

RÉPONSE D'APPEL D'OFFRE PROJET EN CONTINU **LA BOBINEUSE**



Karim MEGUENNI-TANI
Antoine ROZÉ-NIEF
Alexis VELARDO
Benjamin MERLIN
Héloïse VACHERET
Ilian CHERGUI
Kenny TRAN
Laura TROUILLER
Romain ROUSSEAU

2019-2020

Introduction

L'apparition d'un FabLab au sein de l'ECAM a permis aux étudiants de développer de nouveaux projets, notamment en lien avec l'impression 3D. En effet, au cours de l'année 2018-2019, les étudiants ont travaillé sur le projet d'une extrudeuse ; les besoins en fil pour l'impression 3D se multipliant avec l'utilisation de plus en plus fréquente de la machine, cela permettait d'avoir une source directement au sein de l'école.

Afin de faire suite à ce projet d'extrudeuse, nous avons, cette année, travaillé sur une bobineuse. En effet, une fois le fil sorti de l'extrudeuse, il fallait trouver un moyen de le stocker. Le projet se décomposait en différentes étapes ; récupérer le fil sorti de l'extrudeuse, l'enrouler de manière homogène sur la bobine vide puis le découper une fois la bobine pleine.

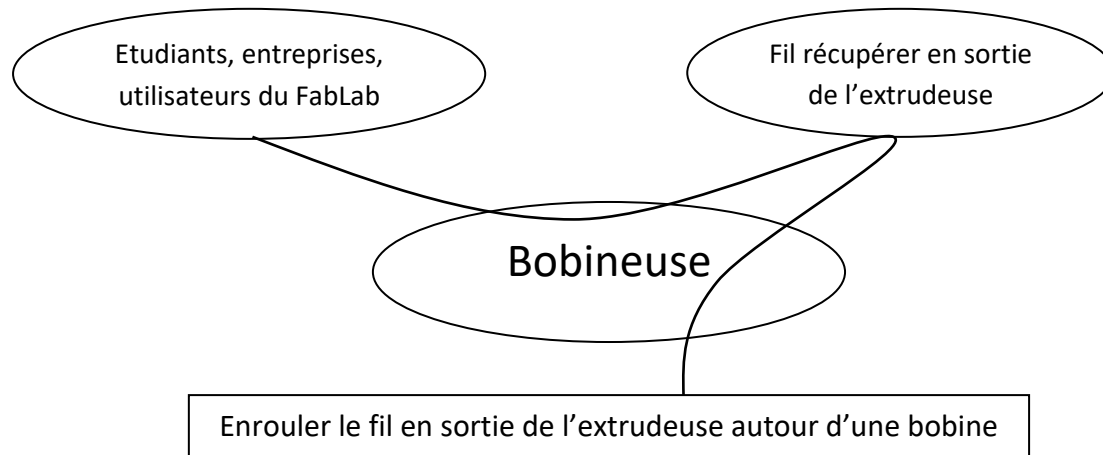
Certaines contraintes, autant techniques que financières nous étaient imposées. Limités par un budget maximal de 750 euros, nous devons créer nos pièces avec les moyens disponibles, notamment grâce aux machines accessibles au FabLab de l'ECAM. Notre bobine devait être capable de s'adapter à différentes bobines (en termes de diamètre et de largeur) mais également à différents diamètres de fil. Cette machine sera ensuite placée au sein du FabLab, et pourra être utilisée par les étudiants, les professeurs, les chercheurs ou les personnes extérieures.

Sommaire

Introduction.....	2
Sommaire	3
Présentation du système.....	4
Diagramme Bête à Corne	4
QOQC-PC	4
Fonctions	5
Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF).....	6
Sous-ensemble : Découpe du fil.....	9
Dimensionnement	9
Justifications des choix	9
Schéma cinématique	10
Sous-ensemble : Adaptation à différents diamètres de bobine	11
Dimensionnement	11
Justifications des choix	11
Schéma cinématique	12
Sous-ensemble : Guider le fil.....	13
Dimensionnement	13
Justifications des choix	14
Schéma cinématique	14
Sous-ensemble : Motorisation	15
Dimensionnement	15
Justifications des choix	17
Schéma cinématique	19
Conclusion	20
Bibliographie.....	21

