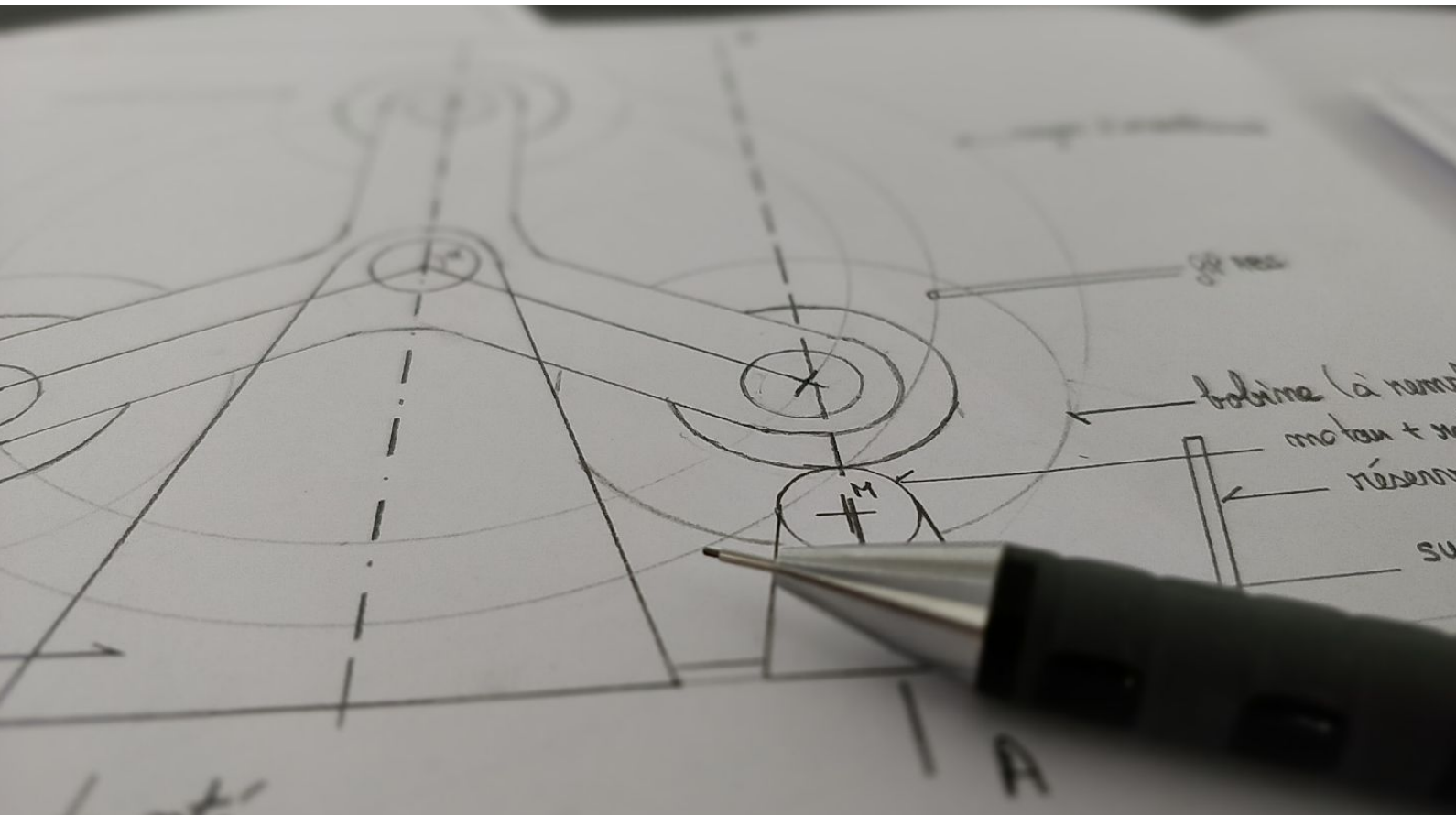


RAPPORT DE PROJET CONCEPTION ECAM 3

Projet Bobineuse



Professeur tuteur:

Monsieur André ERNESTO

Groupe d'élève:

Thomas BARBAIRE
Loan DERVILLERS
Lucie GARGOT
Alexandre HALLONET
Anne MENES
Clémence POTIN
Paul PAGNAC
Arthur PANARA

Remerciements

En premier lieu, nous tenons à remercier l'ECAM Lyon ainsi que son représentant dans le cadre de l'enseignement en conception Monsieur André ERNESTO.

D'abord pour nous avoir proposé de travailler sur ce projet, ce que nous voyons comme une marque de confiance. En effet, le projet de bobineuse aurait très bien pu être proposé à des entreprises mais dans une démarche pédagogique, nous, étudiants avons eu la chance d'y participer. Nous pensons qu'entreprendre dans une démarche orientée projet est la meilleure façon pour nous d'apprendre dans cette discipline, en plus des cours théoriques qui nous furent prodigués en début de chaque séance.

Ensuite, pour nous avoir permis d'être confronté à des situations concrètes et aux problèmes qui leurs sont associés. Toujours dans une démarche pédagogique, nous avons ainsi pu proposer et mettre en oeuvre des solutions adaptées.

De plus, constituer des groupes d'une huitaine de personnes fut également un véritable challenge pour toute notre équipe. Il nous a fallu mettre en place des méthodes pour permettre la meilleure communication possible.

Enfin, nous tenons une fois de plus à remercier Monsieur ERNESTO pour sa disponibilité que ce soit en cours ou par mail ainsi que pour nous avoir prodigué de nombreux conseils. Son expérience nous aura été utile dans certains de nos choix de conception que nous allons décrire dans ce rapport.

SOMMAIRE

Liste des figures	page 4
I. PRÉSENTATION DU PROJET	
A. Description du projet	page 5
B. Organigramme	page 7
C. Cahier des charges fonctionnel	page 7
II. TRAVAIL RÉALISÉ	
A. Organisation	page 7
B. NOS SOLUTIONS TECHNIQUES	
1. Le support de bobines	page 8
2. La découpe du fil	page 11
3. Le guidage et le refroidissement du fil	page 18
4. L'enroulage du fil (système de Vinci)	page 20
III. BILAN À MI-PARCOURS ET SUITE DU PROJET	page 21
Annexes	page 22

Liste des figures

Figure 1 : L'extrudeuse fabriquée par les étudiants de l'an dernier	page 5
Figure 2 : Le train épicycloïdal entraînant le foret en rotation	page 6
Figure 3 : La filière ainsi que le ventilateur présent en sortie d'extrudeuse	page 6
Figure 4 : Organigramme	page 7
Figure 5 : Le support de bobines	page 8
Figure 6 : Liaison centrale	page 10
Figure 7 : la liaison bobine-branche	page 10
Figure 8 : Système de coupe et de maintien sans bâti	page 11
Figure 9 : Système anti-retour	page 11
Figure 10 : Système de coupe au repos	page 12
Figure 11 : Système de coupe en action	page 12
Figure 12 : Le maintien en position	page 12
Figure 13 : La coupe	page 12
Figure 14 : La manette	page 13
Figure 15 : L'axe avec élargissement	page 13
Figure 16 : Fixation de vis	page 13
Figure 17 : Ventilateur axial choisi pour refroidir le fil avant embobinage	page 14
Figure 18 : Equerre de fixation pour le support du ventilateur	page 15
Figure 19 : galets permettant le guidage du fil	page 16
Figure 20 : Système de guidage du fil avec deux galets placés en diagonale	page 17
Figure 21 : Equerre de fixation pour le support des galets	page 18
Figure 22 : Assemblage support de ventilateur-ventilateur-buse	page 18
Figure 23 : Assemblage porte galets - galets	page 19

I. PRÉSENTATION DU PROJET

A. Description du projet

L'Ecole Catholique des Arts et Métiers de Lyon possède de nombreux équipements et infrastructures de qualité qu'elle met à disposition de ses étudiants. Parmi ces équipements, on peut citer un Fab Lab qui comprend un certain nombre de machines modernes et opérationnelles. Il comporte notamment des imprimantes 3D au nombre de 3 pour autant de volumes imprimables différents, un mini tour conventionnel, un scanner 3D, etc..

