

BOBINAX

Réponse à l'appel d'offre : Bobineuse

Projet recyclage matériaux plastique ECAM Lyon : Bobineuse



Elisabeth MICHELIN – Alexandra GENIN – Elie BENOIT DE COIGNAC
Hugo WHELAN – Julien VALLON-BERGER – Léo GUILLET – Paul VITAL-DURAND
Albéric THEVENIN

Année 2019-2020
Groupe K1

Sommaire

Table des matières

Contexte :	2
Introduction :	2
Cahier des charges fonctionnel	3
Dimensionnement du moteur et du réducteur	4
Dimensionnement du moteur	4
Dimensionnement du réducteur	5
Sous-ensemble : Potence + axe de rotation	6
Sous- ensemble : Système de guidage du fil	10
Les différents systèmes envisagés :	10
Calcul du rapport de réduction totale nécessaire du système de guidage du fil :	11
Fonctionnement du système :	12
Fabrication des pièces :	12
Sous-ensemble : guidage du fil et adaptation de la vitesse de rotation du moteur par rapport à la quantité de fil sur la bobine	15
Adaptation de la vitesse de rotation du moteur :	15
Fonction de guidage du fil :	16
Fonction d'arrêt automatique de la bobine pleine :	16
Conception du système :	17
Usinage du support potentiomètre :	17
Annexes	19

Contexte :

Dans le cadre d'un projet de recyclage des matières plastiques à l'ECAM Lyon (école d'ingénieurs) notre entreprise a répondu à l'appel d'offre de Mr. ERNESTO, enseignant-chercheur, afin d'apporter des solutions à cette problématique environnementale.

En effet, l'école consomme énormément de matières plastiques dans le cadre de leurs activités. Or celles-ci pourraient être réutilisées, c'est pourquoi ils ont pensé à développer une extrudeuse, pour fabriquer leur propre fil imprimante 3D.

Dans le souci de pouvoir stocker et réutiliser le fil qu'ils produisent, l'ECAM Lyon nous a demandé de concevoir et développer une bobineuse susceptible d'effectuer cette tâche.

Introduction :

Notre entreprise, constituée de 9 étudiants en première année du cycle ingénieur à l'ECAM Lyon s'est organisée pour répondre à la demande de l'école.

En effet, l'ECAM souhaite produire son propre fil d'imprimante 3D pour réduire les coûts d'impression et recycler ses déchets plastiques. Ceci permettra de rendre plus accessible l'impression 3D aux étudiants et enseignants de l'ECAM.

Pour cela, notre bobineuse est placée à la sortie de l'extrudeuse afin d'enrouler directement le fil produit sur une bobine. Une fois pleine, elle sera stockée sur un support prévu à cet effet.

Par ailleurs, notre bobineuse sera capable de s'adapter à deux bobines et deux fils de diamètres différents : bobines (5,2/5,5cm), fils (1,75/2,85mm).

Nous avons ainsi pensé à une bobineuse de forme compacte afin de faciliter son transport. En effet, cette bobineuse sera utilisée au Fablab, dans les différentes salles de classe, et pourra être exposée lors de forum ou de journées portes ouvertes. Par conséquent, elle devra être protégée des éventuelles conditions climatiques et perturbations extérieures (U.V, pluie, poussière...) mais aussi maniable et légère, afin de faciliter sa mobilité. Sa conception et sa réalisation ont aussi été orientée vers une volonté de faciliter l'utilisation et la compréhension du mécanisme afin qu'elle soit utilisable par le plus grand nombre.

Cahier des charges fonctionnel

No	Désignation	Critère	Niveau	Flexibilité	Commentaire
I					
FP1	Le fil doit être enroulé de manière uniforme				
FP1-1	La bobine doit avoir une vitesse d'enroulement constante			0	Débit de fil réglable de 0 à 15 mm/s ± 1 mm/s
FP1-2	La bobine doit être maintenue en position			0	jeu en rotation et en translation
FP1-3	La bobineuse doit être stable			1	
FP1-4	Le fil doit subir une tension inclus dans un certain intervalle			1	Le fil ne doit pas casser
FP1-5	La rotation de la bobine doit être "assurée"			0	
FP1-6	La bobineuse doit être adaptable/adaptée aux différents types de bobine			0	sans utilisation d'outils
FP1-7	La bobineuse doit être adaptable/adaptée aux différents types de fil			0	
FP1-8	La bobineuse doit avoir un unique sens de rotation			1	
FP1-9	La vitesse de rotation doit être modulée et adaptée			0	(réducteur)
FP1-10	La bobine doit fonctionner indépendamment de l'extrudeuse			0	
FP1-11	La bobineuse doit s'arrêter si le fil casse			1	
FP1-12	La bobineuse doit avoir un bouton d'arrêt d'urgence			0	
FP2	Assurer la fin de l'enroulage				
FP2-1	La bobineuse doit être équipée d'un système d'anti retour/ maintenir le fil lors de la coupe			2	
FP2-2	La bobine doit s'arrêter si elle est pleine			2	Présence d'un capteur mécanique
FP2-3	La bobineuse doit être dotée d'une commande manuelle afin d'enrouler la fin du fil (éventuellement en cas de panne)			2	
FP2-4	La bobineuse doit pouvoir communiquer lorsqu'elle est pleine			2	
FP2-5	La bobine doit pouvoir communiquer lorsqu'elle est à l'arrêt (ou en cas de problème)			1	
FP3	Montage démontage de la bobine				
FP3-1	La bobine doit être montable et démontable manuellement (sans outils)			0	
FP3-2	La bobineuse doit avoir un emplacement pour un pince permettant de couper le fil			2	
FP3-3	La bobineuse doit comporter deux emplacements permettant de stocker les bobines vides et pleines			2	
II	Transport				
FC1-1	La bobineuse doit être transportable			0	
FC1-2	La bobineuse ne doit pas excéder un certain poids	Poids max 40kg		0	
FC1-3	La bobineuse ne doit pas excéder certaines dimensions	Dim. Max 1m ³		0	
FC1-4	La bobineuse doit comporter des prises pour un transport sécurisé			1	
FC1-5	La bobineuse doit avoir un capot permettant de protéger l'ensemble du système			0	
FC1-6	Tous les éléments de la bobineuse doivent être solidaires			1	
FC1-7	La bobineuse doit être résistante à l'eau et à la poussière	IP-54		1	
III	Support pédagogique				
FC2-1	La bobineuse doit pouvoir être utilisée comme support pédagogique			2	
FC2-2	Certaines informations technique doivent être indiquées sur la machine			2	
FC2-3	Un maximum d'éléments doivent être visibles			2	
FC2-4	La bobineuse doit être sécurisée			0	
FC2-4-1	La bobineuse doit prévoir un capot pour protéger l'ensemble			0	
FC2-5	La bobineuse doit comporter deux emplacements pour stocker les bobines pleines et vides			2	
FC2-6	La bobineuse doit avoir des sigles de sécurité sur le capot			2	