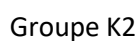
Présentation du système

Diagramme Bête à Corne



QOQC-PC

- **Quoi ? De quel besoin s'agit-il ?**
Enrouler le fil en sortie de l'extrudeuse
- **Qui ? Quelles sont les personnes concernées par ce besoin ?**
La fondation ECAM, les étudiants, les professeurs, les entreprises, les utilisateurs du FabLab.
- **Où ? A quels endroits ? Dans quelles conditions ce besoin est-il ressenti ?**
Au niveau du FabLab, dans une salle de classe, dans une salle d'exposition, lors d'un salon. Le besoin est ressenti lorsque l'extrudeuse produit du fil et qu'il faut le récupérer et le stocker.
- **Quand ? A quels moments ? A quelle époque est exprimé ce besoin ?**
Ce besoin est exprimé dès aujourd'hui, à chaque fois que l'extrudeuse est utilisée.
- **Comment ? Sous quelles formes ? Dans quels cas ce besoin est-il ressenti ?**
Le fil sera entouré autour d'une bobine. Ce besoin est ressenti lorsqu'il faut stocker une quantité importante de fil.
- **Pourquoi ? Quelles sont les raisons qui font apparaître ce besoin ?**
Sans la bobineuse, il est impossible de récupérer le fil dans le but de l'utiliser. Cela permettrait de limiter le gaspillage de matériaux plastiques, et de réutiliser des chutes de fil. Ces besoins sont d'autant plus importants que l'impression 3D se multiplie dans de nombreux secteurs.
- **Combien ? Combien de personnes sont concernées par ce besoin ?**
L'ensemble des étudiants de l'ECAM, ainsi que les professeurs, les entreprises extérieures. Soit un peu plus de 2000 personnes.



Cahier des Charges Fonctionnel (CdCF)

Fonctions techniques

N°	Désignation	Critère	Niveau	Flexibilité
FP1	Enrouler le fil			0
FC2	Supporter le poids de la bobine (chargée au max)	kg	1,5	0
FC3	Guider le fil lors de l'enroulement			0
FC4	Respecter la vitesse d'enroulement du fil	m/s		0
FC5	S'adapter à différents diamètres de bobines	mm	55 /	
FC6	S'adapter à différents diamètres de fil	mm	1,75 / 2,85	1
FC7	Récupérer le fil de l'extrudeuse			0
FC8	Bloquer le fil pour le début de l'enroulement			2
FC9	Optimiser l'enroulement de la bobine			2
FC10	Bloquer en translation la bobine			1
FC11	Etre adaptable au châssis de l'extrudeuse			2
FC12	Détecter que la bobine est pleine			0
FC13	Refroidir le fil en sortie d'extrudeuse			2
FC14	Maintenir le fil en place sur la bobine			0
FC15	Couper le fil			2
FC16	Assurer la rotation de l'axe de la bobine			0
FC17	Lier la bobine avec l'axe rotatif			0
FC18	Prendre en compte l'inertie de l'extrudeuse après son arrêt	Temps (s)		1
FC19	Créer une bobine pleine à partir de deux échantillons de bobines			2
FC20	Bloquer en rotation la bobine			0

Adaptation à l'environnement

N°	Désignation	Critère	Niveau	Flexibilité
FC21	Etre facilement mobile	Nbr personnes	2	1
FC22	Etre immobilisé	N		0
FC23	Etre étanche	% Norme	40-70 IP 45	1
FC24	Laisser le système visible	% Opacité	0-10	2
FC25	Etre inclinable			1
FC26	Faciliter la compréhension du système	Compréhensibilité	Niveau lycée	2
FC27	Etre compatible avec le réseau d'alimentation	V	12	0

Ergonomie

N°	Désignation	Critère	Niveau	Flexibilité
FC28	Etre esthétique			2
FC29	Etre silencieux	Décibel	60	2
FC30	Faciliter le montage et le démontage de la machine	Temps (min) Nombre d'outils	60 ± 20 3 ± 1	1
FC31	Faciliter le changement de bobine	Temps (s)	60 ± 30	1
FC32	Ne pas être encombrant (Portes, encombrements)	Dimensions (cm)	100x100x100	0
F33	Stocker les bobines pleines	Nombre de bobines Dimensions (cm)	4 20x20x24 ± 2	1
FC34	Avoir un stock de bobines vides	Nombre de bobines Dimensions (cm)	4 20x20x24 ± 2	1
FC35	Ne pas être trop lourd	kg	40	0

Santé et sécurité

N°	Désignation	Critère	Niveau	Flexibilité
FC36	Etre isolé électriquement	Norme	NF EN 60598-2-8	0
FC37	Avoir une protection thermique	° de fusion	Min 120	0
FC38	Protéger du risque incendie			0
FC39	Pouvoir arrêter le système instantanément	Temps (s)	2 ± 2	0
FC40	Protéger l'utilisateur du risque de coincement			0
FC41	Assurer la stabilité de la machine			0

Adaptation aux ressources

N°	Désignation	Critère	Niveau	Flexibilité
FC42	Respecter le budget	€	750	0
FC43	Isoler le fil de toute source de chaleur			0
FC44	S'adapter aux matériaux disponibles			0

sCommunication

N°	Désignation	Critère	Niveau	Flexibilité
F45	Signaler à l'utilisateur que la bobine est pleine	Décibel Lumens/Watts	80 80/100	2
FC46	Signaler à l'utilisateur l'état de la machine (Marche/Arrêt)	Décibel Lumens/Watts	80 80/100	2
F47	Signaler un problème	Décibel Lumens/Watts	80 80/100	1
F48	Signaler l'absence de fil	Décibel Lumens/Watts	80 80/100	2
F49	Signaler à l'utilisateur l'absence de bobine	Décibel Lumens/Watts	80 80/100	2