Les imprimantes 3D sont des outils dont le procédé de fonctionnement est connu depuis très longtemps mais il n'est maîtrisé que depuis une dizaine d'années seulement. Ainsi, lorsque les premières "vraies" imprimantes 3D sont arrivées sur le marché courant 2010, ce fut une véritable révolution et très rapidement elles se sont imposées comme un outil indispensable aussi bien pour les start up que pour les grandes entreprises. En plus d'avoir un prix de départ relativement contenu, les possibilités qui sont offertes par ces machines sont quasi illimitées. Les matériaux imprimables sont le Poly Lactic Acid (PLA), l'Acrylonitrile Butadiène Styrène (ABS) ou encore le PolyCarbonate (PC). Il est également possible d'imprimer du métal comme le Titane par fabrication additive mais c'est un autre type d'imprimante 3D dont il faut disposer et que l'ECAM ne possède pas. Elles sont très utilisées notamment pour le prototypage, ce qui est la plupart du temps l'usage qui en est fait à l'ECAM. Suite au nombre grandissant de projets des étudiants chaque année, l'école souhaite, pour des raisons budgétaires ainsi que dans une démarche éco responsable et la volonté de maîtriser les processus de fabrication du début à la fin, pouvoir produire ses propres bobines de fil pour les imprimantes 3D qu'elle possède. Dans un premier temps, les bobines produites serviront de test pour savoir si les matériaux plastiques utilisés sont viables et suffisamment résistants. Si le test s'avère concluant, une fabrication en série de bobines pourra être envisagée.

Pour se faire, l'ECAM a déjà sollicité la promotion de l'an dernier à plancher d'abord sur un système permettant d'obtenir un fil de polymère à partir de granulés. Le produit qui en a découlé est une extrudeuse.

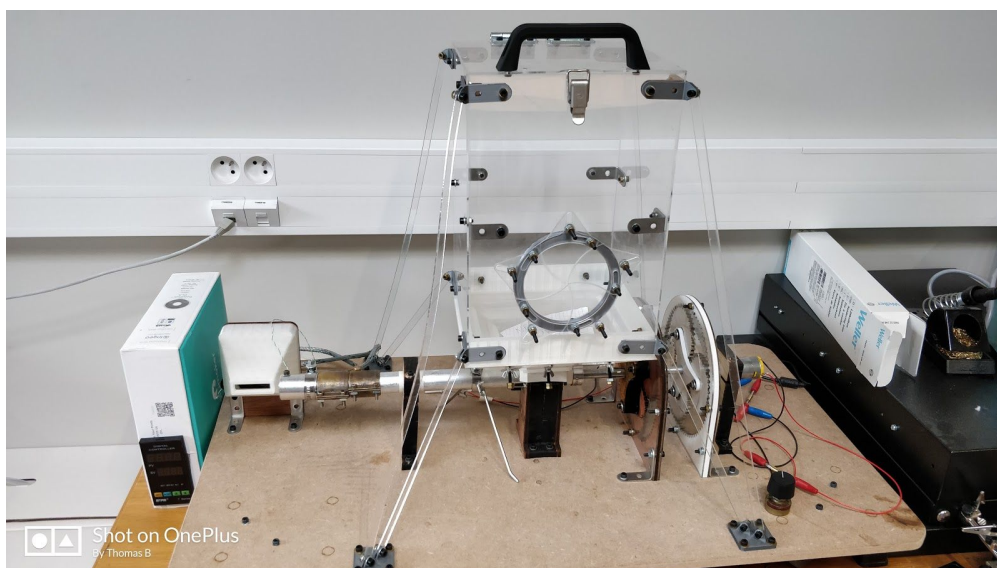


Figure 1: L'extrudeuse fabriquée par les étudiants de l'an dernier

Son principe de fonctionnement est relativement simple: lesdits granulés de polymères récupérés à partir de bouteilles ou autres déchets plastiques sont d'abord acheminés puis fondus au moyen d'un foret rotatif entouré d'une résistance chauffante. Le foret est entraîné en rotation par un moteur électrique combiné à un train épicycloïdal pour réduire la vitesse et augmenter le couple.

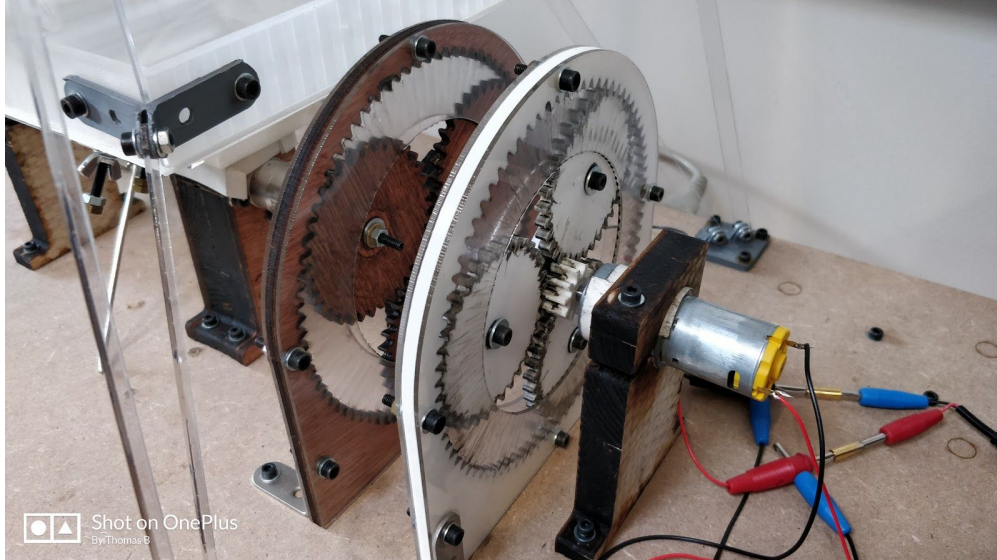


Figure 2: Le train épicycloïdal entraînant le foret en rotation

En avançant, le polymère fondu passe au travers d'une filière qui permet d'obtenir un fil au diamètre souhaité. Il faut savoir qu'à la sortie de l'extrudeuse, ce fil a une température d'environ 250°C. La système que nous devons créer devra ainsi intégrer un système de refroidissement efficace en plus de celui déjà présent sur le système existant.

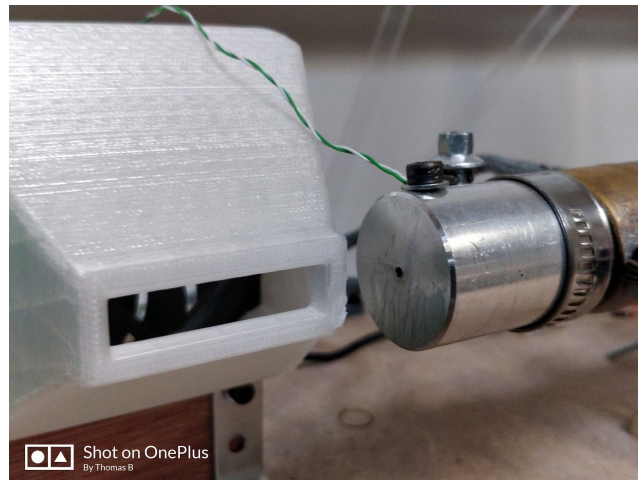


Figure 3: La filière ainsi que le ventilateur présent en sortie d'extrudeuse

Le fil ainsi produit, il faut désormais l'enrouler. C'est ce en quoi consiste le projet que nous avons dû mener: la conception au semestre 5 puis la création au semestre suivant d'une bobineuse. Elle devra répondre à un ensemble de critères précis définis par notre professeur et aussi client Monsieur ERNESTO. Ces critères seront listés dans le Cahier Des Charges Fonctionnel.

