



WireWinding Inc.

Bobineuse

CAO ECAM 3

Sommaire

Présentation	3
Cahier des charges marketing	4
Diagramme bête à cornes	5
Cahier des charges fonctionnel	6
Diagramme Pieuvre	7
Etat de l'art	8
Structure du système	9
Sous-ensembles	9
Découpe du fil	9
Distribution du fil	10
Acheminement du fil	11
Gestion du stock de fil et gestion de la température d'enroulement de celui-ci	12
Gestion du stock de bobines	12
Liaisons	13
Liaison moteur / arbre principal	13
Liaison arbre principal / bâti bobineuse	13
Liaison arbre principal / bobine	13
Documents complémentaires	15

Présentation

WireWinding Inc. est une entreprise interne à l'Ecole Catholique des Arts et Métiers de Lyon. Huit étudiants composent l'équipe directive et opérative : Alexis Boudot, Eliot Burian, Guilhem Chenavier, Romain Godinot, Auguste Leycure, Paul Mollaret, Eva Rey et Louan Velay, tous étudiants en ECAM 3^{ème} année cursus Arts et Métiers.

La fondation ECAM de Lyon, au travers de son commanditaire M. ERNESTO, a lancé un appel d'offres pour concevoir et fabriquer une bobineuse. La bobineuse est une machine qui enroule du polymère autour de bobines de type Polymaker. La bobineuse devra fonctionner en complément de l'extrudeuse réalisé à la suite d'un précédent appel d'offre de la fondation. La Bobineuse viendra ainsi compléter l'équipement du fablab de l'ECAM Lyon.

Nous sommes au cours de cette année en concurrence avec d'autres entreprises, également composées d'étudiants, autour du même appel d'offres. Dont l'objectif principal est de permettre au Fablab de l'ECAM Lyon de produire ses propres bobines de fil PLA. Ce dernier contient, par ailleurs, une extrudeuse assurant l'obtention d'un fil à partir de granulés. Il s'agit donc désormais de stocker correctement le fil en sortie d'extrudeuse sous une forme favorisant l'utilisation de l'imprimante 3D. L'utilisateur aura donc des bobines prêtes à l'emploi, permettant un gain de temps quotidien précieux au bon roulement du Fablab et de ses utilisateurs. Ce mécanisme sera donc unique et l'ECAM Lyon en aura l'exclusivité.



Wire Winding Inc. a donc développé une enrouleuse de fil destinée à l'utilisation d'imprimantes 3D.