Dimensionnement du moteur et du réducteur

Dimensionnement du moteur

Afin de remplir la fonction principale qui est de bobiner, la bobineuse a besoin d'un moteur adapté pour pouvoir réaliser la récupération complète du fil mais aussi avoir la possibilité d'ajouter une chute de fil à la main et ne pas rester bloquer pendant un long moment.

Ainsi nous avons cherché et dimensionné un moteur CC répondant au besoin à travers diverses hypothèses que nous avons posées au départ.

Tout d'abord, la première hypothèse que nous avons admise est que la plupart des moteurs ont un rendement de 50 à 70 %, le rendement qui nous semblait le plus logique à prendre fut un rendement de 60% pour avoir une moyenne.

Pour caractériser un moteur, nous avons besoin de son couple, de sa vitesse de rotation et de son alimentation. Le rendement est obtenu par la relation $\frac{\text{Puissance de sortie}}{\text{Puissance d'entrée}}$. Dans notre étude, quelques valeurs sont déjà données, comme la puissance de sortie par exemple. Une des instructions est que le couple de sortie, soit le couple de la bobine, puisse entraîner la traction d'un objet de 1kg.

Ainsi nous avons pu déterminer le couple de sortie : $C_s = F \times R = 10 \times \frac{0,17}{2} = 0,0875 \text{ N.m}$

Ensuite, nous avons posé une deuxième hypothèse. Sachant qu'un opérateur peut ajouter une chute de fil sur la bobine, il faut que la vitesse maximum de celle-ci soit assez élevée pour ne pas créer un inconvénient au niveau du temps. En effet la vitesse de sortie du fil de l'extrudeuse est d'environ 15 mm/s, ainsi lorsque l'utilisateur va vouloir bobiner une chute, si la vitesse maximum de la bobine est définie dans cet ordre de grandeur, cela l'obligerait à rester trop longtemps devant le poste. Ainsi nous avons choisi une vitesse suffisamment rapide pour que l'opérateur ne perde pas de temps sans que le fil ne s'enroule trop vite non plus pour des questions de sécurité et de praticité. Notre vitesse de rotation maximale sera donc fixée à 35 cm/s.

Jusque-là nous avons les données principales de sortie. Il reste à déterminer la vitesse d'entrée, le réducteur nécessaire et enfin le couple de sortie.

La troisième hypothèse est que notre moteur ait une vitesse d'entrée de 3000 tr/min. Convertie en m/s, cela donne une vitesse de 14,13 m/s. Les bobines ayant toutes un diamètre maximum d'environ 17,5 mm, nous utiliserons donc cette donnée en tant que diamètre maximum de la bobine pleine. Nous avons un périmètre de 282,6 mm (Avec la formule $P=2\pi \times R$). Ensuite avec un produit en croix, nous obtenons le nombre de tour correspondant pour 350 mm : 1,24 tour. Ainsi, une vitesse de 0,35 m/s correspond à une vitesse de 1,24 tr/s. En convertissant, cela nous donne 74,4 tr/min. Nous pouvons donc déterminer le rapport de réduction qu'il faut créer : $r = 74,4/3000 = 0,025$.

Nous avons la vitesse d'entrée, la vitesse de sortie et le couple de sortie, nous pouvons alors calculer le couple d'entrée grâce à la relation du rendement.

$$C_e = \frac{C_s * V_s}{\text{rendement} * V_e}$$

Nous obtenons alors un couple de 3,6 mN.m. Le moteur est donc soumis au maximum à un couple en entrée de 3,6 mN.m, alors il doit transmettre un couple plus élevé que cette valeur.

Pour choisir le moteur qui convenait, nous sommes allés sur le site « RS Component », un site internet spécialisé en composant électronique. Nous y avons trouvé un moteur brushless du constructeur Nidec. Ce moteur est à courant continu et alimenté en 12 V. Sa vitesse maximum est de 3600 tr/min, restant ainsi dans nos ordres de grandeurs. Le couple de sortie maximum, correspondant au couple d'entrée dans notre démarche de dimensionnement, est de 24 mN.m vérifiant ainsi bien la contrainte sur le couple. Le coût du moteur est de 26,97 €.

Fiche technique du moteur voir Annexe

Dimensionnement du réducteur

Pour des raisons d'économie d'espace, nous avons décidé de nous orienter vers un train épicycloïdal avec le porte satellite fixe.