B. Organigramme

Afin de mieux comprendre l'organisation du projet et de mieux situer ses acteurs, nous avons choisi de le présenter sous la forme d'un organigramme que voici :

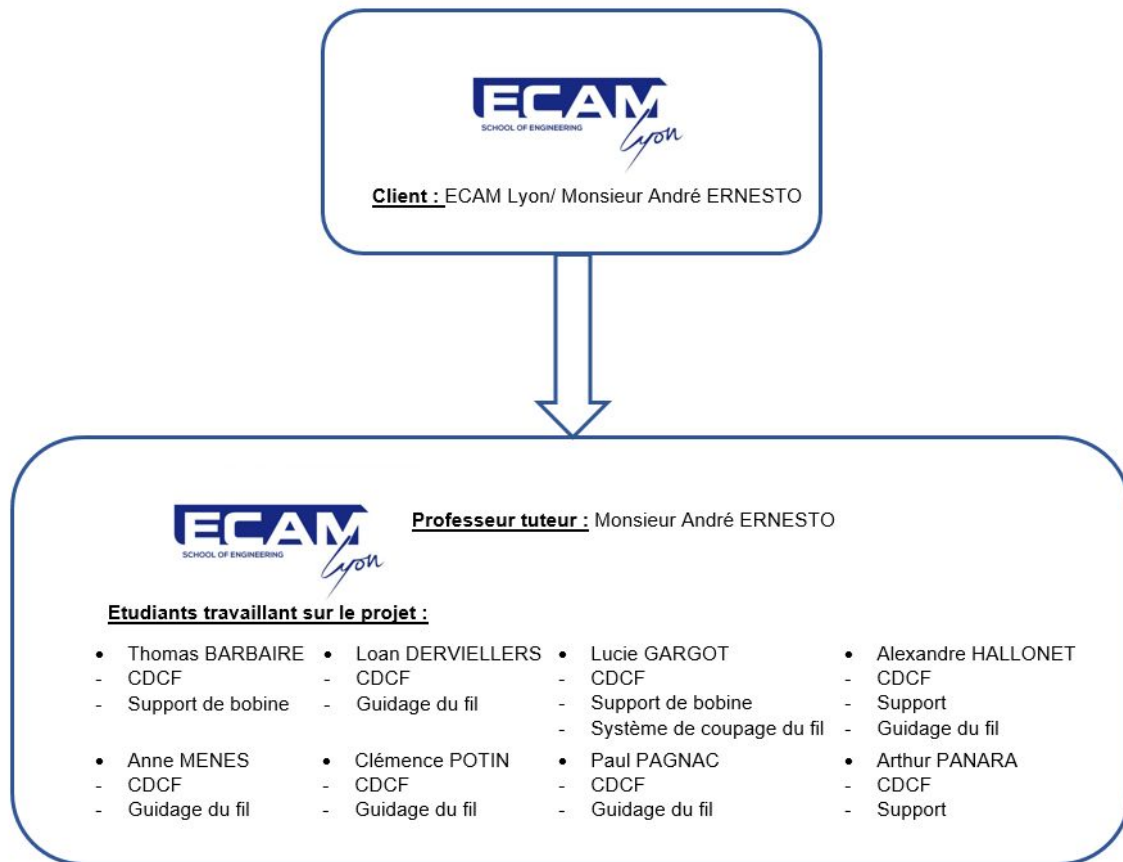


Figure 4: Organigramme

C. Cahier des Charges Fonctionnel

Le Cahier des Charges Fonctionnel est un document technique à part entière. Il est joint à ce rapport dans le dossier final.

A partir des informations qui nous ont été fournies par Monsieur ERNESTO, nous avons pu élaborer un tableau des fonctions comportant une trentaine de fonctions couvrant l'intégralité des fonctionnalités demandées.

II. TRAVAIL RÉALISÉ

A. Organisation

Afin de pouvoir avancer au mieux dans notre travail en collaboration, nous avons mis en place les moyens et outils nécessaires à cet effet. La mise en relation des différents membres du groupe a été facilitée grâce au service de messagerie électronique de l'ECAM. D'autres moyens de communication ont également été utilisés par la suite.

Au commencement du projet, nous avons décidé de chercher tous ensemble les différentes fonctions de la future bobineuse. Nous avons ensuite scindé le groupe pour gagner en efficacité. Un groupe a défini les différents niveaux de flexibilité pendant qu'un

autre s'occupait de la rédaction du CDCF. Enfin un dernier s'occupait de rechercher de nouvelles fonctions si jamais certaines avaient été oubliées.

Une recherche de l'existant a également été menée pour éventuellement nous en inspirer mais aussi définir la valeur ajoutée apportée par notre produit par rapport à l'offre sur le marché. Il est difficile de trouver des projets complets de bobineuses. De plus il existe beaucoup de variantes allant de la bobineuse de bobine électrique à la bobineuse d'étiquette. Seul quelques projets de bobineuse sont disponibles mais elles ont pour la plupart été conçues par d'autres étudiants dans le cadre de projets similaires au nôtre. Une étude des différentes caractéristiques de trois projets trouvés sur le web est jointe à ce rapport.

Suite à ces deux phases du projet, nous avons commencé à rechercher des solutions techniques pour répondre aux différents critères imposés par le CDCF. Elles ont chacune été abordées séparément par différents groupes de l'équipe et sont décrites en 3 axes principaux dans la partie suivante.

B. NOS SOLUTIONS TECHNIQUES

1. Le support de bobines

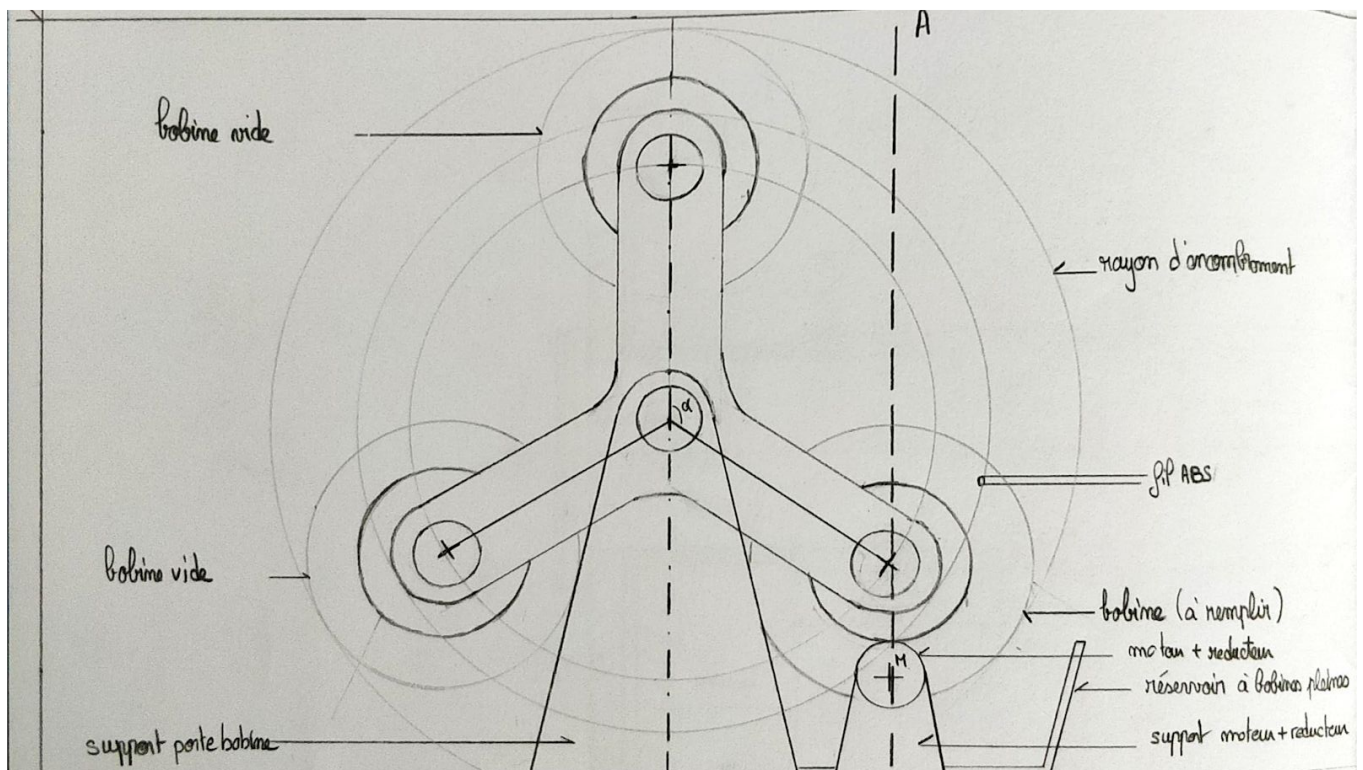


Figure 5: Le support de bobines

Afin de satisfaire aux exigences du CDCF FC20, FC22 et FC24, la bobineuse comporte un système permettant à la fois de stocker des bobines vides ou pleines et une en cours de remplissage, à la guise de l'utilisateur. En plus de celui ci est associé un bac à bobines pleines sur le flanc.

Plusieurs solutions s'offraient à nous au moment de la conception afin de satisfaire le CDCF. Nous avons par exemple pensé à un système de toboggan permettant de placer en série plusieurs bobines vides. Au centre de ledit système aurait été placée la bobine en cours de remplissage et lorsque l'opération eût été terminée elle aurait glissé sur un autre toboggan la guidant directement vers un bac à bobines pleines. Pourtant, nous n'avons pas choisi ce système en raison de l'encombrement que nous estimions trop important. De plus, il ne s'avérerait pas être le plus pratique.