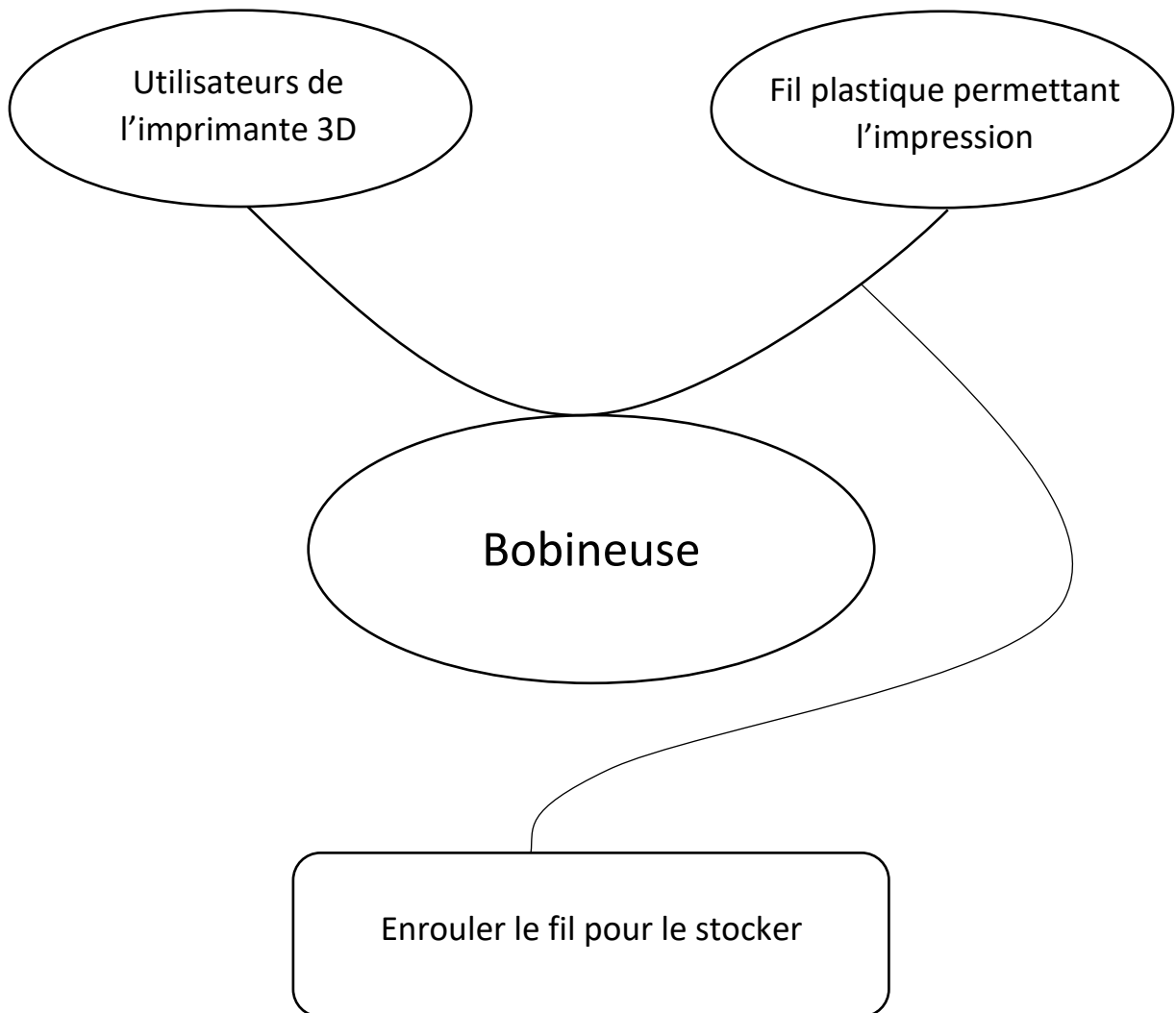
Le dispositif est conçu par et pour des étudiants. Nous avons donc pris en compte l'aspect fonctionnel certes mais également éducatif. La machine est simple d'utilisation et donc facilement accessible. De plus, le mécanisme est conçu de manière à pouvoir être transporté, dans une classe, un laboratoire etc. Le design moderne et minimaliste du Fablab et de l'espace coworking mitoyen a bien-sûr imposé un design simple et épuré.



Cahier des charges marketing

- Quoi ?
 - De quel besoin s'agit-il ?
Enrouleuse de fil
- Qui ?
 - Quelles sont les personnes concernées par ce besoin ?
Utilisateurs du Fablab voulant imprimer en 3d
- Où ?
 - A quels endroits ?
Fablab ECAM Lyon
 - Dans quelles conditions ce besoin est ressenti ?
En sortie de l'extrudeuse
- Quand ?
 - A quels moments ?
Avant utilisation de l'imprimante 3d
 - A quelle époque est exprimé ce besoin ?
2015-2020 ECAM 3
- Comment ?
 - Sous quelles formes ?
Fil plastique
 - Dans quel cas est ressenti le besoin ?
Stockage du fil plastique
- Pourquoi ?
 - Quelles sont les raisons qui ont fait apparaitre ce besoin ?
Stockage du fil permettant l'utilisation de l'extrudeuse de manière indépendante (vis-à-vis de l'imprimante 3d)
- Combien ?
 - Combien de personnes sont concernées par ce besoin ?
Chaque utilisateur de l'imprimante