Ainsi, nous obtenons la relation suivante : $r = \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_{2'}}{Z_3}$

Avec :

- Z1 le nombre de dents de l'arbre d'entrée
- Z2 le nombre de dents du pignon engrenant avec 1
- Z2' le nombre de dents du pignon sur le même arbre que 2, engrenant avec 3
- Z3 le nombre de dents de la couronne dentée.

Nous nous sommes fixé un module de 3 pour tous les pignons. Ainsi nous n'avons plus qu'à déterminer le nombre de dents de chaque pignon pour que le train épicycloïdal ait un rapport de réduction de 0,025 sans être trop encombrant, en effet nous ne pouvons pas avoir des diamètres trop importants ou des nombres de dents trop élevés.

Après quelques essais, nous sommes arrivés aux dimensions suivantes :

pour 1, Z=4 et d=12 (avec la relation $d = m \times Z$) ;

pour 2, Z=30 et d=90 ;

pour 2', Z=9 et d=27 ;

pour 3, Z=50 et d=150.

Avec ces valeurs nous nous retrouvons bien avec un rapport de réduction de 0,025.

Ces pignons seront réalisés en découpe laser à partir de planches de bois assez fines.

Sous-ensemble : Potence + axe de rotation

Cet ensemble est constitué de différentes pièces dont les plus importantes sont la potence de maintien principal du mécanisme, l'arbre principal du mécanisme, c'est-à-dire celui sur lequel la bobine est fixée, mais aussi du système de récupération de puissance de la partie motoréducteur. Sur cet arbre est aussi fixé un pignon conique transmettant la puissance à la partie de guidage du fil extrudé. Un système de fixation pour la bobine est aussi prévu au bout de l'arbre.

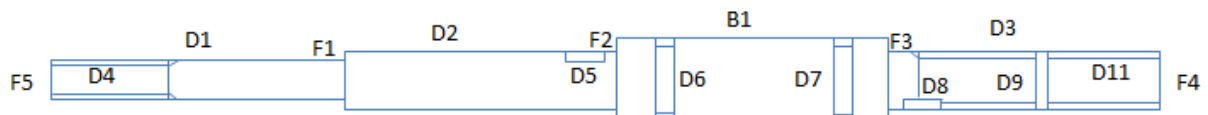
En accord avec les dimensions des pièces des autres sous-ensemble, nous avons dimensionné différentes pièces :

➤ Arbre :

Il s'agit de l'arbre principal de notre bobineuse. Il fera le lien entre les divers sous-ensembles du système. L'arbre sera réalisé à partir d'un tube plein primaire en aluminium d'un diamètre de 24mm. Nous procéderons par enlèvement de matière sur un TCN 3 axes.

Matériau : Aluminium

L'aluminium a été retenu comme matériau en particulier pour sa bonne résistance mécanique et sa masse volumique.



N° de phase	Surfaces usinées	Machine-outil	Mise en position
10	Chariotage-Dressage D1-F1/D2-F2	TCN 3 axes	Centrage court sur B1 Appui plan sur F4
	Chanfreinage F5		
	Filetage D4		
	Rainurage 3 tailles D5		
20	Pointage D9	TCN	Centrage court sur D2 Appui plan sur F5
	Perçage-Alésage D9		
	Rainurage 3 tailles D8		
	Usinage d'une gorge D6,D7		
	Chariotage-Dressage D3-F3		
	Filetage D11		

The diagram shows a hierarchical tree structure. At the bottom, there is a horizontal bar divided into three segments labeled B2, B1, and B3. Above B2 is a vertical line leading to node D3. Above B1 is a vertical line leading to node D4. Above B3 is a vertical line leading to node D8. From node D3, a vertical line goes up to node D5, which then branches to node D6 (left) and node D12 (right). From node D4, a vertical line goes up to node D10, which then branches to node D11 (left) and node D7 (right). The nodes are represented by small squares with their labels next to them.

Page 7 sur 23

➤ **Manivelle :**

Cette manivelle se trouve à l'extrémité droite de l'arbre. Elle servira à faire tourner l'axe en cas de panne quelconque. Il a été décidé de l'acheter dans le commerce pour son prix relativement faible (10,50€). Sa fabrication, comprenant plusieurs étapes et assemblages différents, aurait été beaucoup plus coûteuse. En effet, cette manivelle est constituée d'acier, de bois pour son manche, ou encore d'un palier lisse, etc.

Elle est liée en rotation avec l'arbre par l'intermédiaire d'une goupille cylindrique de diamètre 3mm. Cette solution d'encastrement est justifiée par le faible couple mis en jeu lors de la rotation de l'axe. Peu de couples résistants sont présents le long de l'arbre et ils sont faibles devant les efforts pouvant être supportés par la goupille.

➤ **Pignon conique :**

Le pignon conique est utilisé pour mettre en rotation le sous-ensemble de guidage du fil extrudé. Il a été décidé d'acheter cette pièce standard dans le commerce directement. En effet, la pièce retenue lors de la conception est fabriquée dans le commerce (71.96€). Il aurait été trop coûteux de faire faire une pièce unique pour notre ensemble. Le matériau utilisé est de l'acier inoxydable car résistant mécaniquement et non fragile. Il permet en effet de transmettre facilement le couple depuis l'arbre.

➤ **Couvercle :**

Le couvercle permet de protéger l'intérieur de guidage de l'axe en rotation de poussières ou débris quelconques pouvant entrer par la droite du système. Il a été décidé de le modéliser via un logiciel de conception assistée par ordinateur puis de l'imprimer en 3D au FabLab à l'ECAM. En effet, cette pièce est facilement réalisable en impression 3D au vu de sa forme simple. De plus, les joints à lèvres permettent une bonne étanchéité dynamique ce qui permet de réduire la qualité d'usinage nécessaire pour cette pièce. Quatre vis hexagonales CHC M6-18 permettent son maintien en position autour de la potence.

