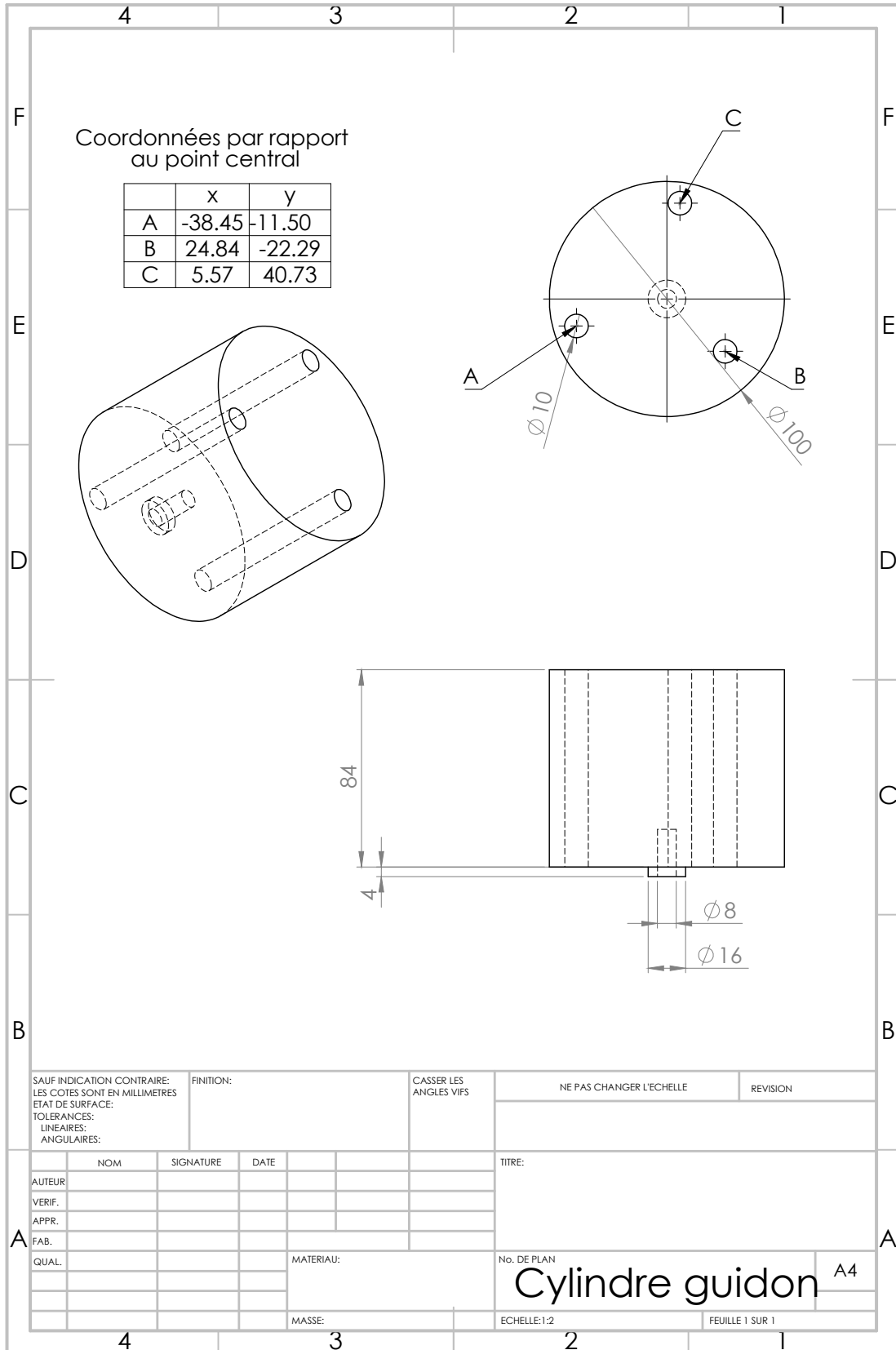
6. ANNEXES

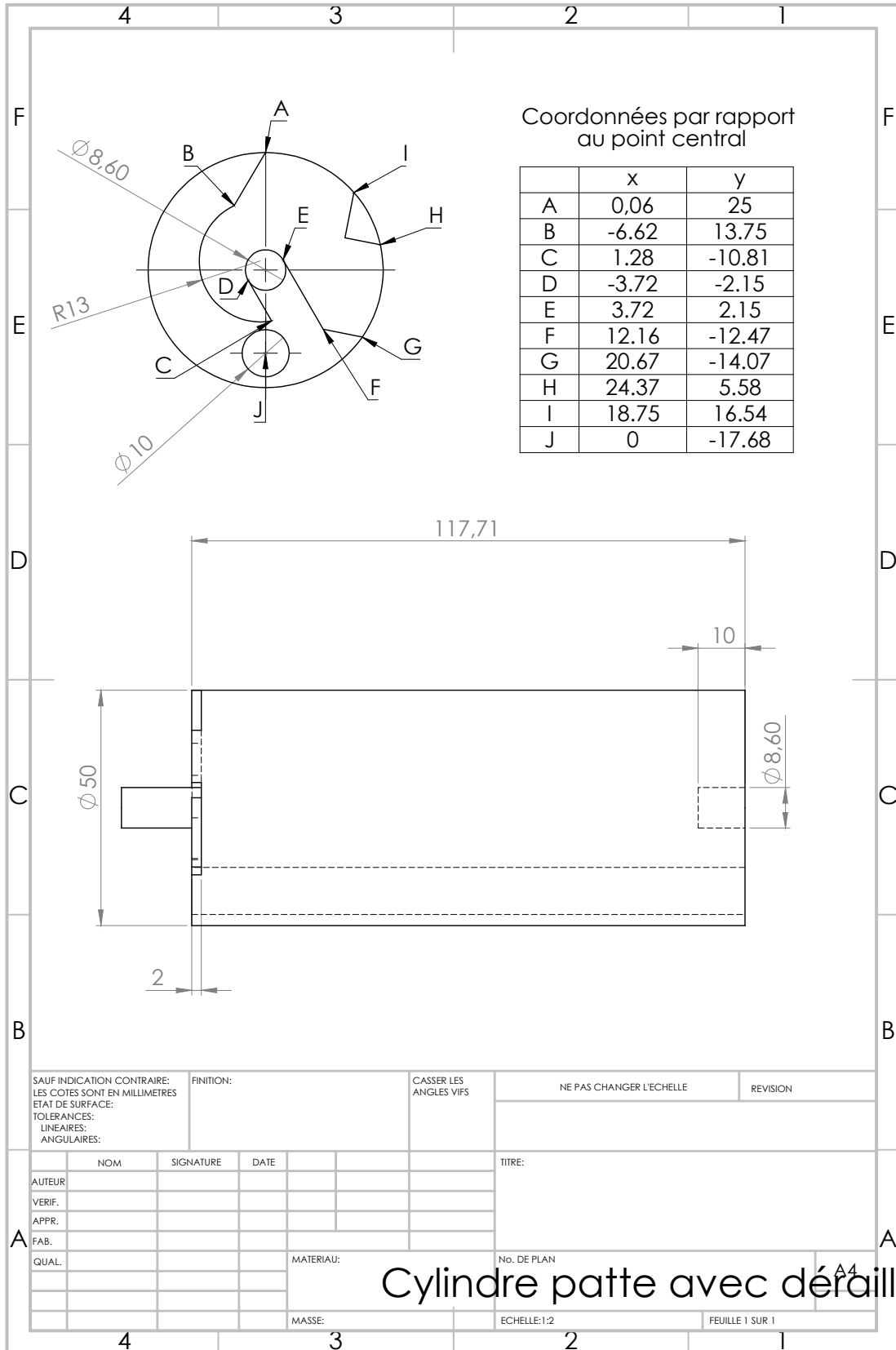