Environnement

N°	Désignation	Critère	Niveau	Flexibilité
FC50	Utiliser des matériaux recyclables			2
FC51	Etre peu énergivore			2
FC52	Recycler les pertes			2

Sous-ensemble : Découpe du fil

Dimensionnement

Calcul de la masse totale du système

- Masse volumique du matériau PLA (utilisé pour fabriquer la pièce) : $\rho_{PLA} = 1,25g \cdot cm^{-3}$
- Tête : Disque de diamètre 5cm et d'épaisseur 1cm. $\rightarrow V_{tête} = 2,5^2\pi = 19,63cm^3$
- Tige : Parallélépipède de base carré de 1cm de côté et de hauteur de 7cm. D'où $V_{tige} = 7 cm^3$

Masse d'une lame : $m_{lame} = 5 g$

D'où $m_{totale} = \rho_{PLA} \times (V_{tête} + V_{tige}) + m_{lame} = 38,29 g$.

Par sécurité, on part sur une masse totale de 60g.

Calcul de la force à appliquer

On souhaite déplacer une masse de 65g

$$F = mg = 60 \times 10^{-3} \times 9,81 = 0,5886 N$$

Il faut donc appliquer une force de 0,58N.

Calcul de la raideur du ressort

La différence de hauteur entre le système de découpe du fil et le fil lui-même est de 2cm.

$$F = k \times \Delta l$$

$$k = \frac{F}{\Delta l} = 0,029 N \cdot mm \text{ soit } 0,0029 daN \cdot mm$$

Justifications des choix

Système de découpe

Pour couper le fil, nous faisons ici appel à l'utilisateur. Cela ne semble pas trop être une contrainte ; en effet, le découpage du fil a lieu lorsqu'une bobine est pleine et qu'il la change. L'utilisateur est donc obligé d'être présent pour enlever la bobine pleine, la ranger, sortir et installer une nouvelle bobine vide. Faire appel à lui ne demande donc pas un effort.

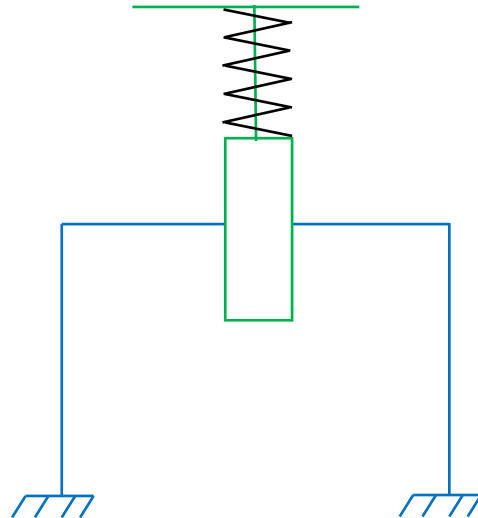
L'objectif reste cependant de limiter les gestes de l'utilisateur, et qu'il ne soit pas obligé d'intervenir avec des outils particuliers sur le système. Pour cela, nous avons choisi de mettre en place un fonctionnement qui ne demanderait à l'utilisateur qu'un appui sur une surface. C'est ainsi que nous avons choisi de mettre en place un système de type *guillotine* qui permettrait une découpe nette et précise du fil. En appuyant sur le socle, l'utilisateur abaissera le système contenant, à son extrémité, une lame de rasoir. Afin de permettre au système de retrouver sa position initiale, un ressort – dimensionné ci-dessus – est mis en place.

La lame de rasoir reste un objet très tranchant, peu encombrant et peu onéreux. C'est pour cela que cet outil nous a semblé être le plus adapté. En effet, le fil se découpe assez facilement, même à la main. La lame de rasoir serait donc suffisante pour découper le fil.

Système de guidage du fil

Cependant, afin de couper correctement le fil et de s'assurer de sa bonne position en dessous de la lame, nous avons décidé de mettre en place un système pour guider le fil. Cela évite à ce dernier de se tordre, et nous assure une position fixe de celui-ci. En effet, en le laissant aller sur un système creux au milieu, le fil suivra le chemin. A l'endroit de la découpe, nous avons prévu un creux en dessous afin que la lame n'abîme pas le support, mais également car cela permet au fil de se plier un peu, et donc d'assurer la facilité de la découpe. L'utilisateur n'a qu'une simple pression à effectuer.