➤ **Dimensionnement des clavettes :**

Le calcul des clavettes est le même pour les deux clavettes utilisées dans ce système, à savoir celle qui assure le blocage en rotation du pignon conique et celle qui assure le blocage en rotation entre l'arbre et la roue dentée. Un coefficient de sécurité de 2 est nécessaire à cause des couples mis en jeux.

Nous avons opté pour des clavettes de type B. Le couple maximal délivré par l'ensemble moteur+réducteur est de $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ N.m}$.

Pour des conditions d'utilisation et de montage moyennes, et pour une liaison encastrement, les valeurs courantes de la pression de matage varient entre 45 et 75MPa. Nous avons donc considéré une pression de matage P_{adm} de 60MPa.

On note respectivement b et d , la hauteur de la clavette, valant 3mm, et le diamètre de l'arbre, égal à 20mm.

D'après la formule de la longueur minimale d'une clavette, nous avons calculé l_{min} .

$$l_{min} = \frac{4.s.C}{P_{adm}.b.d} = \frac{4.2.3,6}{60.20.3} = 8 \text{ mm}$$

Nous obtenons donc des clavettes de forme B, 4x3x8.

➤ **Dimensionnement des roulements :**

Pour permettre la mise en rotation de l'arbre dans la potence, il est nécessaire d'utiliser des roulements. Uniquement de très faibles charges radiales et axiales sont présentes dans le système, ce qui oriente notre choix sur un montage de type O avec des roulements à billes à contact radial. Comme les efforts mis en jeux sont très faibles nous optons pour des roulements bon marché très courants. Ainsi, aucun dimensionnement, mis à part en fonction de la géométrie de notre système, n'a été nécessaire. Nous utilisons des roulements de nomenclature :

Bearing ball, radial sealed, 6004-2RS (d=20mm ; D=42mm ; B=12).

Sous- ensemble : Système de guidage du fil

Objectif : L'objectif de ce sous ensemble est de répondre à la fonction « enrouler le fil de manière uniforme sur la bobine ».

L'enjeu ici est de concevoir un système qui permette un enroulement uniforme du fil sans interférer avec la rotation de la bobine et qui puisse s'adapter à tous les types de bobines et de fils. Pour cela le système doit générer un mouvement de translation alternatif d'une pièce ou d'un sous ensemble qui tienne le fil.

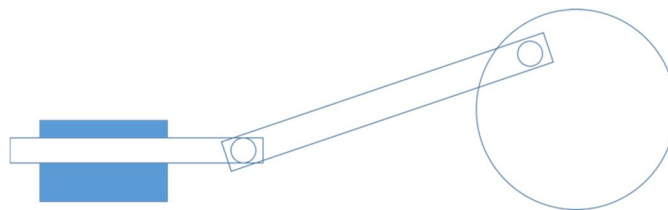
Un des problèmes qui se souleva au fil des propositions est la motorisation. Nous avons envisagé d'équiper la bobineuse d'une seconde motorisation ce qui paraissait plus simple pour certaines des solutions émises. Cependant dès le départ, nous avons fait le choix de n'utiliser qu'un seul moteur dans la bobineuse. Le mise en mouvement de notre système de guidage se fera donc par récupération de la rotation de l'arbre supportant la bobine par un renvoi d'angle. Le mouvement de translation alternatif souhaité doit donc être converti à partir d'une rotation continue.

Nous verrons donc d'abord les différents systèmes envisagés puis les raisons pour lesquelles ils ont été écartés.

Les différents systèmes envisagés :

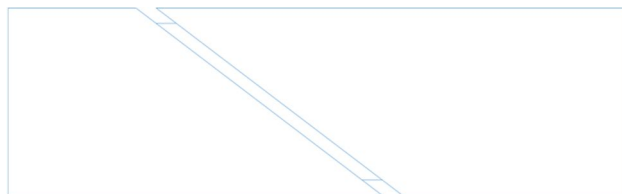
1) Bielle manivelle

Dans un premier temps nous avons pensé à un système bielle manivelle des plus classiques. Cependant les dimensions nécessaires étaient trop importantes et rendaient le système encombrant.



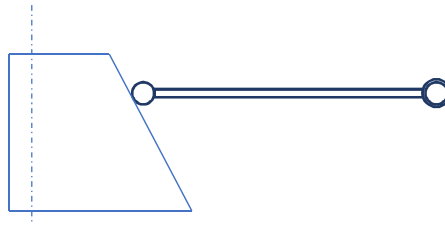
2) Tube biseauté

Le principe était de mettre en rotation un cylindre comme représenté sur le schéma ci-dessous :



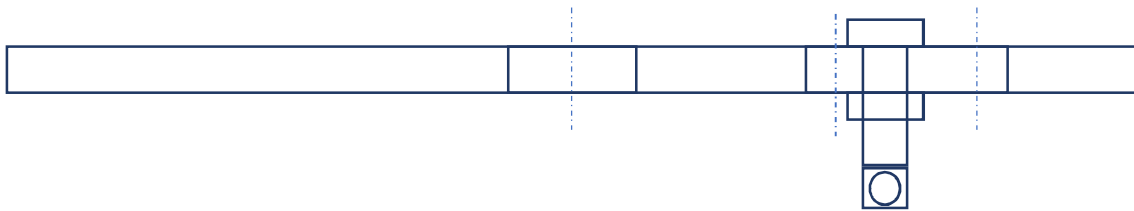
A l'aide de roulements coniques la rotation de l'arbre supportant la bobine entraîne l'arbre supportant le tube biseauté qui guide en translation un crochet. Les défauts de cette proposition sont tous les frottements engendrés et le fait que ce système ne s'adapte pas aux différentes largeurs de bobine assez facilement.