6.1. Annexe 1 : Organigramme de la répartition du travail

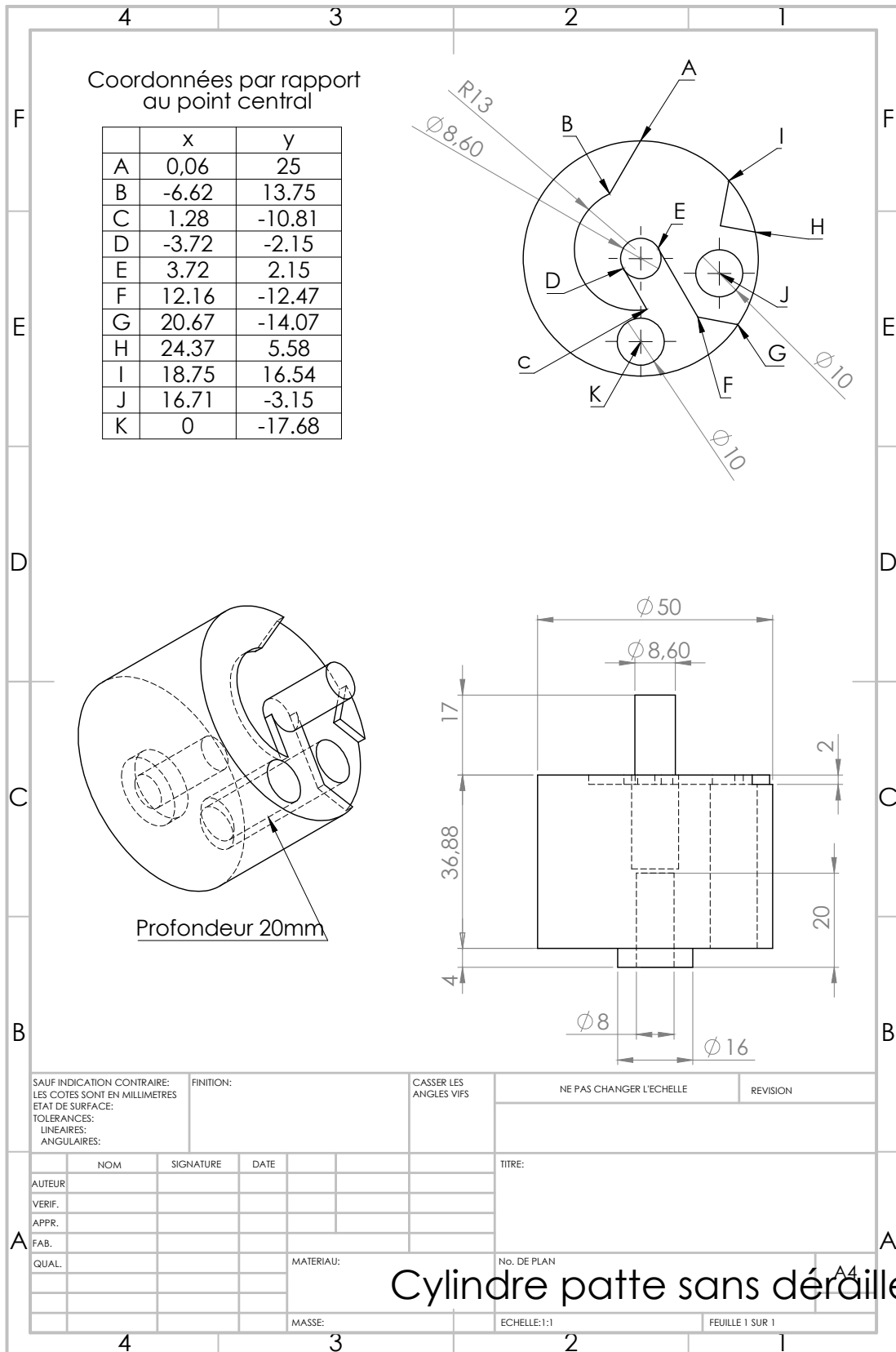


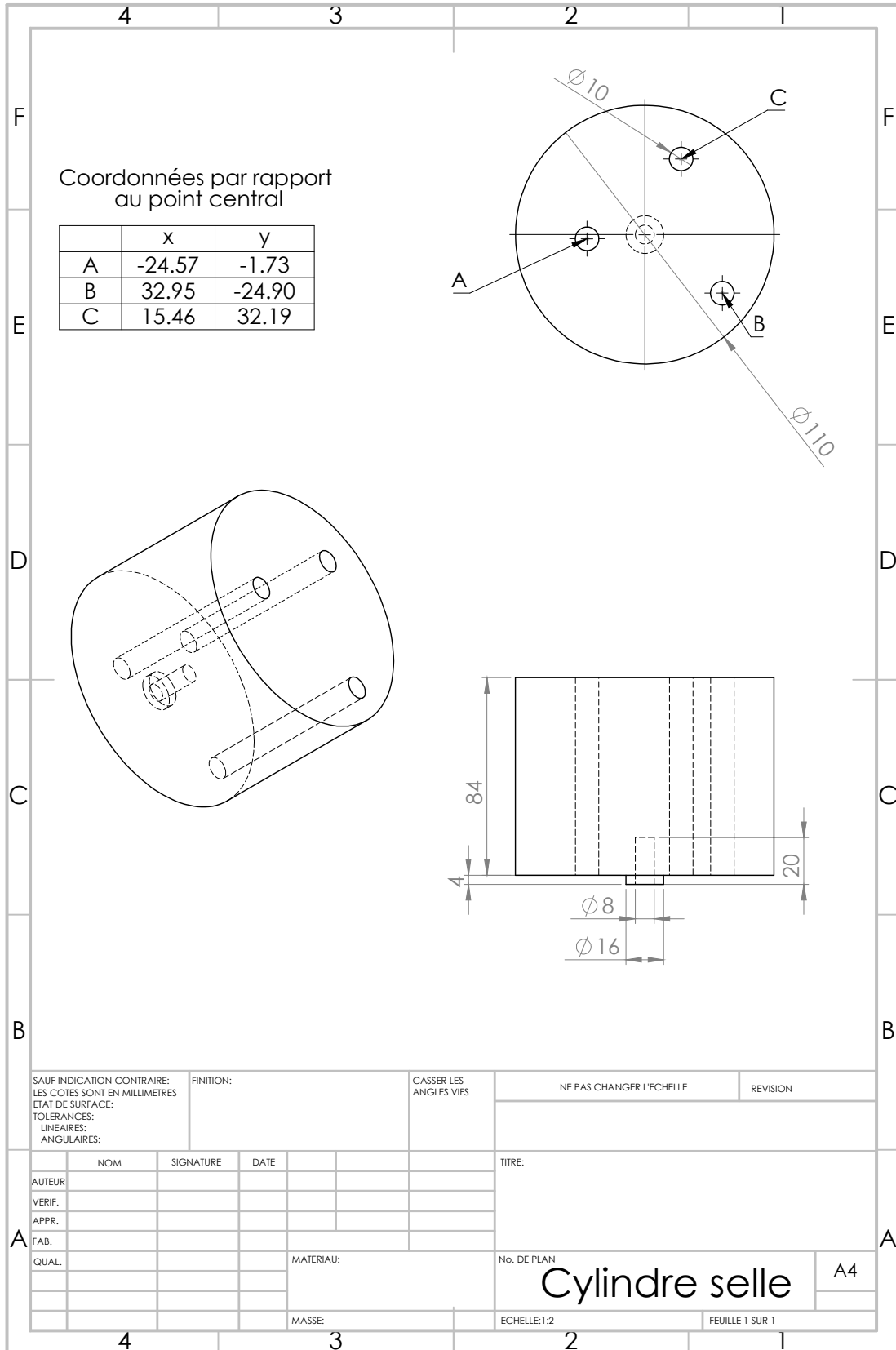