Schéma cinématique



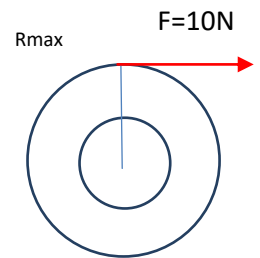
Sous-ensemble : Adaptation à différents diamètres de bobine

Dimensionnement

Ressort

Nous voulons pouvoir transmettre un couple : $C = F \times R_{max}$

$$C = 10 \times \frac{0.19}{2} = 0.95 \text{ Nm}$$



Nous cherchons l'effort normal que doit exercer la pince sur la bobine pour que la pince entraîne bien en rotation la bobine sachant qu'on utilise du caoutchouc pour faire le lien entre pince et bobine.

Coefficient de frottement du caoutchouc : $\mu = 0.40$

T : effort tangentiel = $F = 10\text{N}$

N : effort normal

$$\mu = \frac{T}{N}$$

$$N = \frac{T}{\mu} = \frac{10}{0.40} = 25\text{N}$$

Ensuite, nous cherchons le coefficient de raideur k du ressort de manière à ce qu'il puisse supporter l'effort normal N déterminé précédemment.

On a : $N = k \times x$ avec $x = 4 \text{ mm} = 0.004 \text{ m}$, déplacement nécessaire à l'arbre pour ouvrir ou fermer les pinces.

$$\text{D'où } k = \frac{N}{x} = 6250$$

Justifications des choix

Principe du système

Concernant la contrainte *s'adapter à différents diamètres de bobines*, nous avons choisi comme solution un système de pince avec ressort.

Ce système est simple : on referme la pince à la main d'un côté, puis on enfle la bobine de l'autre côté. On relâche la pince. La force de rappel du ressort dimensionné ci-dessus permet alors à la pince de s'ouvrir et d'être maintenue contre la bobine. En effet, les quatre bras de la pince sont revêtus de caoutchouc renfonçant ainsi l'adhérence de la pince sur la bobine.

Cette solution nous a paru être la meilleure car le changement de bobine peut se faire instantanément. Il n'y a pas de manipulation technique à réaliser, ni d'outils particuliers à utiliser.

Nombre de bras

Une fois le système trouvé, il nous a fallu chercher le nombre de bras qui correspondait le mieux aux exigences. Un nombre de bras pair serait privilégié, car cela permettrait d'avoir une certaine symétrie

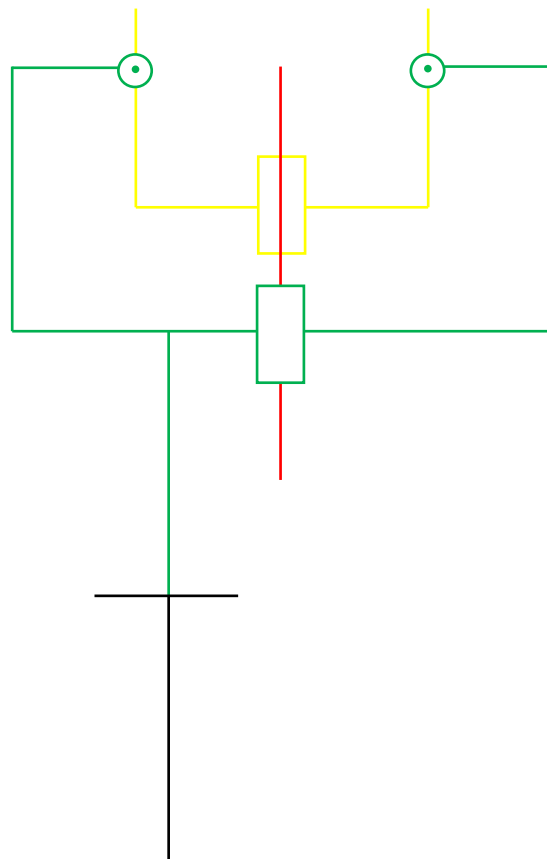
dans le système de maintien de la bobine, et pourrait ainsi partager au mieux les contraintes imposées.

L'utilisation de seulement deux bras nous paraissait trop insuffisante. En effet, les contraintes se situeraient à deux points, aux extrémités l'un de l'autre et ne permettrait pas un bon équilibre. Nous avons donc choisi de mettre en place un système avec quatre pinces. Six pinces nous semblaient être un nombre trop important ; trop encombrants et trop coûteux.

Différents diamètres possibles

Plusieurs types de bobines peuvent être utilisés pour enrouler et stocker le fil. D'après les échantillons que nous avons pu avoir, le diamètre minimum mesuré est de $d_{mini} = 52mm$. Par sécurité, on choisit $d_{mini} = 50mm$. D'autre part, le diamètre maximum mesuré est de $d_{max} = 55mm$. Par sécurité, on choisit $d_{max} = 56mm$. Le système doit donc pouvoir s'adapter à des diamètres compris entre 50 et 56mm.