Ainsi, nous avons pensé à un distributeur de bobine étoilé à trois branches séparées de 120° chacune. Le nombre de trois n'a pas été choisi au hasard, d'abord pour la stabilité du système mais aussi parce que nous avons estimé que trois bobines était le nombre satisfaisant à toutes les contraintes du CDCF. Le système étant modulaire offre également un large panel de choix à son utilisateur. A noter qu'il est conçu pour s'adapter à tout type de bobines présente sur le marché comme spécifié par la FC1.

Les pièces qui constituent l'assemblage sont toutes en ABS, Plexiglas ou PC. Elles sont usinables au Fab Lab soit au moyen de la découpeuse Laser pour les plaques en Plexiglas soit directement avec les imprimantes 3D conformément à la FC8.

Le support de bobine possède ainsi 3 emplacements pour des bobines à l'origine vides. Elles se placent facilement sur des axes montés serrés qui sont chacun leur tour entraînés en rotation par un moteur électrique. La bobine est entraînée en rotation par cet axe par phénomène d'adhérence ce qui justifie la nécessité d'un montage serré de l'axe sur la bobine. A noter que si les diamètres intérieurs des bobines sont différents du diamètre des axes montés par défaut sur le support, des adaptateurs sont prévus à cet effet. Une fois montées sur leurs axes, les bobines sont arrêtées en translation par l'extrémité de l'axe lui-même qui est épaulé. Il s'agit d'un montage en porte à faux pour deux des trois bobines qui ne sont pas en cours de remplissage. Pour la dernière, une contre pointe sur ressort vient exercer un effort de pression sur la bobine pour la plaquer sur l'épaulement et éviter qu'elle se bouge lors de l'enroulement.

Une fois l'enroulement terminé, l'utilisateur n'a qu'à couper le fil et le coincer sur la bobine, retirer la contre pointe puis libre à lui de choisir s'il veut laisser la bobine pleine sur le support, la remplacer par une vide ou la faire glisser dans le bac prévu à cet effet. Pour passer à la bobine suivante, l'utilisateur doit faire tourner le support pour changer la branche de l'étoile puis recommencer l'opération.

Ce support comporte deux types de liaison pivot principalement: celle au centre de l'étoile pour lui permettre de tourner et celle entre la bobine et la branche (au nombre de 3), particulièrement complexe car elle est momentanément entraînée en rotation. Voici le schéma de la liaison centrale:

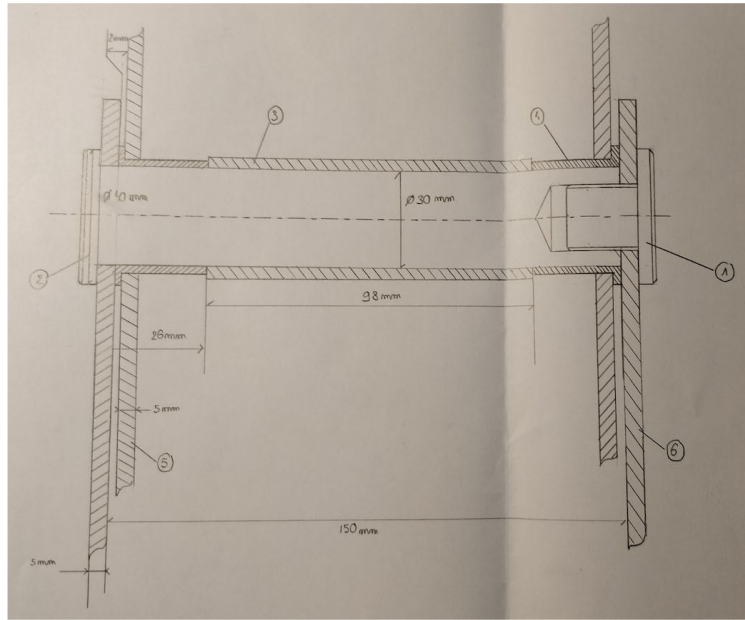


Figure 6: Liaison centrale

La liaison entre la branche et la bobine, plus complexe est représenté ci dessous:

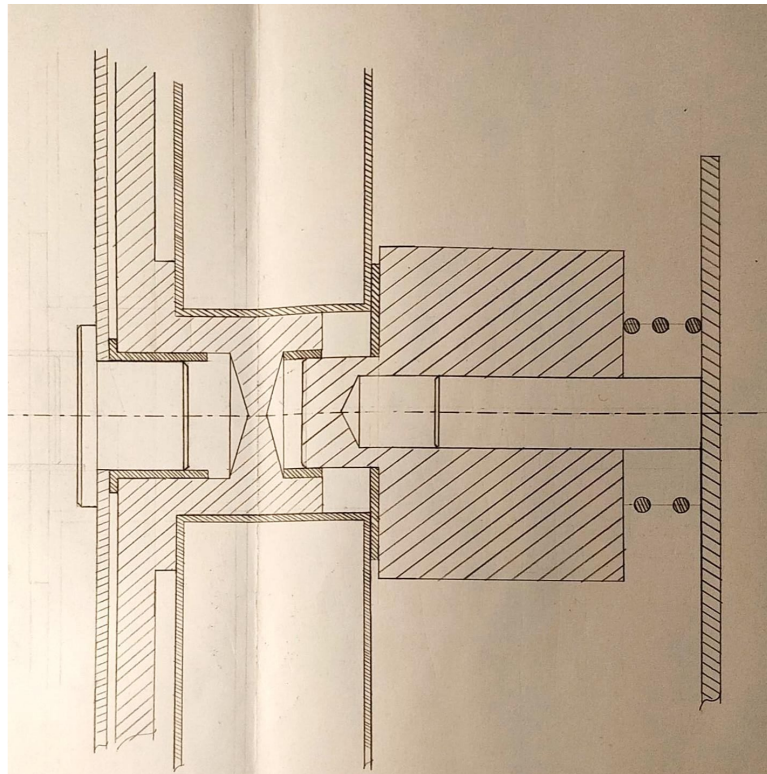


Figure 7: la liaison bobine-branch

2. La découpe du fil

Afin d'effectuer les changements de bobine, un système de coupe est nécessaire. Lorsqu'une bobine est pleine, le moteur s'arrête et le fil doit être bloqué afin d'éviter tout problème de désenroulement, puis coupé pour terminer la bobine. L'objectif de ce système est de permettre une coupe sécurisée. En effet, le fil sera coupé sans contact humain dans un premier temps, et retiré à la main dans un second temps.

Un dessin du mécanisme est illustré ci-dessous (*Figure 8*) :

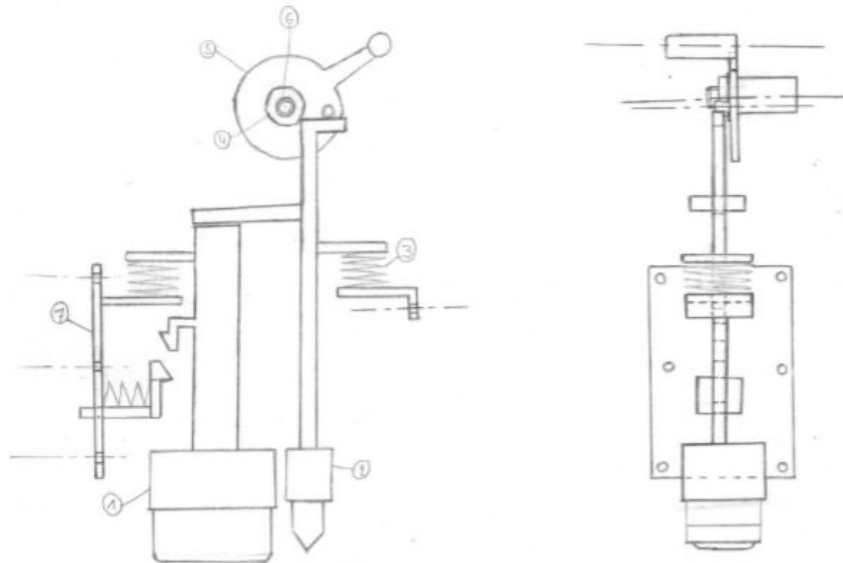


Figure 8 : Système de coupe et de maintien sans le bâti

Dès l'arrêt de la bobine, la manette (*Figure 14*) peut être actionnée permettant le maintien puis la coupe du fil. Une fois la manette enclenchée, celle-ci enclenche le système anti-retour qui permet de maintenir le serrage du fil par effort de traction. Le système anti-retour (*Figure 9*) est représenté par deux crochets qui au fur et à mesure que la manette tourne, ils se rapprochent verticalement, et glissent l'un contre l'autre jusqu'à ce qu'ils s'emboîtent et verrouillent la translation verticale dans le sens opposé. Ce maintien est indispensable pour éviter que la bobine ne se déroule et pour que le technicien puisse contrôler le fil avant de le fixer sur la bobine à l'aide d'une fente. Le maintien est désactivé à l'arrière grâce à un bouton à tirer (*Figure 16*).