6.2. Annexe 2 : Plans pour le support



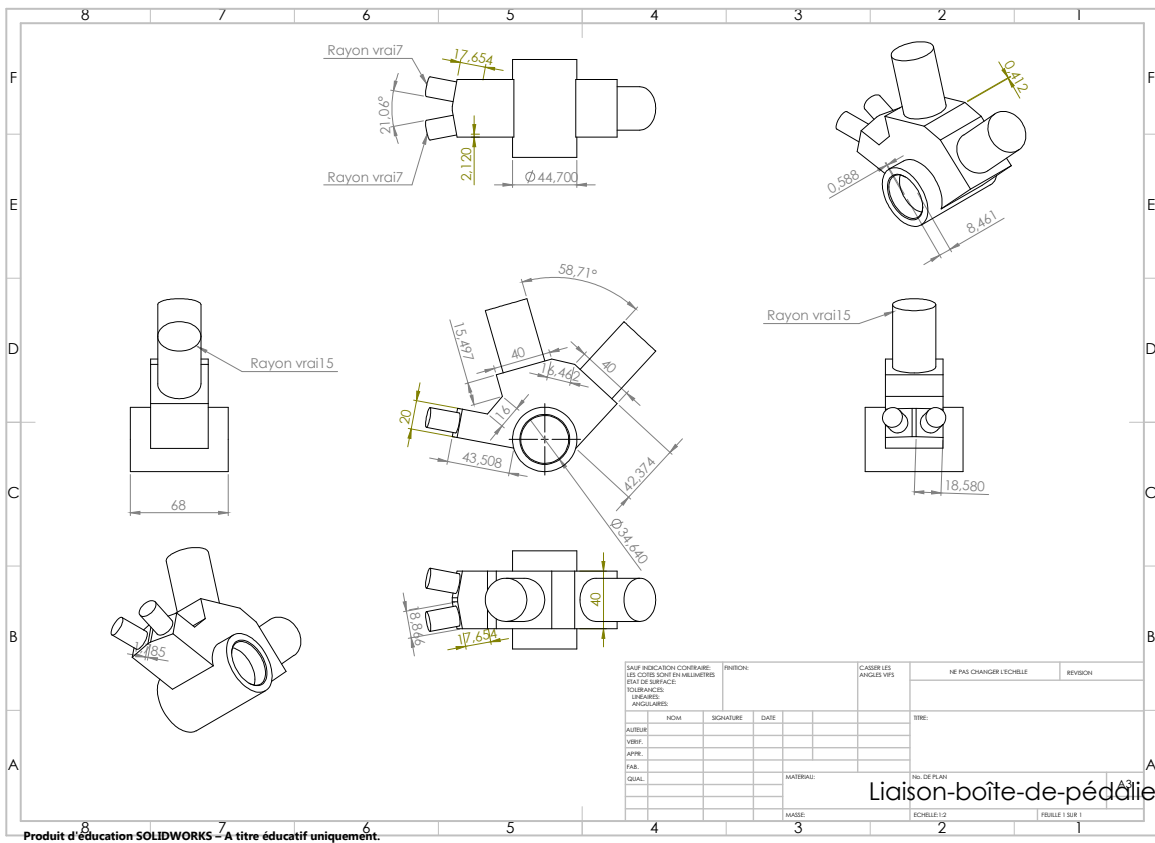