Schéma cinématique



Sous-ensemble : Guider le fil

Dimensionnement

Rapport de réduction

On reprend les résultats théoriques de dimensionnement du moteur que voici :

- $N_{\min}=1.5$ tr/min (lorsque du fil est déjà présent sur la bobine ; c'est la plus petite vitesse)
- $N_{\max}=4.27$ tr/min (bobine à vide ; la plus grande vitesse)

Sans réduction de rapport supplémentaire, l'engrenage conique acheté nous donne un rapport de réduction de $\frac{1}{2}$. En sortie du système d'engrenage conique, on a alors une vitesse minimale de 0.75 tr/min.

On souhaite maintenant relier cette vitesse de rotation en une vitesse de translation : puisque l'entraxe de la bielle fait 46mm (proportionnel à la largeur de la bobine, ici elle est de 46mm), à chaque fois que la roue conique fait un demi-tour, le chariot se déplace de 46mm. En se basant sur la vitesse minimale de 0.75tr/min, le chariot met donc 40s pour faire un "aller" :

$$V_{c-\min} = 46\text{mm}/40\text{s} = 1.15\text{mm/s}$$

De la même manière, en prenant la vitesse maximale, nous obtenons :

$$V_{c-\max} = 4.26\text{mm/s}.$$

Cependant, ces vitesses étant trop élevées, le fil n'aura pas le temps d'être complètement enroulé sur la bobine. C'est pour cela que nous rajouterons un train d'engrenages pour grandement réduire la vitesse en sortie. En théorie (dans le cas du mode "extrudeuse"), pour que le fil fasse le tour complet de la bobine, il faut attendre entre 14s (bobine vide) et 40s (bobine chargée). De plus, pour recouvrir la surface cylindrique de la bobine il faudrait faire 26 tours ($\phi_{\text{fil}} = 1.75$ mm) ou 16 tours ($\phi_{\text{fil}} = 2.85\text{mm}$). Si on se place alors dans le cas du plus "gros" fil : Le temps mis pour mettre une seule "couche" de fil varie entre 224 secondes (14 secondes x 16 tours) et 640 secondes (40 secondes x 16 tours).

Par le calcul nous obtenons les vitesses de translation du chariot suivantes :

$$v_{\min} = 46\text{mm}/640\text{s} = 0.07 \text{ mm/s}$$

$$v_{\max} = 46\text{mm}/224\text{s} = 0.21 \text{ mm/s}$$

On en déduit alors le rapport de réduction du train d'engrenages :

$$r_1 = 0.061$$

$$r_2 = 0.05$$

Nous choisissons r_1 car il permettra de répondre à nos exigences de vitesse d'enroulement sans "trop" diminuer cette vitesse. Pour des raisons de praticité, nous choisissons de mettre 2 engrenages droits en série ayant chacun un rapport de réduction de 0.25.

Justifications des choix

Principe du sous-ensemble

Lorsque le fil s'enroule sur la bobine, si celle-ci ne se "translate" pas selon l'axe du moteur, l'enroulement du fil ne sera pas uniforme ; en effet, le fil ne s'enroulera que sur une partie de la bobine, et celle-ci ne sera pas utilisable par la suite. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire de trouver une solution pour palier à ce problème. La solution que l'on a retenue est la suivante: à l'aide d'un engrenage conique et d'un chariot, nous transformons le mouvement de rotation en sortie du moteur en une translation dont l'axe est parallèle à celui de la bobine.

Plateau

Encastré avec le chariot, ce plateau réalise la liaison entre la bielle et le "canal" du fil. Il est mu d'un mouvement de translation grâce au chariot qui se déplace horizontalement. L'amplitude maximale de son mouvement dépend de la largeur de la bobine ; pour la bobine la moins large, le plateau se déplace de 46mm.

Bielle avec excentrique

Cette bielle sert à transformer la rotation de la roue conique en une translation du chariot. Elle possède plusieurs percages afin d'ajuster l'amplitude du mouvement du chariot.

Vilebrequin

La roue étant achetée, il nous fallait une pièce intermédiaire entre la bielle et la roue pour pouvoir transmettre le mouvement. La roue conique sera pincée à l'aide d'un écrou. L'ensemble Vilebrequin + roue sera supporté à l'aide d'une pièce "support" qui sera elle-même fixée au bâti.

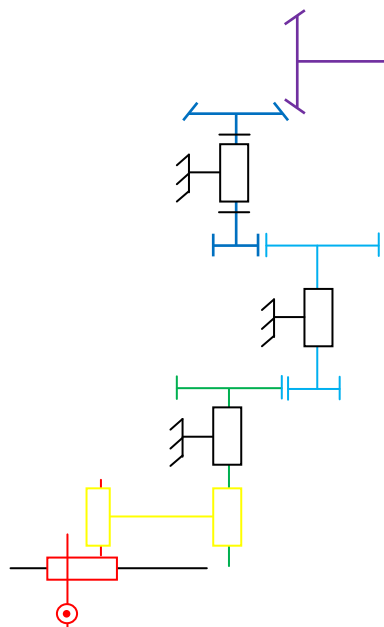
Engrenage conique

L'engrenage conique utilisé à pour but de transmettre le mouvement perpendiculairement à l'arbre moteur.