3) Came à diamètre variable



Le principe de ce système est exactement le même que celui d'une came normale, à la différence que celle-ci à un diamètre variable, qui est fonction de sa hauteur. De cette manière si on monte ou descend la tige tenant le crochet sa course augmente ou diminue ce qui permet de s'adapter aux différentes bobines. Comme pour le système précédent l'un des principaux défauts est les frottements engendrés.

4) Roue à trou oblong



Ce dernier système est donc celui pour lequel nous avons opté. Le principe est d'entraîner en rotation une roue dotée d'un trou oblong dans lequel est fixé notre crochet. De cette manière la rotation assure un mouvement de translation du crochet et déplace le fil de manière continue, et le trou oblong permet de régler la course ce qui permet une adaptation aux différentes bobines.

Calcul du rapport de réduction totale nécessaire du système de guidage du fil :

On sait que pour un tour de bobine le fil doit se déplacer d'une distance égale à son diamètre afin d'obtenir un enroulement optimal. De plus la vitesse de rotation dont on part est celle de la bobine. Le rapport de réduction total du système doit donc être de

$$\text{Rapport de réduction} = \frac{D_{\text{fil}}}{2 * l_{\text{bobine}}}$$

Le facteur 2 au dénominateur est dû au fait que lorsque notre roue à trou oblong fait un tour complet, le fil fait un « va et viens » complet sur la bobine.

Etant donné que nous avons deux diamètres de fil possible (1,75mm et 2,85mm) et différentes largeurs de bobine possible nous avons décidé de faire une moyenne des rapports de réductions obtenues pour chaque diamètre de fil et les largeurs maximales et minimales de la bobine (47mm et 60mm).

	$D_{fil} = 1.75mm$	$D_{fil} = 2.85mm$
$l_{bobine} = 47mm$	0.0186	0.0303
$l_{bobine} = 60mm$	0.0145	0.0237

La moyenne de tous ces résultats nous donne : $r = 0.022$

Fonctionnement du système :

Nous récupérerons à l'aide d'un renvoi d'angle le mouvement de rotation de la bobine, et transmettons ce mouvement à la roue supportant le crochet à l'aide d'un système de roue et vis sans fin dont le rapport de réduction est $r = \frac{\text{nombre de filets vis sans fin}}{\text{nombre de dents de la vis}} = \frac{2}{80} = 0,025$.

Fabrication des pièces :

Le bras principal (4) sera réalisé à partir d'un tube plein primaire en aluminium d'un diamètre de 40mm. Nous procéderons par enlèvement de matière sur un TCN 2 axes. Pour les taraudages D5 et D6 nous utiliserons un foret et un alésoir.

Toutes ces opérations seront réalisées au FABLAB de l'ECAM sur le tour à commande manuelle.

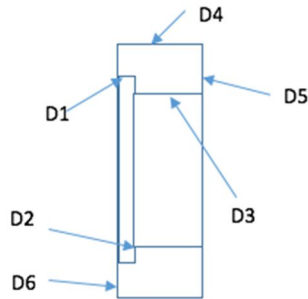


N° de phase	Surfaces usinées	Machine-outil	Mise en position
10	Chariotage de D3	TCN	Appuis ponctuels sur D2 et D5
	Pointage D6		
	Perçage D6		
	Taraudage D6		
	Dégagement D7		
20	Chariotage D1	TCN	Appuis ponctuels sur D3 et D4
	Pointage D5		
	Perçage D5		
	Taraudage D5		
30	Surfaçage D7	CUCN	Centrage long D2, appui ponctuel D5
	Rainurage 3 tailles D8		

Les paliers (6) seront réalisés à partir d'un tube plein primaire de diamètre 60 mm pour la partie supérieure et de tubes pleins et plaques en acier pour les parties inférieures. Nous procéderons par enlèvement de matière sur un TCN 2 axes. La partie supérieure est ensuite soudée aux deux parties inférieures par mécano soudure.

Toutes ces opérations seront réalisées au FABLAB de l'ECAM sur le tour à commande manuelle.

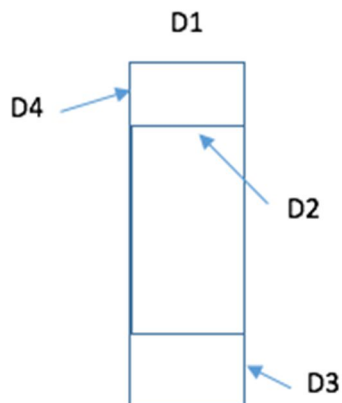
Nous avons choisi de l'acier car ce matériau est propice à la soudure.



N° de phase	Surfaces usinées	Machine-outil	Mise en position
10	Contournage D1	TCN	Appuis ponctuels sur D2 et D5
	Dressage D2		
	Contournage D3		
	Dressage D5		
	Découpage D6		

Le support roue (12) est réalisé à partir d'un tube plein primaire de diamètre 46 mm pour la partie supérieure et de tubes pleins et plaques en acier pour les parties inférieures. Nous procéderons par enlèvement de matière sur un TCN 2 axes. La partie supérieure est ensuite soudée aux deux parties inférieures par mécano soudure. Toutes ces opérations seront réalisées au FABLAB de l'ECAM sur le tour à commande manuelle.

Nous avons choisi de l'acier car ce matériau est propice à la soudure.