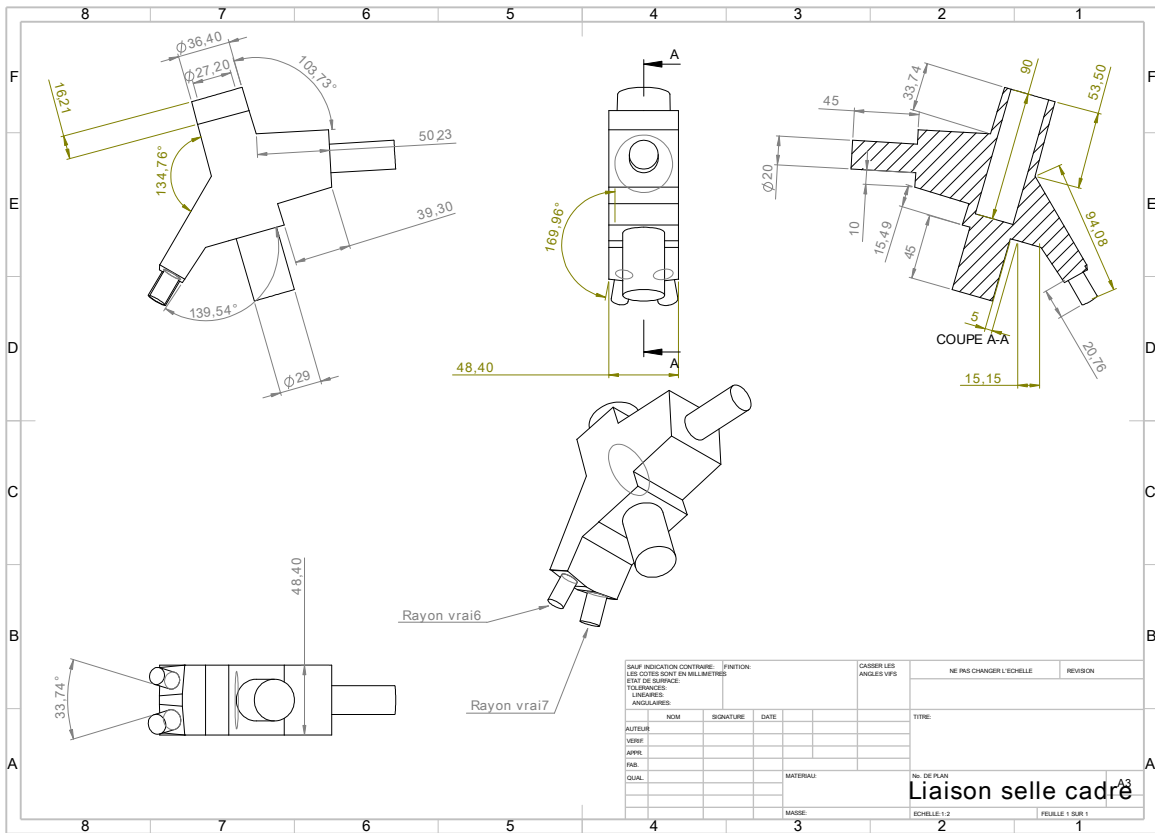


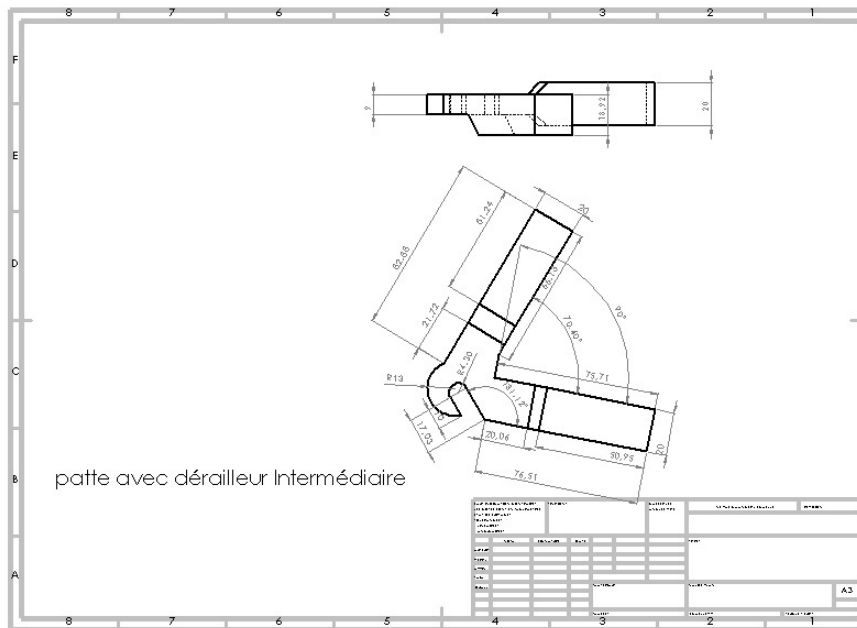