Chariot de guidage linéaire

Enfin, le chariot de guidage linéaire permet la réalisation de la liaison glissière.

Schéma cinématique



Sous-ensemble : Motorisation

Dimensionnement

Calcul des vitesses de rotation critiques

Il existe différents types de bobines sur le marché, et chacune d'elles possède son propre diamètre intérieur et extérieur. Notre bobineuse devant s'adapter à la plupart des bobines, nous en avons trois en notre possession ce qui nous a permis d'obtenir, après calculs, les cas les plus défavorables pour la vitesse de rotation minimum et maximum.

- Diamètre minimum des 3 bobines : $D_{\min} = 6,8 \text{ cm}$
- Périmètre minimum des 3 bobines : $P_{\min} = D_{\min} \times \pi = 6,8 \cdot \pi = 21,36 \text{ cm}$

Pour une vitesse de rotation V_{rot} de 1 tr/min, le fil est enroulé à la vitesse de $21,36 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$.

- Diamètre maximum des 3 bobines : $D_{\max} = 19 \text{ cm}$
- Périmètre maximum des 3 bobines : $P_{\max} = D_{\max} \times \pi = 19\pi \approx 60 \text{ cm}$

Pour une vitesse de rotation V_{Rot} de 1 tr/min, le fil est enroulé à la vitesse de $60 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$.

Notre bobineuse doit répondre à deux exigences qui rentrent en compte pour calculer les vitesses de rotation :

- Le cas "extrudeuse" où la bobineuse doit enrouler le fil qui sort directement de l'extrudeuse.
- Le cas "enroulage" où la bobineuse doit dérouler les quelques mètres de fils restants sur une autre bobine, qui ne sont pas assez suffisants pour lancer une autre impression 3D.

Chaque cas sera traité indépendamment de façon à déterminer les vitesses de rotations critiques.

→ **Cas extrudeuse**

D'après le cahier des charges, la vitesse de sortie du fil de l'extrudeuse est de $15 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, soit $90 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$, donc $V_{\text{SortExtru}} = 90 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$.

- La vitesse de rotation de la bobine est maximale lorsque son périmètre est minimal. Soit V_{BobMaxE} cette vitesse alors :

$$V_{\text{BobMaxExtru}} = \frac{V_{\text{SortExtru}} \cdot V_{\text{Rot}}}{P_{\text{érim}}_{\text{Min}}} = \frac{90 \cdot 1}{21,36} = 4,21 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

- La vitesse de rotation de la bobine est minimale lorsque son périmètre est maximal. Soit $V_{\text{BobMinExtru}}$ cette vitesse alors :

$$V_{\text{BobMinExtru}} = \frac{V_{\text{SortExtru}} \cdot V_{\text{Rot}}}{P_{\text{érim}}_{\text{Max}}} = \frac{90 \cdot 1}{60} = 1,5 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

→ **Cas enroulage**

De manière arbitraire, nous avons estimé que la longueur moyenne L de fil restante sur une bobine était de 15m.

En fixant une vitesse de consigne d'enroulage V_{Cons} de $20\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Le temps t d'enroulage est de :

$$t = \frac{L}{V_{Cons}} = \frac{1500}{20} = 75 \text{ s}$$

Le temps d'enroulage nous semble correct tout en gardant une vitesse raisonnable, donc la suite des calculs se basera sur :

$$V_{Cons} = 20 \text{ cm/s} = 1200 \text{ cm}\cdot\text{min}^{-1}$$

- La vitesse de rotation de la bobine est maximale lorsque son périmètre est minimal. Soit $V_{BobMaxEnrou}$ cette vitesse alors :

$$V_{BobMaxEnrou} = \frac{V_{Cons} \cdot V_{Rot}}{Péri_{Min}} = \frac{1200 \cdot 1}{21,36} = 56,2 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$$

- La vitesse de rotation de la bobine est minimale lorsque son périmètre est maximal. Soit $V_{BobMinEnrou}$ cette vitesse alors :

$$V_{BobMinEnrou} = \frac{V_{Cons} \cdot V_{Rot}}{Péri_{Max}} = \frac{1200 \cdot 1}{60} = 20 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$$