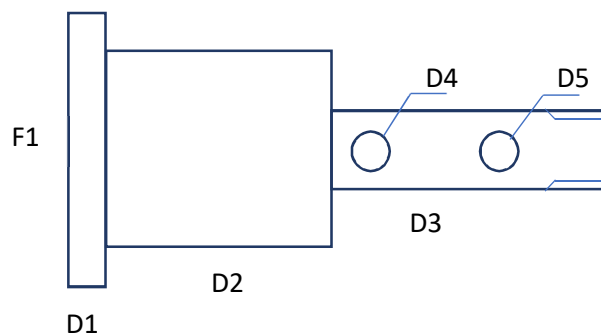
N° de phase	Surfaces usinées	Machine-outil	Mise en position
10	Contournage D2	TCN	Appuis ponctuels sur D2 et D5
	Dressage D3		
	Découpage D4		

L'arbre (14) sera réalisé à partir d'un tube plein primaire en aluminium d'un diamètre de 35mm. Nous procéderons par enlèvement de matière sur un TCN 2 axes.

Les trous D4 et D5 seront réalisés à l'aide d'un alésoir.

La surface D3 est filetée sur 1 cm en bout d'arbre.

Toutes ces opérations seront réalisées au FABLAB de l'ECAM sur le tour à commande manuelle.

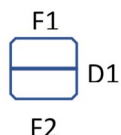


N° de phase	Surfaces usinées	Machine-outil	Mise en position
10	Chariotage de D2 et D3 Filetage D3	TCN	Appui ponctuel sur F1 Centrage court sur D1
20	Alésage de D4 et D5	CUCN	Centrage long D2, appui ponctuel sur F1

Les pions (28) seront réalisés à partir d'un tube plein primaire en acier d'un diamètre de 5mm. Nous procéderons par enlèvement de matière sur un TCN 2 axes. Nous obtiendrons finalement les pions par sciage.

Toutes ces opérations seront réalisées au FABLAB de l'ECAM sur le tour à commande manuelle.

Le choix de l'acier évite la déformation du pion (le module d'Young de l'acier est assez élevé) lors du fonctionnement de la bobineuse.



N° de phase	Surfaces usinées	Machine-outil	Mise en position
10	Chanfreinage F1	TCN	Appui ponctuel sur F1 Centrage long sur D1
20	Chanfreinage F2	TCN	Appui ponctuel sur F2 Centrage long sur d1

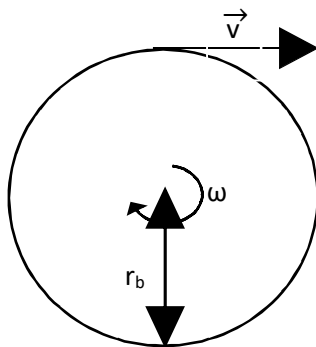
Sous-ensemble : guidage du fil et adaptation de la vitesse de rotation du moteur par rapport à la quantité de fil sur la bobine

Objectifs : Les objectifs de ce sous ensemble sont de répondre aux fonctions principales du cahier des charges FP1 « Le fil doit être enroulé de manière uniforme » et FP2 « assurer la fin de l'enroulage ».

Adaptation de la vitesse de rotation du moteur :

La problématique auquel vient répondre ce sous ensemble est en réalité plutôt simple : au fur et à mesure du processus de bobinage le rayon de la bobine augmente, donc si la vitesse angulaire de la bobine est constante, la vitesse linéaire au point d'enroulement augmente aussi ($v = \omega \cdot r$), or la vitesse du fil en sortie de l'extrudeuse est constante ce qui conduit inévitablement à la rupture du fil. Pour remédier à ce problème, la vitesse de rotation de la bobine doit diminuer au cours de l'enroulement de manière linéaire.

De plus, pour que le sous-ensemble de guidage du fil puisse remplir son rôle pleinement, le fil doit être maintenu juste tendu tout au long du processus d'enroulement, le rôle de notre sous-ensemble est donc de maintenir la vitesse du point d'enroulement toujours égale à 15mm/s ce qui correspond à la vitesse du fil en sortie de l'extrudeuse.



Nous avons mesuré les rayons des bobines pleines et vides :

- $r_{\text{vide}} = 50\text{mm}$
- $r_{\text{plein}} = 100\text{mm}$

Nous utiliserons donc logiquement 50mm de la course de notre potentiomètre.

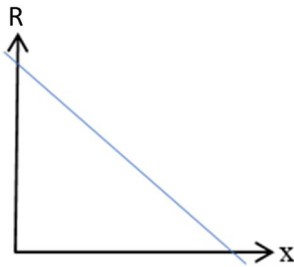
On observe que $2.r_{\text{vide}}=r_{\text{plein}}$ donc $\omega_{\text{plein}}=\omega_{\text{vide}}/2$ ce qui nous amène logiquement à utiliser la moitié de la course totale du potentiomètre, la vitesse angulaire d'un moteur CC étant directement proportionnelle à sa tension d'entrée on doit avoir $U_{\text{plein}}=U$

Fonction de guidage du fil :

Notre système vient en complément du sous-ensemble chargé uniquement de la répartition du fil sur la bobine. En effet deux rouleaux viennent appuyer sur le dessus de la bobine et assurent donc que le fil est bien plaqué sur la bobine et on limite ainsi le risque de chevauchement de 2 spires côte à côte. La pression des rouleaux est assurée par un ressort.

Fonction d'arrêt automatique de la bobine pleine :

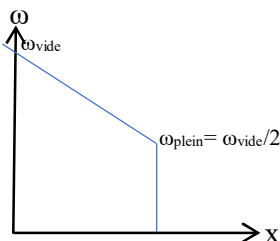
Pour illustrer pourquoi il est impossible d'utiliser le potentiomètre seul pour assurer l'arrêt automatique de la bobine étudions la caractéristique de ce dernier.



Connaissant la relation $U=K \cdot \omega_{\text{moteur}}$ et la loi d'Ohm, R et ω sont proportionnels.

Cependant pour notre système, la vitesse de rotation de la bobine ne doit évidemment pas tendre vers 0 linéairement jusqu'à s'arrêter, en effet à l'instant précédant l'arrêt de la bobine, $\omega_{\text{plein}}=\omega_{\text{vide}}/2$.