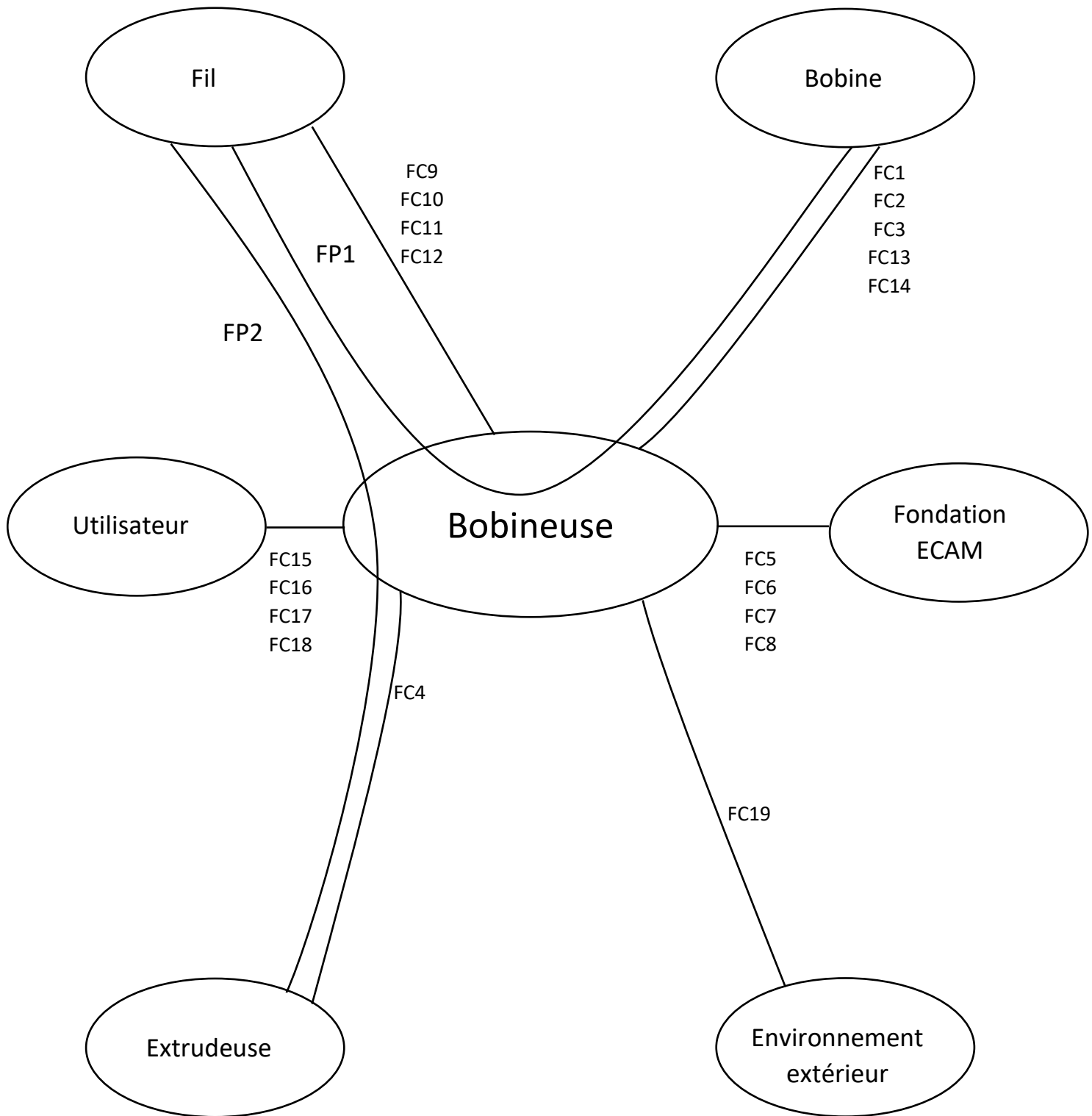
Diagramme bête à cornes



Cahier des charges fonctionnel

Fonction	Désignation	Critère	Niveau	Flexibilité	Commentaire
FP1	Enrouler régulièrement le fil	Décalage max du fil	Diam du fil	0	Le fil doit être amené sur la bobine par une gouttière permettant de le répartir uniformément.
FC1	S'arrêter automatiquement	Intensité max		0	En cas de bourrage ou de blocage de la bobine, la bobineuse doit se mettre hors tension quand l'intensité dans le circuit monte brutalement.
FC2	Faire tourner la bobine à vitesse constante	Vitesse en rotation	1,4 tr/min - 4,8 tr/min	0	L'enroulement du fil doit être réalisé à une vitesse constante et adaptée à la vitesse de sortie de fil fixée par l'extrudeuse.
		Adaptabilité de la vitesse		0	La vitesse d'enroulement du fil doit pouvoir s'adapter au rayon d'enroulement du fil sur la bobine
FC3	Détecter une bobine pleine	Hauteur max	11cm	0	La bobineuse doit comporter un capteur permettant l'arrêt en cas de bobine pleine.
FP2	Assembler l'extrudeuse et la bobineuse	Temps de mise en place max	10 s	2	La bobineuse doit pouvoir s'assembler rapidement à l'extrudeuse existante.
		Facilité	Sans outil	2	L'assemblage extrudeuse/bobineuse doit pouvoir se faire sans outil.
		Jeu max	5 mm	2	L'assemblage extrudeuse/bobineuse doit permettre la bonne transmission du fil d'une machine à l'autre.
FC4	Prévoir le surplus de fil dans l'extrudeuse	Longueur max de fil gaché	50 cm	2	
FC5	Respecter le budget	Prix max	750 euros	0	L'ECAM alloue un budget de 750 euros au projet.
FC6	Respecter le poids	Poids max	40 kg	0	La bobineuse doit être facile à transporter par deux personnes à des fins pédagogiques.
FC7	S'adapter à l'alimentation	Alim max	230 V	0	La bobineuse doit être alimentée par le secteur ou via un générateur de tension plus faible.
		Faible puissance		0	Les puissances mécaniques mises en jeu dans le système étant faibles, les puissances électriques requises doivent l'être aussi.
FC8	Respecter l'encombrement	Encombrement max	1000x1000x1000 mm	0	La bobineuse doit s'intégrer facilement dans le Fablab et passer les portes des salles de classe.
FC9	S'adapter au diam du fil	Diamètre max	2,85 mm	0	Les éléments de guidage du fil doivent pouvoir accueillir des fils de tout diamètre compris entre 2,85 et 1,75 mm.
		Diamètre min	1,75 mm	0	Les éléments de guidage du fil doivent pouvoir accueillir des fils de tout diamètre compris entre 2,85 et 1,75 mm.
FC10	Conserver le fil sous une forme maléable	Température	80°C	0	Le fil doit être à une température adaptée au bobinage pour être maléable sans être collant.
FC11	Fixer le fil à la bobine	Méthode de fixation	manuelle	0	En début d'enroulement, le fil doit être amené et fixé sur la bobine par l'utilisateur à l'aide d'une pince.
		Durée de fixation		0	L'axe de la bobine doit être accessible rapidement pour limiter le délai de changement.