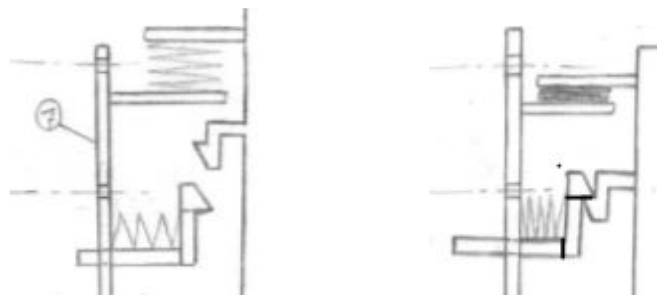


Figure 9 : Système anti-retour

Le système au repos (*Figure 10*), et en action (*Figure 11*) est modélisé ci-dessous :

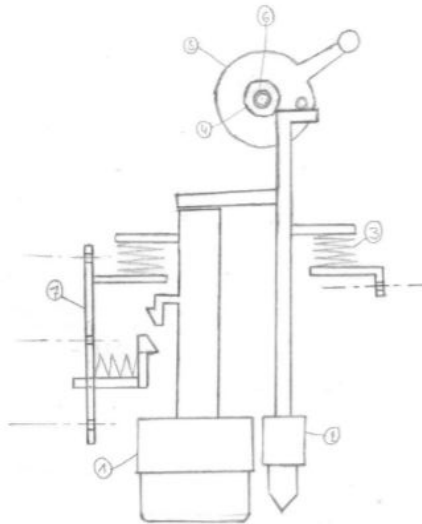


Figure 10 : Système de coupe au repos

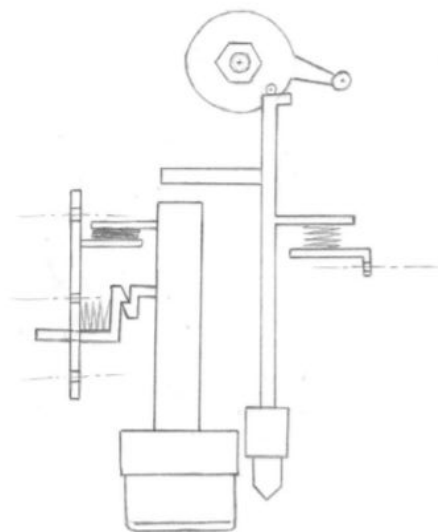


Figure 11 : Système de coupe en action

Ce système permet, par une rotation, d'effectuer une translation. La manette est en liaison pivot par rapport au bâti. Lorsque la manette est en mouvement, elle appuie et glisse sur la coupe (Figure 13) qui se déplace en translation. La coupe est en liaison glissière par rapport au bâti.

La remontée instantanée de la coupe après avoir actionné la manette est l'effet d'un ressort, tout comme la remontée du maintien en position (Figure 12) lorsque le système anti-retour est désamorcé. De même le bouton à tirer est lui-même assuré par un ressort.

Concernant le bâti, il agit comme glissière sur les éléments de maintien en position (Figure 12) et de coupe (Figure 13). En particulier, ce sont la tête de ces deux éléments qui glissent sur le bâti. Leur corps sont déjà maintenus en translation verticale grâce au ressort et à l'appui plan engendré par la coupe sur le maintien en position.

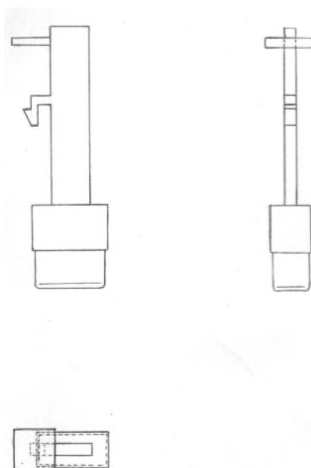


Figure 12 : Le Maintien en position

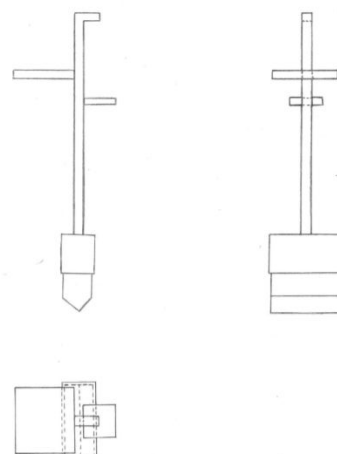


Figure 13 : La coupe

Quant à la manette (*Figure 14*), celle-ci est en liaison pivot par rapport à l'axe avec élargissement (*Figure 15*) fixe par rapport au bâti.

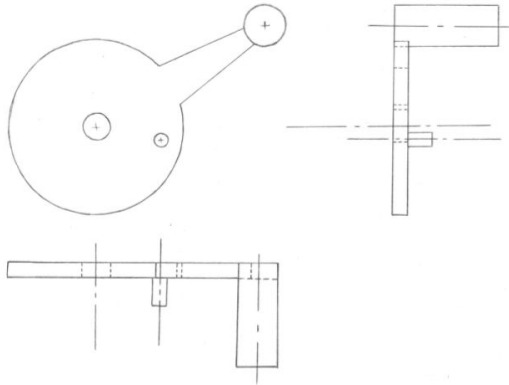


Figure 14 : La manette



Figure 15 : L'axe avec élargissement

Enfin, Le bouton à tirer (*Figure 16*) est à son tour en liaison glissière dans le support à vis. La fixation à 6 vis (*Figure 16*) est encastrée dans le bâti.

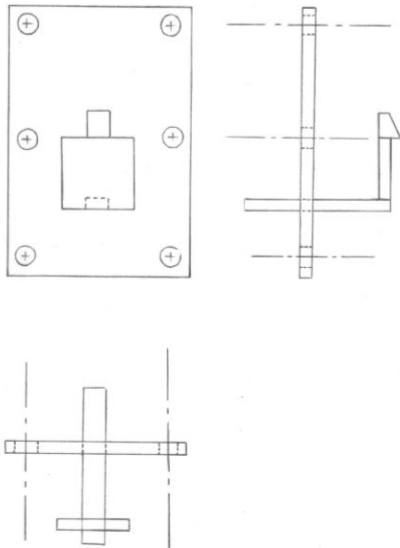


Figure 16 : Fixation à 6 vis et bouton à tirer

La conception du mécanisme sera usiné au fablab à partir de bois (coupe, maintien en position, support de vis et axe), imprimé en 3D (manette et tête de maintien) et conçu en Plexiglas pour le bâti. L'écrou et les ressorts seront achetés directement.

3. Le guidage et le refroidissement du fil

Nous nous sommes ensuite intéressé au guidage et au refroidissement du fil à la sortie de l'extrudeuse. En effet, le fil est encore très chaud à la sortie de l'extrudeuse (environ 250°C), il faut donc le refroidir avant de l'embobiner afin d'éviter qu'il ne se casse ou qu'il ne colle à la bobine.

De plus, afin d'amener au mieux le fil avant l'enroulage du fil, il est nécessaire de le guider et de le placer à la bonne hauteur.

Afin de refroidir le fil, nous avons réfléchi à plusieurs solutions. Une première solution était d'utiliser un tube laissant passer le fil et autour duquel circulerait de l'eau qui constituait un système de refroidissement actif semblable à ceux que l'on peut retrouver dans les ordinateurs de type Gaming (WaterCooling). Cette solution bien qu'efficace nécessitait un apport d'eau et n'était pas facile à installer. Or, notre bobineuse devait être facilement transportable et utilisable partout. Nous nous sommes alors tournés vers une solution efficace, plus facile à installer et économiquement viable. Nous avons choisi d'utiliser un ventilateur axial que l'on pourrait placer en sortie d'extrudeuse, avant l'embobinage. Nous voulions un ventilateur qui ne soit pas trop grand afin d'éviter l'encombrement, et qui ait une tension d'alimentation de 12V conformément à la FC16 du CDCF. Après quelques recherches, nous avons choisi un ventilateur axial de la marque RS PRO de dimensions 60x60x25mm.