Il nous faut donc une caractéristique de ce type.



Nous ajouterons donc un bouton poussoir qui sera actionné au milieu de la course du potentiomètre pour avoir une caractéristique équivalente à celle-ci-dessus.

Conception du système :

Comme vu plus tôt, nous utiliserons la moitié de la course totale du potentiomètre pour passer de ω_{vide} à ω_{plein} . De plus cette course doit être égale à 50mm d'après les mesures effectuées sur les bobines, ce qui nous amène donc logiquement à un potentiomètre avec une course de 100mm. Pour adapter ce potentiomètre à notre système, nous fixerons sur le curseur une plaque qui viendra appuyer sur le haut de la bobine au moyen de rouleaux (cf Fonction de guidage du fil). Pour s'assurer que ladite plaque vienne bien en appui sur la bobine et n'en décolle pas elle sera constamment maintenue vers le bas via un ressort. Enfin, pour ne pas gêner le montage et démontage de la bobine, le support du potentiomètre pourra être rabattu au moyen d'un pivot à sa base, ce dernier pourra être bloqué au moyen d'une goupille pour le maintenir en position de marche.

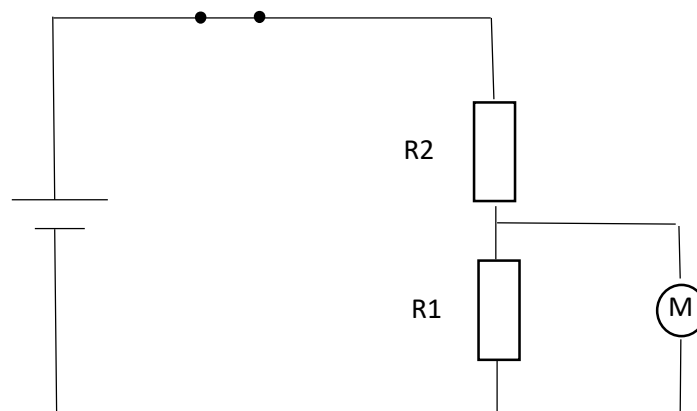


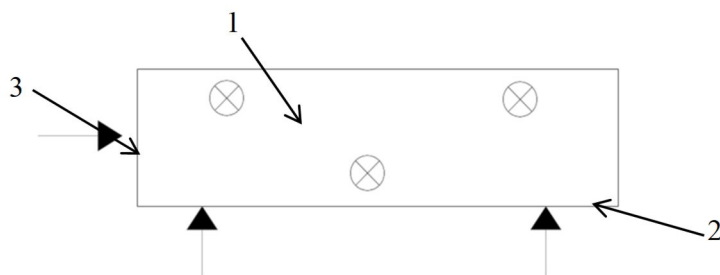
Schéma électrique du montage

Usinage du support potentiomètre :

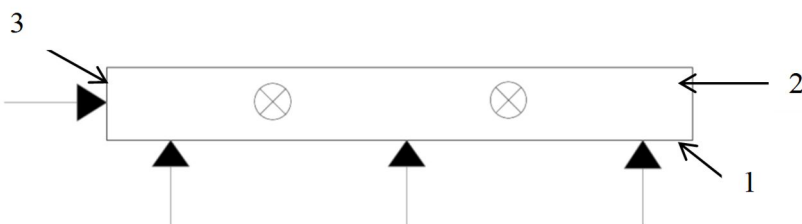
Pour cette pièce, nous avons décidé d'usiner un parallélépipède d'aluminium à l'aide d'une machine-outil à commande numérique puisque ce matériau est léger et facilement usinable.

N° de phase	Surfaces usinées	Machine-outil	Mise en position
10	Perçage 2	Centre d'usinage-fraise	Appuies ponctuels sur 1,2,3
20	Rainurage 1	Machine-outil à commande numérique	Appuies ponctuels sur 1,2,3

Phase 1 :



Phase 2 :



Annexes

Définition du besoin : Bobineuse

✓ **Quoi ?**

❖ De quel besoin s'agit-il ?

-Stockage de son propre fil (matière première) pour imprimante 3D, pour donner suite à sa création par à une extrudeuse conçue précédemment.

✓ **Qui ?**

❖ Quelles sont les personnes concernées par ce besoin ?

-Utilisateurs d'imprimante 3D de l'ECAM Lyon (enseignants et étudiants).

✓ **Où ?**

❖ À quels endroits ?

-Au sein de l'ECAM (Fablab, salles de classe, forum, portes-ouvertes).

❖ Dans quelles conditions ce besoin est ressenti ?

-Dans le cadre d'un projet de recyclage des matières plastiques et d'auto fabrication de fil d'imprimante 3D : recycler pour créer et réutiliser.

✓ **Quand ?**

❖ À quels moments ?

-Après la récupération des déchets plastiques de l'ECAM.
-Dès que le fil est sorti de l'extrudeuse afin de l'enrouler sur une bobine (stockage).

❖ À quelle époque est exprimé ce besoin ?

-Actuellement ainsi que dans le futur (tant que les imprimantes 3D seront utilisées).

✓ **Comment ?**

❖ Sous quelles formes ?

-Une bobineuse compacte, maniable, légère, facile à bouger et à transporter : optimisation de sa mobilité.
-Une bobineuse étanche (expositions en extérieur) et surtout facile d'utilisation et de compréhension.

❖ Dans quels cas est ressenti le besoin ?

Mobilité (transport) et expositions en extérieur.

✓ **Pourquoi ?**

❖ Quelles sont les raisons qui ont fait apparaître ce besoin ?