FC12	Garder la tension du fil une fois qu'il est sectionné	Côté bobine	Maintenu par l'opérateur	1	
		Côté extrudeuse	Maintenu par la machine	1	
FC13	S'adapter aux différentes bobines	Diam axe bobine	Entre 50 et 60 mm	0	La bobineuse doit pouvoir accueillir des bobines de tailles différentes sans modifications préalables.
		Crantage max	5	0	
		largeur de la bobine	entre 50 et 65 mm	0	La bobineuse doit pouvoir s'adapter à différentes largeurs de bobine sans modifications préalables.
FC14	Prévoir le stockage des bobines	Zone de tri des bobines selon Ø	dans l'encombrement machine	0	Les bobines pleines et les bobines vides doivent être stockées directement sur la bobineuse.
		Zone de stockage bobines vides	dans l'encombrement machine	0	Les bobines pleines et les bobines vides doivent être stockées directement sur la bobineuse.
FC15	Manipuler les bobines facilement	Temps de mise en place max	30 s	1	L'accès à l'axe de rotation de la bobine doit être adapté à un changement de bobine rapide.
		Outils	2 clés	1	Le changement de bobine doit être possible avec un outillage basique et réduit.
FC16	Avoir une visée pédagogique				La bobineuse doit avoir une visée pédagogique de manière à ce qu'elle puisse être utilisée dans le cadre de cours.
FC17	Être compréhensible par tous	Nb d'indications min	2	2	La bobineuse doit présenter des indications claires et être utilisable par un utilisateur peu expérimenté.
FC18	Etre transportable	Nb de poignées	4	1	La bobineuse doit être transportable par deux personnes ou plus à l'aide de poignées.
		Largeur encadrement max	90 cm	1	La bobineuse doit pouvoir passer les portes des salles de cours.
		Nb Roues	4	1	La bobineuse doit pouvoir rouler sur des surfaces planes pour faciliter son transport.
		Nb de personnes	2	1	La bobineuse doit pouvoir être transportée par deux personnes ou plus.
		Nb de freins	4	1	Les roues doivent comporter des freins pour que la bobineuse ne tombe pas durant les démonstrations.
FC19	Résister à l'environnement extérieur	UV	24 h consécutives	1	La bobineuse doit présenter un couvercle assurant le fonctionnement dans des conditions météorologiques variées.
		Pluie	24 h consécutives pluie modérée	1	La bobineuse doit pouvoir fonctionner sous une pluie modérée pendant 24h
		Température	10 - 30°C	1	La bobineuse doit pouvoir fonctionner à une température extérieure allant de 10 à 30 °C

Diagramme Pieuvre



Etat de l'art

Afin de répondre au mieux aux attentes du commanditaire de l'appel d'offre nous avons fait une étude de l'existence des bobineuses dans le monde industriel. Ces bobineuses ou les enrouleuses reposant sur les mêmes besoins sont très présentes dans le monde industriel notamment pour la mise en forme de produits finis de type rouleau de papiers ou de bobines de fil métallique. Nous nous sommes par la suite concentrés sur l'étude des bobineuses de fils métallique plus adaptées à l'utilisation recherchée par le commanditaire de l'appel d'offre.