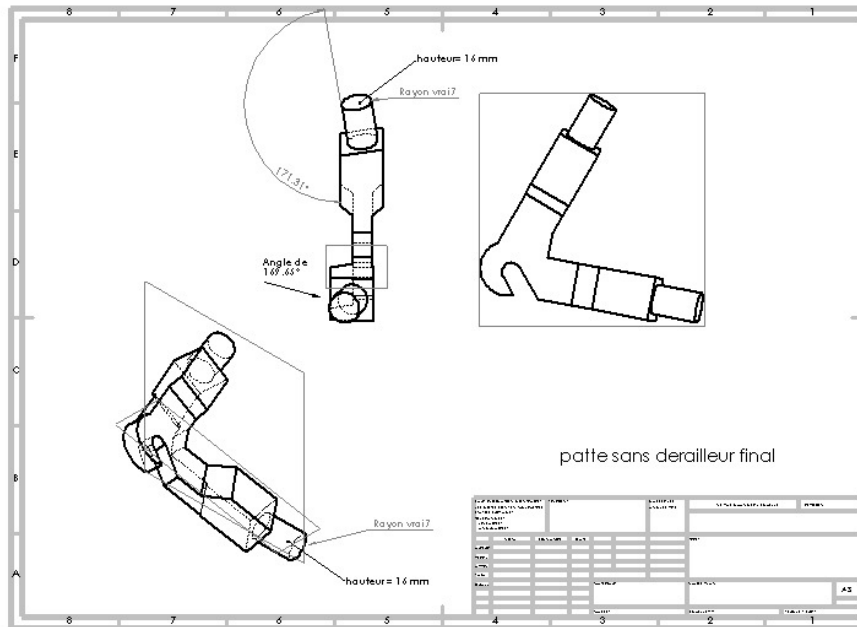
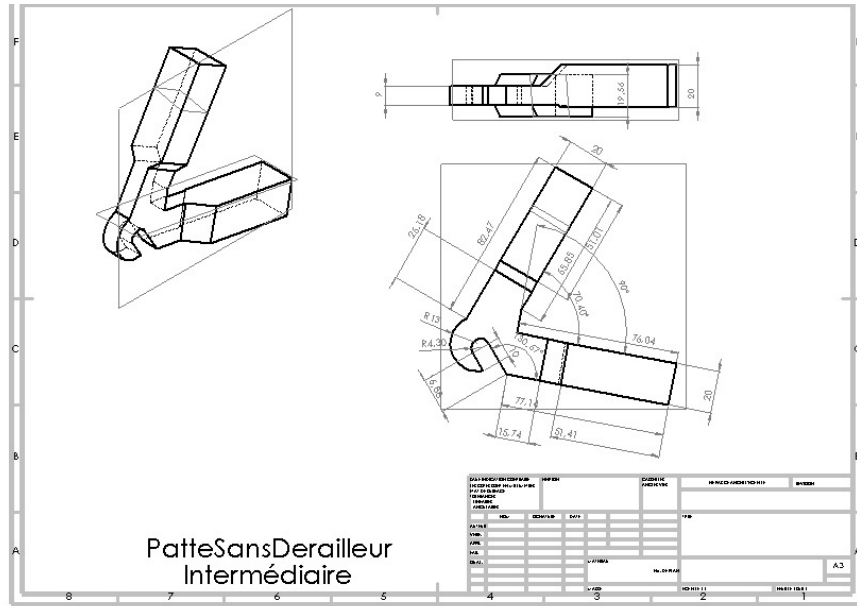