Grâce aux résultats trouvés précédemment, nous pouvons conclure. La vitesse minimum de rotation de la bobine est obtenue dans le cas extrudeuse avec :

$$V_{BobMinExtru} = 1,5 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$$

La vitesse maximum de rotation de la bobine est obtenue dans le cas enroulage avec :

$$V_{BobMaxEnrou} = 56,2 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$$

Calcul du couple

Nous avons estimé que la force F exercée sur la bobine dans le cas enroulage serait d'environ 10 N. Nous en avons déduit le couple max C_{Max} appliqué sur la bobine. Soit D la distance entre le point d'application de la force et le centre de la bobine. $C_{Max} = F \cdot D$

Donc, le couple est maximal lorsque D est maximal, soit lorsque le rayon est maximal. On a donc l'équation suivante :

$$C_{Max} = F \cdot \frac{Diam_{Max}}{2} = 10 \cdot \frac{0,19}{2} = 0,95 \text{ N.m}$$

Réponse d'appel d'offre projet en continu : La bobineuse

Calcul de la puissance demandée à la bobine

On note P_{maxBob} la puissance demandée à la bobine. D'où : $P_{\text{MaxBob}} = C_{\text{Max}} \cdot \omega_{\text{Max}}$, avec $\omega_{\text{Max}} = \frac{V_{\text{BobMaxEnrou}}}{3,6}$

On obtient donc :

$$P_{\text{MaxBob}} = 0,95 \cdot \frac{56,2}{30} \cdot \pi = 5,9 \text{ W}$$

Calcul de la puissance demandée au moteur

On note P_{maxMot} la puissance maximale demandée en sortie du moteur. On estime que le rendement total du système η vaut 0,5. En réalité, il est bien supérieur mais cela nous permet de nous assurer une certaine marge d'erreur.

$$P_{\text{maxMot}} = \frac{P_{\text{MaxBob}}}{\eta} = \frac{5,9}{0,5} \approx 11,8 \text{ W}$$

Par intuition, la puissance demandée au moteur nous semble assez faible, on a donc continué avec une puissance surdimensionnée de 100W car il s'agit d'un prototype.

Justifications des choix

Le cahier des charges imposait une tension d'alimentation de 12V, le choix de la motorisation s'est donc orienté vers un moteur à courant continu. La vitesse de rotation de la bobine devant être ajustée tout au long de l'enroulement du fil, le moteur à courant continu est un choix judicieux du fait qu'il faut simplement faire varier sa tension d'alimentation pour faire varier sa vitesse de rotation.

- Calcul des caractéristiques du moteur

Tension d'alimentation : $U = 12\text{V}$

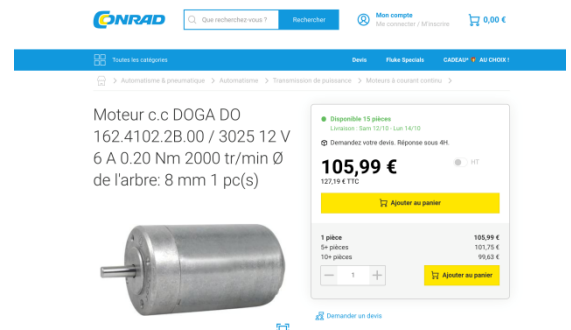
Puissance de sortie du moteur : $P_{\text{MaxMot}} = 100\text{W}$

On considère que le rendement du moteur est égal à 1 pour simplifier les calculs, donc la puissance mécanique en sortie P_{MaxMot} est égale à la puissance électrique en entrée P_{MotElec} .

Soit I l'intensité du moteur.

$$I = \frac{P_{\text{MotElec}}}{U} = \frac{P_{\text{MaxMot}}}{U} = \frac{100}{12} \approx 8 \text{ A}$$

Après des recherches sur internet, voici un modèle de moteur qui pourrait correspondre à notre besoin. L'ampérage est certes légèrement plus faible mais il reste convenable pour notre projet. Sa puissance est de $12 \cdot 6 = 72 \text{ W}$.



Choix de la démultiplication

L'un des inconvénients du moteur à courant continu est sa forte vitesse de rotation. Dans notre cas, la vitesse de rotation de la bobine est plus faible que la vitesse de rotation de l'arbre moteur. Il nous faut donc un réducteur.

→ Calcul du rapport de réduction

Soit V_{RotMot} la vitesse de rotation de l'arbre moteur. D'après les données ci-dessus, $V_{\text{RotMot}} = 2000$ tr/min. Soit r le rapport de réduction :

$$r = \frac{V_{\text{RotMot}}}{V_{\text{BobMaxEnrou}}} = \frac{2000}{56,2} \approx 35$$

→ Méthode de réduction

Le cahier des charges nous imposait un système de réduction ludique, car la bobineuse pourrait être exposée à un jeune public, de manière à ce qu'ils comprennent le fonctionnement. Plusieurs choix s'offrent à nous :

- Un train épicycloïdal. Cette solution peut être assez ludique car bien visuel mais elle est déjà utilisée pour l'extrudeuse.
- Un système poulies-courroie. De même, ce système est ludique mais il risque d'être trop volumineux. En effet, le cahier des charges impose un ensemble peu volumineux pour être facilement mobile.
- Un motoréducteur. Cette solution n'est pas ludique car pas du tout visuelle.
- Un système roue et vis sans fin. Ce dernier système est assez ludique, il nous permet d'obtenir un rapport de réduction très important et n'est pas encore utilisé dans d'autres endroits de la bobineuse ou de l'extrudeuse.