Les systèmes étudiés étant destinés à une utilisation industrielle ils ne sont pas adaptés en terme de prix et de dimension à l'appel d'offre envoyé par la fondation Ecam Lyon. Cependant l'étude de ses systèmes nous a permis d'imaginer plusieurs solutions permettant le guidage du fil sur la bobine ainsi que son enroulement sur celle-ci. De même que la mise en rotation de la bobine qui a été réfléchi en accord avec le cahier des charges tout en conciderant les systèmes de mords presents dans l'industrie.

Le cahier des charges recommande une mise en place aisée et adaptable de la bobine sur la bobineuse. Le système de maintien de la bobine sur la bobineuse ne nous semble donc pas idéal. De plus un système comme celui présenté demande un enroulement et une mise en place parfaite afin de ne pas provoquer des vibrations au cours de l'enroulement.

De plus l'appel d'offre considère ici une bobineuse devant bobiner des fils de PTFE pour imprimante 3D en lien avec une extrudeuse existante. Le fil de PTFE étant sensible à la température il nous est important de contrôler sa température interne afin de proposer un enroulement idéal tout en ne déformant pas le fil obtenu en sortie d'extrudeuse. Ce critère de température n'est pas complété par les systèmes déjà présents dans le monde industriel.

Structure du système

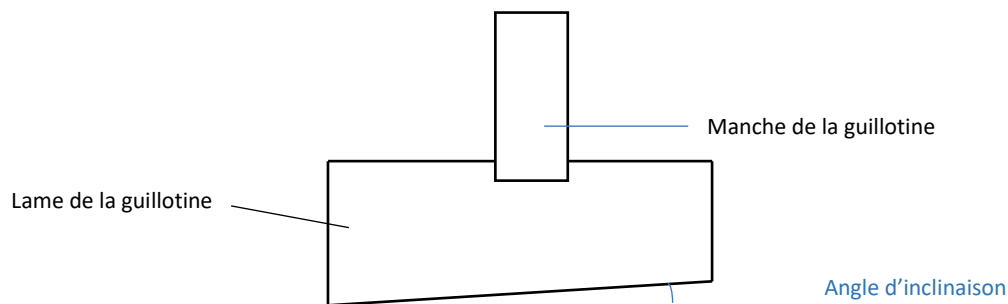
Sous ensemble

Découpe du fil

Une partie clé du processus de bobinage est la découpe du fil une fois la bobine remplie. Pour cela, nous avons installé en fin de système d'acheminement une guillotine à chapeau poussoir afin que l'utilisateur puisse découper le fil avant de remplacer la bobine.

Le processus de guillotine est ce qui nous a semblé le plus adapté à notre système. En effet, il permet d'avoir une coupe nette du fil en plus d'être toujours placé sur notre système.

Afin d'avoir une découpe parfaite, il fallait incliner la lame pour que l'incision ne se fasse pas de manière trop brutale. Seulement, une inclinaison trop forte engendrait une découpe seulement partielle du fil. Afin de trouver l'inclinaison parfaite (découpe propre et intégrale de notre fil de plastique) nous avons procédé à plusieurs tests en inclinant plus ou moins la lame. Il en résulte que l'inclinaison parfaite est de 6° ce qui a été choisi pour cette guillotine.



La guillotine est composée (cf. dessin technique) :

- D'une lame en acier, matériau qui présente des propriétés de dureté élevée réduisant ainsi le plus possible l'usure de cette lame (2)
- D'un manche en acier (6)
- D'un chapeau poussoir en plastique, obtenu grâce à l'impression 3D. Nous voulions un chapeau le plus résistant possible à la fatigue, mais pouvant également être facilement customisable afin de répondre au critère de la compréhension de tous (5)
- D'un ressort, dont la raideur sera calculée par la suite, afin de remonter la lame une fois la découpe terminée (3)

Enfin notre guillotine étant un élément dangereux du système, elle est protégée par un ensemble en plexiglass tenu par des équerres (1)

La guillotine est actionnée par l'utilisateur. Il pousse la lame vers le bas puis la relâche. Elle revient ensuite à sa position initiale grâce à un ressort de compression. Ce ressort doit donc avoir une raideur permettant à la fois d'actionner la guillotine avec un effort minimal et de replacer cette dernière en haut de sa course en compensant son poids.