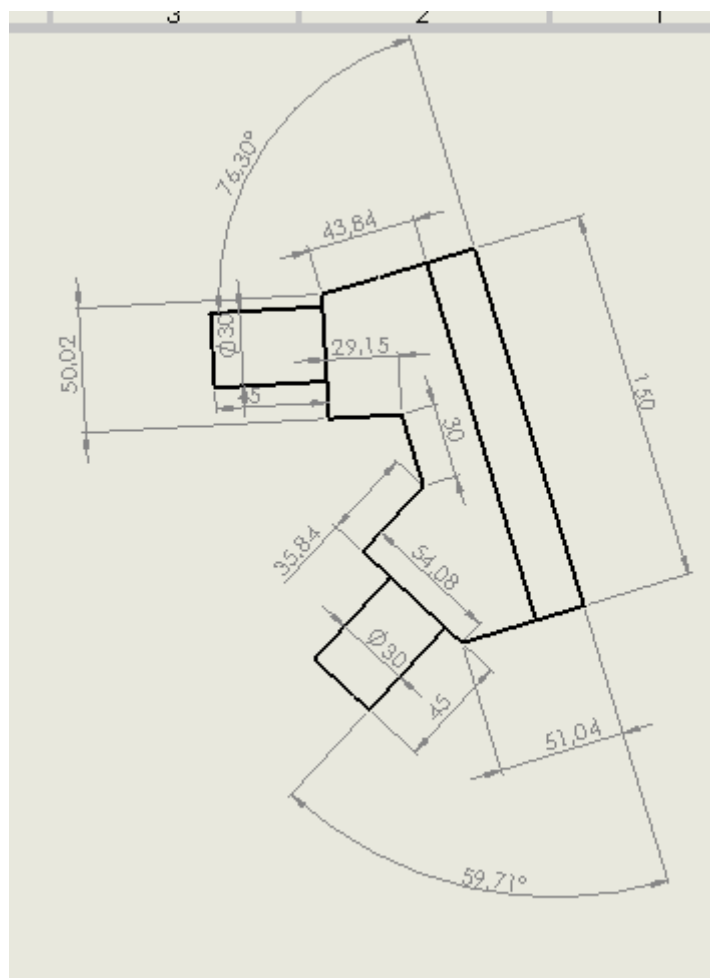
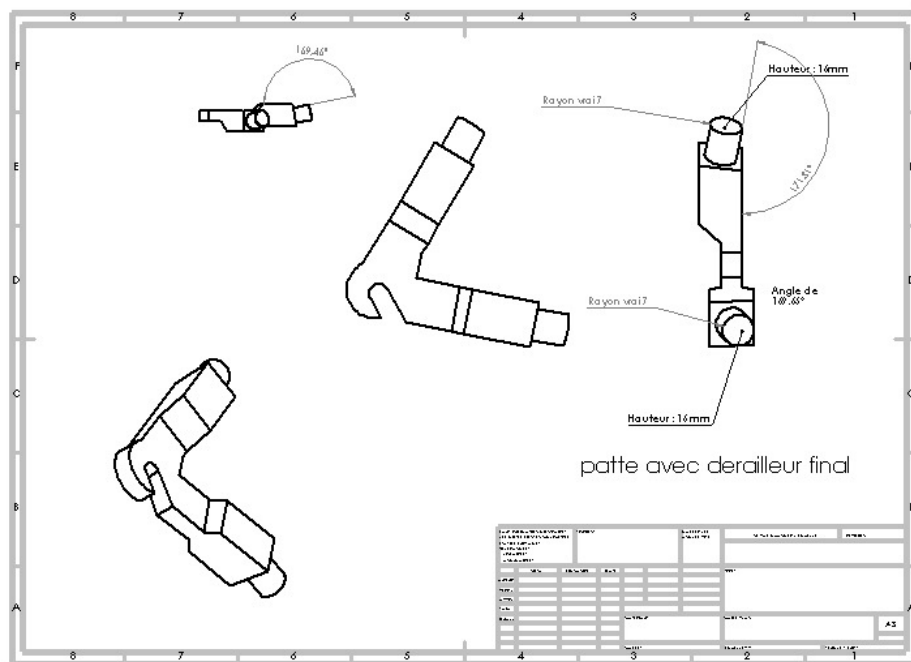




6.3. Annexe 3 : Plans des interfaces







6.4. Annexe 4 : Photo des moules