Au vu de ces propositions, notre choix s'est porté sur un système de roue et vis sans fin. Cependant, n'ayant pas trouvé un système avec un rapport de réduction de 35, nous nous sommes rabattus sur un système de rapport de réduction de 30, d'après les calculs, la vitesse maximum $V_{\text{BobMaxEnrou}}$ sera donc de :

$$V_{\text{BobMaxEnrou}} = \frac{V_{\text{RotMot}}}{r} = \frac{2000}{30} \approx 66,7 \text{ tr/min}$$

La vitesse de rotation maximum de la bobine se retrouve augmentée de 10 tours par minute, si cela est trop important il suffira de baisser légèrement la tension d'alimentation du moteur. Après avoir effectué des recherches sur internet, voici un modèle de moteur qui pourrait correspondre à notre besoin.

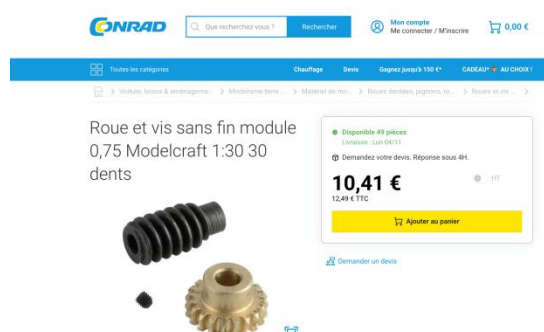
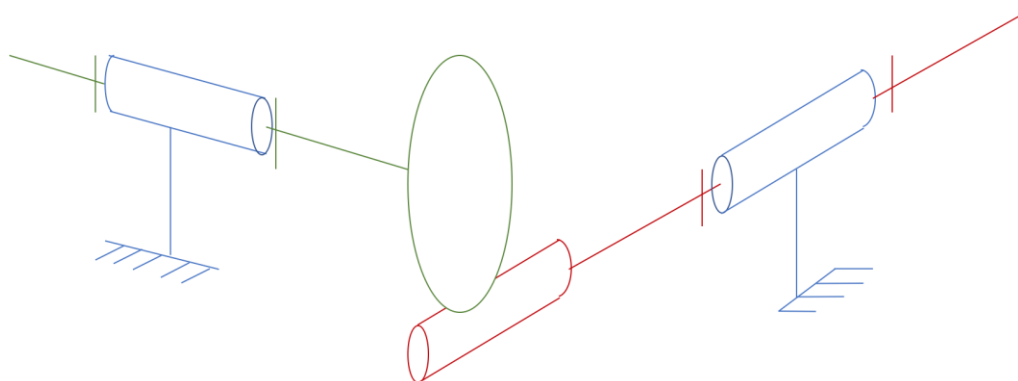


Schéma cinématique



Conclusion

Ce projet, qui s'est déroulé sur plusieurs semaines, a été particulièrement enrichissant pour chacun de nous. Si nous avions tous l'habitude de faire des travaux de groupes, cela s'effectuaient, en général, à trois ou quatre personnes. Ce projet a pour nous été l'occasion de faire un travail avec beaucoup de personnes. Nous avons donc dû séparer les rôles, et partager les tâches équitablement.

Premier projet en école d'ingénieur, nous avons pu réaliser les difficultés que l'on peut rencontrer en commençant un projet à zéro. En effet, certaines contraintes nous étaient imposées, notamment en termes de budget, de volume et de fabrication. D'une part nous avions ces contraintes, et d'autres parts les attentes de l'entreprise. Il a fallu trouver les solutions qui permettaient de tout respecter.

En séparant en quatre sous-ensembles la bobineuse, nous avons donc cherché les meilleures possibilités et choisi les solutions qui nous semblaient les plus réalisables. La prochaine étape du projet pourra nous permettre, notamment en créant les pièces sur un logiciel de conception, de voir si les sous-ensembles se relient bien et si le système global est fonctionnel.

Bibliographie

- Calcul du dimensionnement d'un ressort : <https://cutt.ly/levxU6A>
- Données sur l'humidité : <https://cutt.ly/4evxLn6>
- Choix du moteur : <https://cutt.ly/zenFMho>
- Choix du système roue et vis sans fin : <https://cutt.ly/MenF1m1>
- Choix du dynamomètre : <https://cutt.ly/1eQ7MfO>
- Informations diverses : Guide du Dessinateur Industriel (GDI)