Figure 17 : Ventilateur axial choisi pour refroidir le fil avant embobinage

Cependant, le fil en sortie d'extrudeuse arrive plus haut que le ventilateur, nous avons donc réfléchi à une solution pour que le ventilateur soit en face du fil afin d'optimiser le refroidissement. De plus, un ventilateur était déjà installé en sortie d'extrudeuse. Afin de multiplier l'effet de la ventilation, il fallait donc que les deux ventilateurs génèrent de l'air à la même hauteur. Nous avons décidé de concevoir un support pour notre ventilateur afin de le surélever et qu'il soit placé au même niveau que le ventilateur déjà présent. Il a été décidé de concevoir ce support en bois et de l'usiner afin qu'il ait la forme souhaitée. En effet, le bois est un matériau résistant et facile à usiner, il convient donc parfaitement à cet usage. Nous avons fait le choix d'utiliser des équerres de fixation afin de renforcer ce support et qu'il soit complètement stable une fois posé. Après différentes recherches pour choisir les équerres s'adaptant au mieux à cet usage, nous avons privilégié un modèle d'équerre en acier de la marque RS Pro ayant une longueur de 15x25mm, une largeur de 10mm et une épaisseur de 1.2mm.



Figure 18 : Equerre de fixation pour le support du ventilateur

Toujours dans le but d'optimiser le refroidissement du fil, nous avons décidé de concevoir une buse pouvant se fixer sur le ventilateur et qui permettrait à terme de concentrer l'air généré par le ventilateur sur la zone précise que ventile le premier ventilateur et où se trouve le fil de polymère. Cette buse sera conçue sur un logiciel tel que Creo ou Solidworks et sera imprimé grâce à une des imprimantes 3D du Fab Lab de l'ECAM. Cela nous permet ainsi d'adapter parfaitement la buse aux dimensions du ventilateur.

Par la suite, nous nous sommes intéressés au guidage du fil de la sortie de l'extrudeuse jusqu'à l'embobinage. En effet, il était important que le fil de polymère arrive au niveau du système de rembobinage de la meilleure manière possible. Il fallait donc guider le fil de façon précise afin qu'il ne s'emmêle pas ou qu'il ne dérive pas. Nous avons décidé d'utiliser des galets qui laisseraient passer qu'une couche de fil et qui permettraient alors de le guider précisément. Nous avons choisi d'utiliser deux galets placés en diagonale. Nous avons cherché à utiliser des galets déjà existants dans le commerce mais après plusieurs recherches, aucun ne nous convenait au niveau des dimensions ou du prix. Il a donc été décidé de concevoir nous même ces galets sur un logiciel tel que Creo ou Solidworks et de les imprimer en 3D. Nous avons choisi de concevoir des galets ayant un diamètre extérieur de 25 mm, un diamètre intérieur de 4 mm et une largeur de 10 mm. Nous avons pris soin de choisir un ajustement libre pour le perçage central du galet afin qu'il puisse former une liaison pivot avec la pièce support.

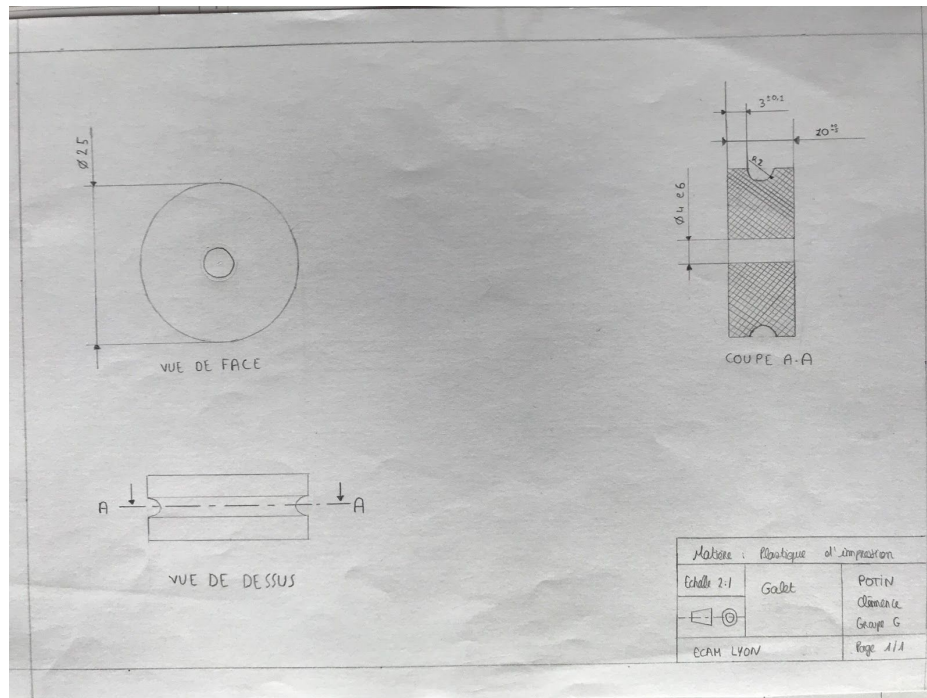


Figure 19 : galets permettant le guidage du fil

Afin de positionner nos galets, il a fallu créer un support, qui serait placé après le système de ventilation. Le matériau utilisé pour créer ce support est le bois. Etant donné que notre système d'embobinage est situé plus en hauteur par rapport au fil sortant de l'extrudeuse, nous avons décidé de concevoir un support permettant de placer nos deux galets en diagonale et ainsi surélever le fil de polymère afin qu'il arrive à la bonne hauteur avant d'être embobiné. Nous avons décidé d'usiner une planche de bois afin de donner la bonne forme et les bonnes dimensions au support. Il a également été choisi de faire des trous oblongs sur ce support afin de pouvoir régler le positionnement des deux galets. En effet, le fil étant encore chaud lorsqu'il arrive au niveau des galets, il faut faire attention de ne pas lui faire suivre une trajectoire trop compliquée afin d'éviter toute cassure du fil.

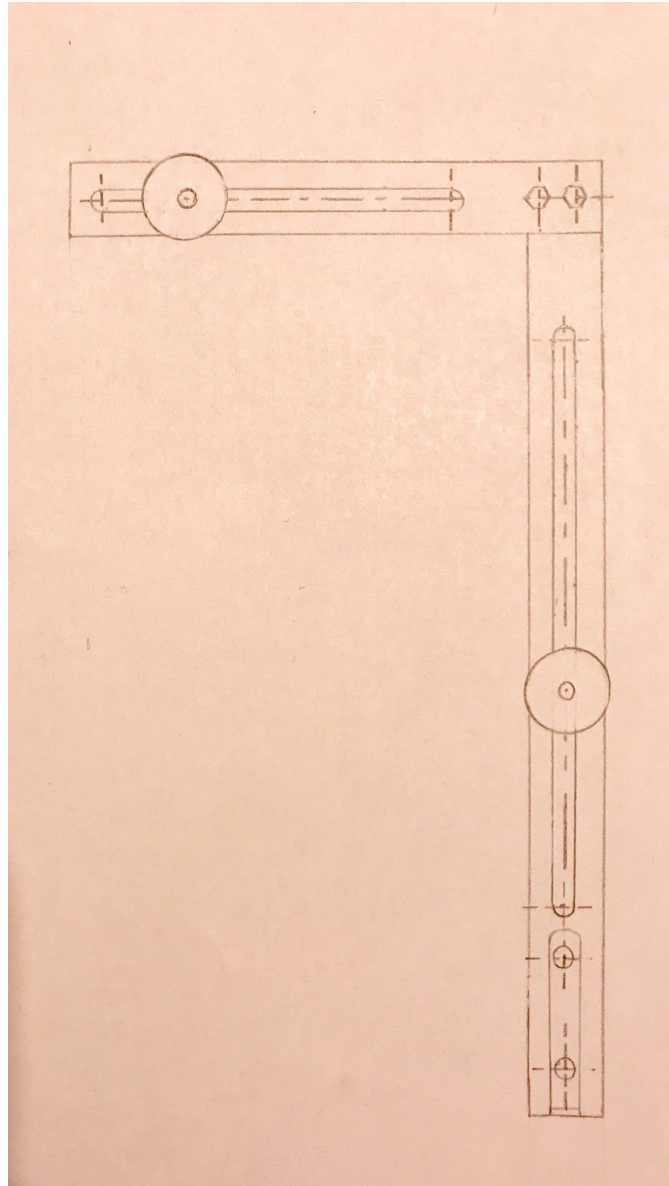


Figure 20 : Système de guidage du fil avec deux galets placés en diagonale

De la même manière que pour le support du ventilateur, afin de rendre le support des galets le plus fixe et stable possible, il a été décidé d'utiliser des équerres de fixation. Nous avons trouvé, dans le commerce, des équerres qui répondent à notre usage. Il s'agit des équerres de fixation en acier de la marque RS Pro de longueur 15x50mm, de largeur 10mm et d'épaisseur 1.2mm.