En supposant que la guillotine a une masse de 300g, on lui applique le principe fondamental de la statique quand l'utilisateur ne touche pas la guillotine.

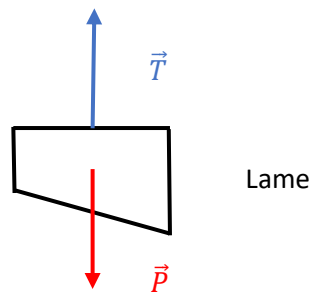
Bilan des forces :

- $\vec{P} = -mg \cdot \vec{e}_z$
- $\vec{T} = k(l - l_0) \cdot \vec{e}_z$

$$(l - l_0) = 3.10^{-2} m$$

$$m = 3.10^{-1} kg$$

$$g = 9,81 m \cdot s^{-2}$$



On veut donc :

$$k > \frac{mg}{(l - l_0)} \quad \text{Soit} \quad k > 0,981 N \cdot mm^{-1}$$

On choisira donc un ressort présentant une longueur à vide de 3 cm et une constante de raideur légèrement supérieure à 1 N.mm⁻¹

Distribution du fil

Afin d'avoir un enroulement idéal du fil sur la bobine il est important d'utiliser un système de distribution. Ce système de distribution devra déposer le fil sur toute la largeur de la bobine au cours de l'enroulement.

Le système d'acheminement du fil sera détaillé dans la prochaine partie mais il nous fallait concevoir un système permettant de positionner correctement le système d'acheminement afin d'assurer la distribution. Pour ce système plusieurs solutions se présentaient à nous. Nous avons choisi un système de distribution à demi-engrenages afin de satisfaire pleinement le caractère pédagogique demandé par le cahier des charges mais aussi pour des considérations de facilité de fabrication des demi-engrenages.

Afin de réduire le coût de construction de notre bobineuse et de faciliter son utilisation nous avons décidé d'utiliser le même moteur pour l'entraînement de la bobine et pour l'entraînement du système de distribution que nous cherchons à concevoir. Afin d'adapter la puissance de sortie du moteur à la distribution du fil il nous faut calculer le rapport de réduction nécessaire à la distribution. Pour cela on veut déterminer le nombre tours de la bobine par cycle de distribution. On considère ici qu'un demi-tour du distributeur correspond à une couche de fil remplissant la largeur de la bobine.

Données définies par le cahier des charges:

- Vitesse v de rotation de la bobine : $v=5$ tr/min
- Encadrement de l'épaisseur e du fil : $1,75 \text{ mm} < e < 2,8 \text{ mm}$
- Longueur l du fil : $l = 55 \text{ mm}$

$$\frac{l}{e} = \frac{55}{1,75} = 31,4 \text{ tours}$$

On a donc 60 tours de bobine par cycle de distribution. Le rapport de réduction nécessaire à une distribution optimale est donc $\frac{1}{60}$

Afin de réaliser ce rapport de réduction tout en déplaçant l'axe de translation du système de distribution de l'axe de rotation du moteur nous avons choisis une combinaison de réducteurs :

- Engrenage conique apportant réversibilité, renvoi d'angle et un rapport de réduction de $\frac{1}{2}$
- Demi-Engrenage apportant une rotation alternée, facilité de fabrication
- Poulie Courroie afin de faciliter la récupération de la puissance motrice ainsi que le décalage des axes de rotation et de distribution et enfin un rapport de réduction de $\frac{1}{5}$
- Système d'engrenage à denture droite pour une facilité de fabrication et un rapport de réduction de $\frac{1}{6}$

On obtient donc un rapport de réduction global de $\frac{1}{60}$.

On a donc choisi 3 systèmes de réduction différents mis bout à bout :

- Un système poulie-courroie dont le rapport de réduction sera réalisé par deux poulies de diamètre $d_1 = 50\text{mm}$ et $d_2 = 250\text{mm}$
- Un système d'engrenages droits respectivement : $d_{1d} = d_{2d} = 100\text{mm}$, $Z_{1d} = Z_{2d} = 50$;
 $d_{3d} = d_{4d} = 200\text{mm}$, $Z_{3d} = Z_{4d} = 100$
- Un système d'engrenages coniques $d_{1co} = 10\text{mm}$, $d_{2co} = 20\text{mm}$

Après avoir dimensionné le système de réduction il nous faut dimensionner le système de demi-engrenages afin que la distribution soit la plus précise possible.

Pour cela on considère deux demi-engrenages et un pignon ayant le même rayon. En fixant un encombrement de ce système de 400 mm on obtient un rayon de 100mm.