Figure 21 : Equerre de fixation pour le support des galets

Passons désormais à l'assemblage de tous nos composants servant au refroidissement et au guidage du fil.

Premièrement, nous allons fixer la pièce support du ventilateur au support en bois de la bobineuse à l'aide de 2 équerres de 15x25 mm par un montage vis écrou. Nous allons utiliser des vis à métaux RS PRO M3 à tête cylindrique fendue en laiton de longueur 20 mm, des écrous hexagonaux RS PRO, M3, Acier inoxydable A4 316 ainsi que des rondelles plates M3 (forme A), Acier inoxydable, 3,2mm x 7mm. Le montage est disponible sur le dessin d'assemblage de la pièce support du ventilateur, du ventilateur et de la buse.

Deuxièmement, nous utilisons 4 vis à métaux RS PRO M3 à tête fraisée fendue en acier inoxydable, 40mm. Ces quatre vis vont réaliser un encastrement entre la pièce support du ventilateur, le ventilateur et la buse comme nous pouvons le voir sur le schéma suivant.

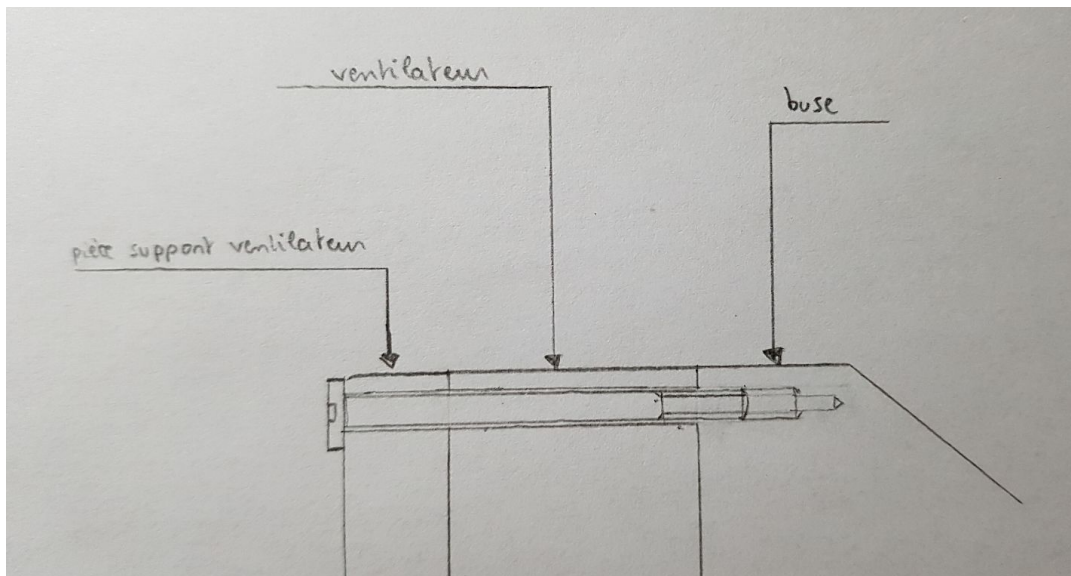


Figure 22 : Assemblage support de ventilateur-ventilateur-buse

Intéressons nous désormais au montage de la pièce support des galets. Cette pièce est plus conséquente et va encaisser plus d'efforts que le ventilateur, c'est pourquoi nous utiliserons des équerres plus grandes ici pour la fixer au support de la bobineuse avec les 2 équerres qui mesurent 15x50mm de longueur, 10mm de largeur et 1,2mm d'épaisseur. Pour réaliser cet encastrement entre le support de la bobineuse et la pièce support des galets, nous utilisons les mêmes vis, écrous et rondelles que pour fixer le support du ventilateur pour des raisons économiques.

Ensuite, il nous faut fixer les galets de guidage sur cette pièce support. Comme le diamètre intérieur des galets est de 4mm, nous utilisons une vis M3 de longueur sous tête de 70 mm et de 60 mm de longueur filetée pour obtenir la liaison pivot. De plus, le perçage central du galet étant en ajustement libre, nous n'aurons pas de souci pour créer la liaison pivot entre le galet et la pièce support. Le schéma du montage est réalisé ci-dessous.

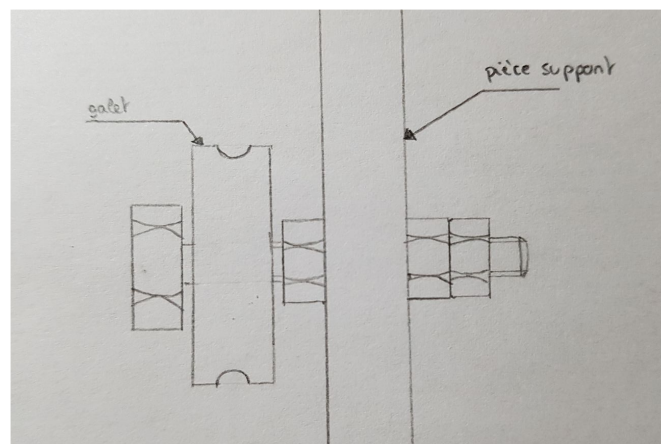


Figure 23 : Assemblage porte galets - galets

Il nous a fallu laisser un jeu de 1mm de part et d'autre du galet afin d'assurer la liaison pivot du galet. Ce jeu peut être modifié manuellement suivant le serrage du premier écrou de gauche. De plus, grâce à ce montage, il est possible de régler en hauteur la position du galet grâce au trou oblong vertical. Le maintien du galet se fait par frottement au niveau des écrous par serrage. Un serrage par contre écrou est réalisé (à droite ci-dessus) pour éviter tout mouvement vertical du galet pouvant endommager le fil. Les écrous sont les mêmes que ceux utilisés précédemment (écrous hexagonaux RS PRO, M3, Acier inoxydable A4 316).

En sortie de cet assemblage, le fil sort à une hauteur de 262,5 mm par rapport au support de la bobineuse pour ensuite suivre le processus d'enroulement.

4. L'enroulage du fil (système De Vinci)

Ensuite l'objectif était de concevoir un système pour placer correctement le fil sur la bobine. Ce système est primordial pour le bon enroulement du fil sur la bobine. En effet, il doit, dans un premier temps, permettre d'éviter que le fil ne se casse en s'enroulant. Dans un deuxième temps, il doit permettre la bonne répartition de ce dernier sur l'ensemble de la bobine de manière à obtenir un résultat le plus homogène possible en termes d'épaisseur de fil.

Nous avons réfléchi à une première solution dans laquelle le fil avait une hauteur constante z et c'est la bobine qui translatait pour le répartir équitablement sur toute sa surface. Cette solution a rapidement été écartée car elle avait trop d'inconvénients notamment en termes de vibrations générées par le déplacement de la bobine et les efforts mis en jeu pour déplacer cette dernière trop importants par rapport à la taille de notre système. Pour notre idée retenue, la bobine est simplement en rotation mais bloquée en translation pour pallier les inconvénients cités plus haut. Le fil va translater pour se répartir équitablement sur la bobine. Pour ce faire, notre système se compose de trois pièces principales : une aiguille dans laquelle le fil va passer, une double roue de grand diamètre qui engrène dans une troisième pièce qui est une roue de diamètre plus faible. Pour dimensionner ces roues et leur nombre de bâtons respectifs, il fallait faire concorder la vitesse de rotation des roues avec la vitesse d'avance du fil. Autrement dit, il fallait pour un tour de roue que le fil parcourt toute la surface de la bobine dans un sens. Pour ce faire, le nombre de bâtons de la grande roue doit être 18 fois supérieur à celui de la petite roue pour couvrir totalement la surface de la bobine. A partir de cette constatation, on peut alors calculer le diamètre de chaque roue. Notre deuxième condition pour respecter une vitesse d'enroulement constante est que la distance entre deux bâtons sur la grande roue doit être égale à la distance entre deux bâtons sur la petite roue. Ce qui nous donne le diamètre des deux roues : 14 millimètres pour la petite roue et 230 millimètres pour la grande roue.

Ces roues ainsi que l'arbre tournant seront en bois car ce matériau est suffisamment résistant pour ce type de système et facilement usinable. Les bâtons seront également en bois afin de résister aux chocs quand ils se rencontreront. Les trous situés dans les roues seront légèrement inférieurs au diamètre des bâtons afin de les monter serrer et ainsi que ces derniers tiennent sans besoin de rajouter de colle. La petite roue sera motrice et alimentée par un petit moteur électrique, dont nous ne connaissons pas encore les caractéristiques.