On a $d = m \cdot Z$ soit en fixant $m = 3$ on obtient $Z = 66,7$ dents.

Or, on veut des demi-engrenages, donc un peu moins de la moitié (on laisse une marge pour être sûr que les 2 n'engrènent pas en même temps) soit un nombre de dent $Z = 33$ dents.

Pour le pignon on choisira $Z = 66$ dents.

Acheminement du fil

Afin de pouvoir acheminer le fil de la sortie de l'extrudeuse jusqu'aux différents organes de la machine ainsi que pour assurer que le fil garde sa forme cylindrique, plusieurs solutions s'offraient à nous. Il existe des différences fondamentales suivant les solutions adoptées : nous pouvions soit décider de tirer le fil en sortie d'extrudeuse pour l'accompagner dans la suite de son acheminement, soit laisser la pression en sortie d'extrudeuse le pousser. Le flux serait donc piloté ou libre.

Pour des raisons de facilité de mise en œuvre et de coûts, nous avons décidé de partir sur un flux libre.

Notre système serait donc constitué d'une série de galets au profil en "U" afin de garder la géométrie du fil, ces galets seraient libres en rotation puisque posés sur roulements et métalliques pour éviter que le fil n'accroche à leur surface. Nous avons décidé de disposer 10 galets à la suite afin de laisser

au fil le temps de revenir à une température où il serait malléable mais ne s'effondrerait pas sur lui-même.

De plus cette configuration nous permettrait d'avoir un faible encombrement (de l'ordre de 150 mm) pour un coût relativement bas : 10 € pour les galets, 5 € pour les axes et 5 € pour le profilé en "U" sur lequel seront fixés les galets.

Gestion du stock de fil et gestion de la température d'enroulement de celui-ci

Pour un enroulement correct il est important que le fil soit enroulé sur la bobine à la même vitesse tout au long du remplissage de celle-ci. Cependant la vitesse de sortie du fil de l'extrudeuse est définie par l'opérateur qui agit sur la vitesse de rotation de la vis sans fin comprise dans l'extrudeuse et par empilement des couches de fil le rayon de dépose du fil sur la bobine est variable.

De plus afin de permettre un enroulement optimum du fil il faut que celui-ci appartienne à une plage de température précise afin de permettre un enroulement du fil sans déformation de celui-ci.

Ainsi nous recherchions un moyen de réguler la vitesse d'enroulement du fil et la température de celui-ci nous avons décidé de réaliser une zone tampon ou de stockage du fil avant enroulement. On bloquera ainsi le fil dans cette zone tampon en coupant le moteur d'enroulement jusqu'à que celle-ci soit pleine, on détectera le remplissage de la zone tampon avec un couple de détecteur à languettes. La température intérieure de cette zone tampon sera régulée par une résistance chauffante.

Il s'agit donc de dimensionner la zone tampon précédemment définie. Pour cela on considère le débit maximal de sortie du fil de l'extrudeuse de 15 mm/s. Le rayon d'empilement du fil est variable de 60 mm lorsque la bobine est vide jusqu'à 170 mm lorsque la bobine est pleine. Ce débit de sortie du fil impose donc une vitesse de rotation minimale de la bobine de 2,3 tours par minute .

Gestion du stock de bobines

Afin de remplir l'exigence concernant le stockage des bobines vides et pleines, on prévoit deux tiges cylindriques verticales : de rayon 20 mm inférieur au rayon intérieur minimal des bobines utilisées au sein de la fondation ECAM qui est de 50mm et de hauteur 20 cm (de manière à stocker 3 bobines sur chaque tige). En effet, le temps de remplissage d'une bobine est estimé à 3 heures et demie, sur une journée chargée on peut estimer que le temps d'utilisation de la machine est de 10h (8h-18h). Une capacité de stockage de trois bobines pour chaque tige est donc suffisante au roulement quotidien.

Ces deux tiges sont fixées de part et d'autre de la bobineuse sur le même plateau que cette dernière afin d'être stables et solidaires de la machine.

Ces zones permettent un fonctionnement continu de la bobineuse et très peu de chronophage pour l'utilisateur.

Une fois que la zone de stockage des bobines pleines est remplie en fin de cycle, l'utilisateur pourra transférer les bobines vers une armoire ou autre lieu de stockage à long terme. Le processus inverse est réalisé pour les bobines vides qui doivent être prêtes en début de cycle.

Liaisons

Liaison moteur/ arbre principal

Le cahier des charges impose une alimentation électrique de 12v et de faible puissance ainsi qu'une vitesse de rotation de l'arbre principal (arbre d'enroulement) comprise entre 1,4 et 4,8 tours par minutes.