III. BILAN À MI-PARCOURS ET SUITE DU PROJET

Nous avons pour projet de réaliser toutes les tâches nécessaires à la conception de la bobineuse. Nous avons donc divisé notre bobineuse en différentes parties afin de travailler plus efficacement. Nous avons réussi à trouver des solutions techniques pour chaque fonction urgente notifiée dans notre cahier des charges. En effet la fonction principale “le produit doit pouvoir enrouler le fil” est validée.

De même, les fonctions de contraintes “le produit doit avoir une largeur adaptée”, “le produit doit avoir une hauteur adaptée” et “le produit doit avoir une hauteur adaptée” sont également satisfaites. Le raccordement à l’extrudeuse ainsi que les contraintes liées à la tension d’alimentation de la bobineuse ont été respectés. Nous avons également prévu un système de refroidissement du fil donc tous les problèmes liés au bon état du fil sont solutionnés (fil qui colle, fil qui se casse, ...).

Enfin, tous les composants que nous avons choisis nous permettent de fabriquer et de réparer notre bobineuse sur place.

Cependant, certaines des fonctions renseignées dans le Cahier Des Charges, ne sont à ce jour, pas satisfaites ou incomplètes. En effet, l’arrêt d’urgence de la bobineuse n’a pas été prévu par manque de temps. De même, nous ne nous sommes pas penchés sur les questions environnementales et écologiques ainsi que sur la véritable durée de vie de notre bobineuse.

Concernant le coût total de notre projet, nous avons évalué les coûts de chacune des parties de notre bobineuse et nous avons additionné chaque résultat pour avoir le coût total. Les tableaux ci-dessous regroupe les coûts de chacune des parties de la bobineuse.

Coût pour la partie refroidissement et guidage du fil	
Equerres de fixation pour support de ventilateur	2,16 €
Equerres de fixation pour support de galets	2,82 €
Ventilateur	7,99 €
Découpe laser pour usiner les pièces en bois	Fablab ECAM
Impression des pièces en 3D	Fablab ECAM
Vis pour fixer les equerres (boîte de 100 vis)	5,18 €
Vis pour assemblage des galets avec le support des galets (2 vis)	≈ 3 €
Vis pour assemblage du ventilateur avec la buse et le support de ventilateur (sachet de 100)	9,22 €
Ecrous (sachet de 100)	8,93 €
Rondelles plates (sachet de 100)	5,75 €
TOTAL	45,05 €

Coût pour la partie support des bobines	
Plaques de plexiglas d'épaisseur 3 mm	37,32 €
Plaques de plexiglas d'épaisseur 5 mm	65,72 €
Impression des pièces en 3D	Fablab ECAM
TOTAL	103,04 €

Coût pour la partie support de la bobineuse	
Plaque de bois d'épaisseur 1 cm (utilisée aussi pour les pièces en bois de la bobineuse)	29,50 €
Découpe laser	Fablab ECAM
TOTAL	29,50 €

Coût pour la partie coupe et maintien du fil	
Plaque de Plexiglas d'épaisseur 3mm	35 €
Plaque de contre-plaqué 5mm	9,20 €
Plaque de contre-plaqué 7mm	9,20 €
Impression des pièces en 3D	Fablab ECAM
TOTAL	53,40 €

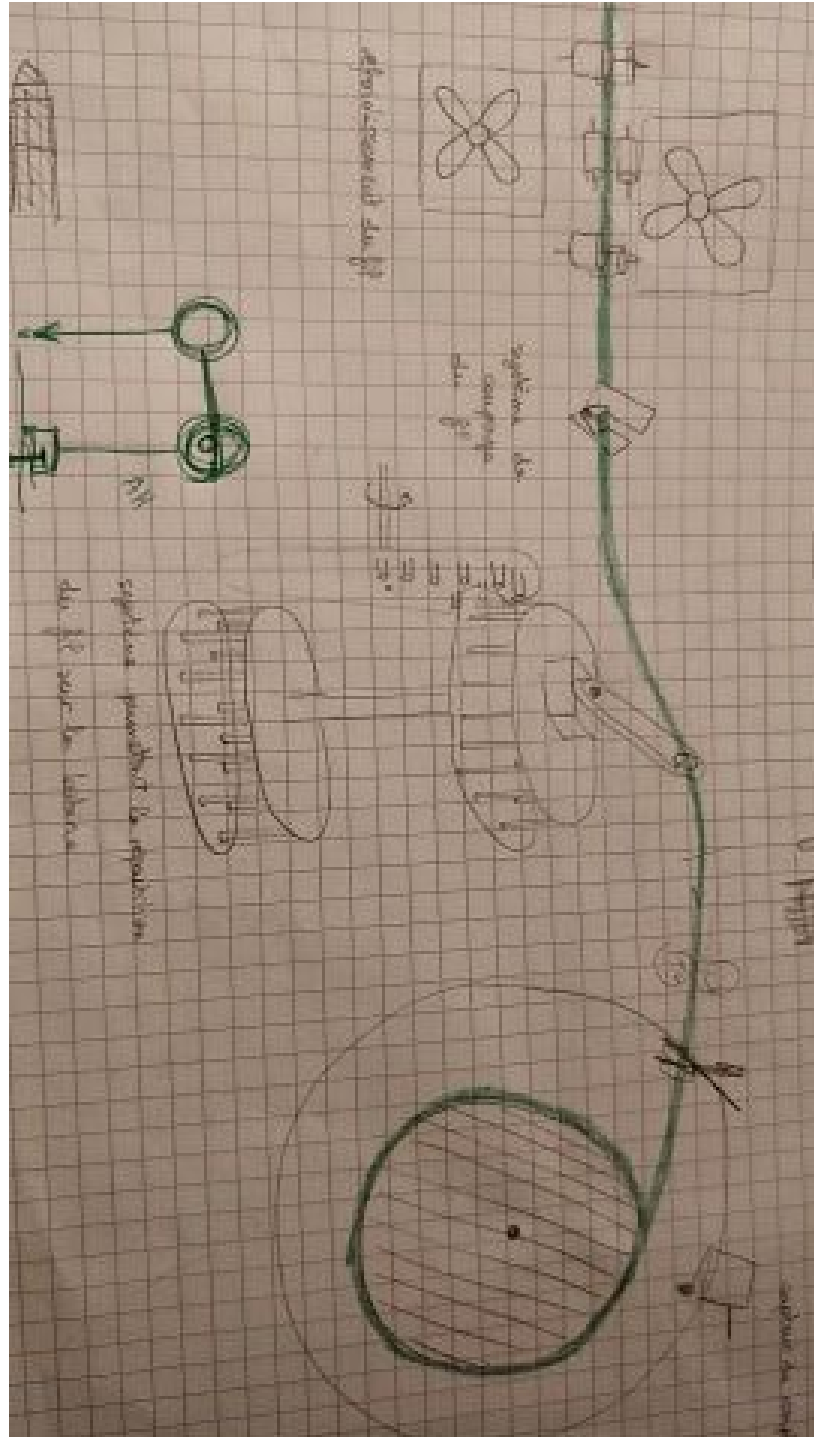
Coût pour la partie permettant la répartition du fil sur la bobine	
Baguette de bois rond	12,10€
Plaque de bois d'épaisseur 1 cm	29,50€
Découpe laser	Fablab ECAM
Total	41,60€

En ce qui concerne la suite du projet, nous devons désormais dans une seconde partie réaliser la conception de notre bobineuse à l'aide du logiciel CREO. Nous devons alors poursuivre nos efforts en terme d'organisation de groupe et attribuer de nouvelles tâches à chacun de ses membres (ex: architecte, calculateur, concepteurs spécifiques, chef de projet...). Cette partie modélisation sera suivie en fin de semestre d'une partie simulation numérique afin de vérifier que notre produit est viable. La partie fabrication sera alors confiée aux étudiants ayant choisi la coloration liée à ce projet. En effet, ils vont reprendre nos études sur la conception de la bobineuse et vont choisir les meilleurs solutions pour ensuite réaliser la fabrication de la bobineuse.

Ce projet a été très instructif pour chacun d'entre nous, il nous a permis d'acquérir certaines compétences. Effectivement, nous avons dû travailler en autonomie mais aussi faire face aux difficultés du travail d'équipe (bonne entente, entendre et comprendre les idées de chacun, ..). De plus il a été enrichissant tant d'un point de vue personnel que d'un point de vue technique.

Annexes:

Annexe 1: réflexion sur le choix de solution pour l'enroulage du fil



Annexe 2: Précision dans le choix de solution pour le guidage et le refroidissement du fil ainsi que pour l'enroulage du fil sur les bobines