Au regard des besoins de la bobineuse nous recherchions un moteur à courant continu fonctionnant avec une alimentation 12v. Après étude des moteurs à courants continus présents dans le commerce notre choix s'est porté sur un moteur associé à un motoréducteur offrant une vitesse de rotation de sortie 2,5 tours par min pour un prix contenu en dessous de 50€.

Il nous fallait donc effectuer une liaison encastrement entre l'arbre de sortie du motoréducteur considéré ci-dessus et l'arbre d'entraînement de la bobine. Pour cela nous avons choisi de réaliser cette liaison par un montage clavetté.

Liaison arbre principal / bâti de la bobineuse

Afin de réaliser la liaison pivot entre l'arbre principal et le bâti de la bobineuse nous avons choisi ; aux vues des efforts présent dans notre système, d'utiliser des blocs de palier à semelle pour un prix inférieur à 20 €

Liaison arbre principal/ bobine

Comme précisé auparavant le cahier des charges établi à la réception de l'appel d'offre demandait une mise en place aisée et adaptable de la bobine sur son arbre d'entraînement. De plus pour un souci de disponibilité de l'opérateur, la bobineuse devait pouvoir entraîner plusieurs bobines en même temps. Ainsi le système de mors évoqué lors de l'étude des bobineuse présentes dans le monde industriel nous a semblé peu adapté au fait de devoir supporter une ou plusieurs bobines sans changement du système de mors suivant le nombre de bobines à entraîner.

Nous avons donc cherché un système d'entraînement permettant une utilisation ne dépendant pas du nombre de bobines à enrouler. Il nous fallait donc un système compact, facile à mettre en place et surtout pouvant s'adapter à tout type de bobine.

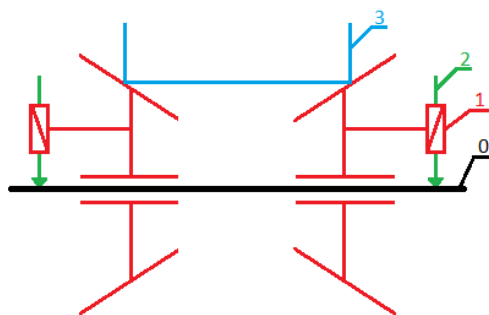
En effet lors de la création du cahier des charges il a été relevé un diamètre d'axe de bobine allant de 50mm à 60mm et une largeur de bobines allant de 50mm à 65mm.

Pour cela nous avons décidé de créer une pièce réalisant une liaison pivot glissant avec l'arbre lors de la mise en place des bobines mais assurant une liaison encastrement avec l'arbre pendant

l'utilisation de la bobineuse. De plus cette pièce doit être adaptable à tous types de bobines ayant un diamètre intérieur compris entre 50mm et 60mm.

De plus en cas de dysfonctionnement en plus du système de sécurité notamment en cas de trop forte tension du fil prévu par le cahier des charges la bobine doit pouvoir ne pas être entraînée par l'arbre. Pour cela la bobine devra avoir une liaison pivot glissant, dont on contrôlera le couple de frottement, avec la pièce à concevoir.

Pour toutes les obligations citées auparavant nous avons imaginé une pièce devant respecter le schéma cinématique suivant :



0 : arbre entraînement bobine

1 : pièce à concevoir

2 : vis de pression identique à droite et à gauche

3 : Bobine diamètre compris entre (à et -à mm par le cahier des charges

En accord avec ce schéma cinématique nous avons conçu une pièce de forme conique en liaison glissière avec l'arbre d'entraînement lors de la mise en place des bobines et en liaison encastrement lors de l'utilisation à l'aide d'une vis de pression.

L'angle de la forme conique de cette pièce a été conçu de manière à avoir une compacité maximale tout en contrôlant le coefficient de frottement entre cette pièce et la bobine afin de respecter les conditions de sécurité évoquées auparavant.

Ainsi il y aura glissement de la bobine sur la pièce évoquée dans cette partie lorsque le couple d'entraînement entre la bobine et la pièce dépassera une valeur maximale appelée C_{max} tel que :

$$C_{max} = F_{serrage} * \cos(\alpha) * R * f$$

Avec α l'angle formé par la partie conique de la pièce, f le coefficient de frottement entre la pièce et la bobine, R le rayon intérieur de la bobine et $F_{serrage}$ l'effort appliqué lors de la mise en place de la bobine sur le couple de pièce conçue.

Documents complémentaires