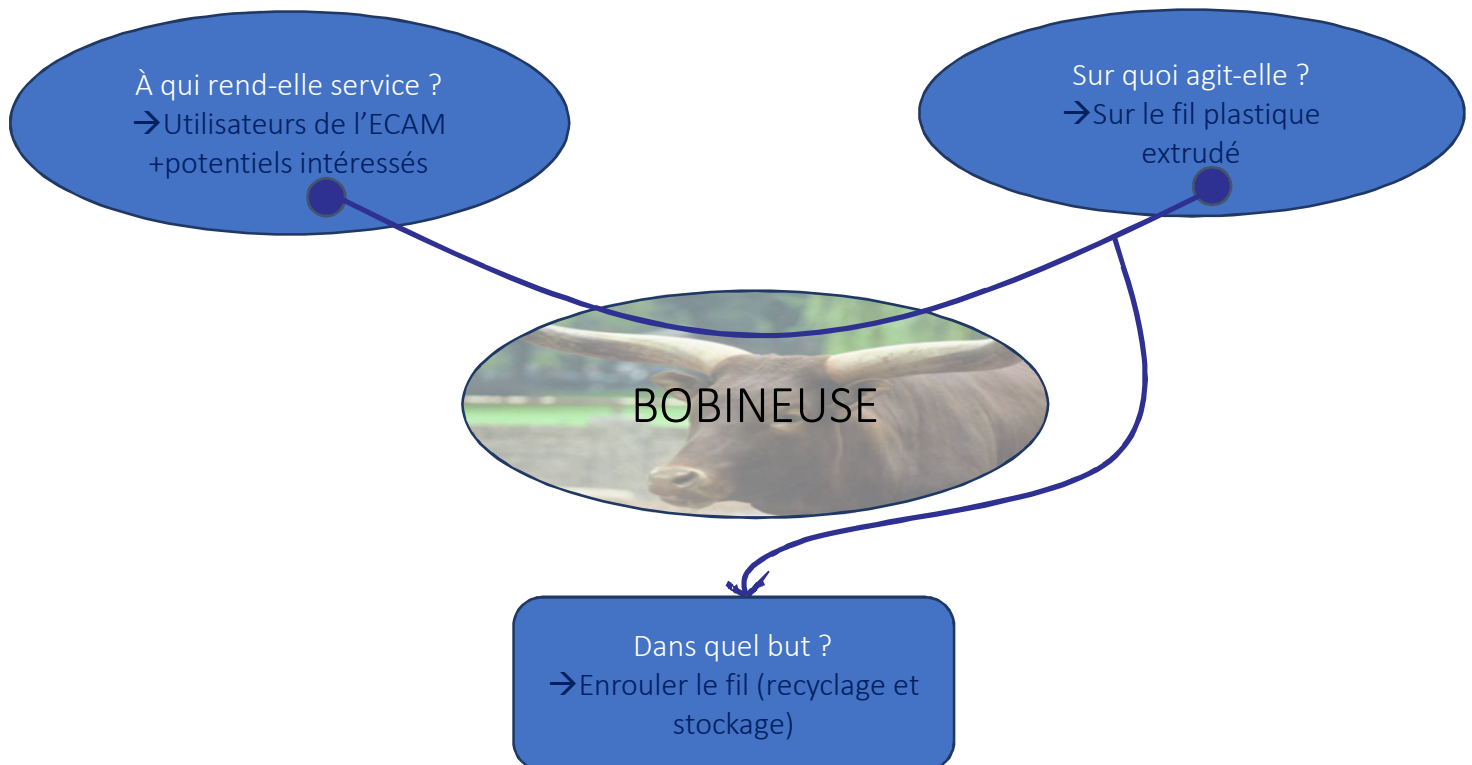
- Nécessité de recycler les déchets plastiques et les rebus des imprimantes 3D.
- Le coût d'achat des bobines.
- Le stockage du fil créé.

✓ Combien ?

❖ Combien de personnes sont concernées par ce besoin ?

Les utilisateurs d'imprimantes 3D : ECAM et potentielles demandes de l'extérieur (entreprises, particuliers...)

Justification de l'existence de ce besoin : Bête à cornes



Pièces pour la potence et l'arbre principal :

Potence + axe principal de rotation de la bobineuse							
Nom de la pièce	Numéro de pièce	Prix unité (€)	Quantité	Prix (€)	Matériau	Procédé d'usinage	Dénomination
Potence	1	0	1	0	Bois	CUCN 3axes	/
Vis CHC M6-18mm	2	0,238	4	0,952	Acier inoxydable	/	Vis à tête cylindrique, à six pans creux, M6-18, en Acier inoxydable
Vis CHC M8-25mm	3	0,230	4	0,920	Acier inoxydable	/	Vis à tête cylindrique, à six pans creux, M8-25, en Acier Inoxydable
Rondelle plate de type N M10-16	4	0,06	2	0,12	Acier inoxydable	/	Rondelle plate de type N, M10-16x1,6mm, en Acier inoxydable
Clavette de type B	5	0,465	2	0,93	Acier	/	Clavette de forme B, 4 x 3 x 8, en Acier
Circlips 24x1,2	6	0,221	2	0,442	Acier inoxydable	/	Circlip Type Externe en Acier Inoxydable
Arbre	7	10	1	10	Aluminium	TCN	/
Roue dentée m=3	8	0	1	0	Bois	Découpe lazer/TCN	Module de 3,16 dents
Maintient bobine conique	9	5	2	10	Caoutchouc : silicone LSR	Découpe lazer/moulage	La pente du maintient en position conique a un coefficient directeur de 1
Roulement à bille à contact radial	10	4,28	2	8,56	/	/	Bearing, ball, radial, sealed, 6004-2RS
Joint à lèvres de type A, 24x30x4	11	2,99	2	5,98	Caoutchouc	/	Etanchéité dynamique des 2 joints à lèvres
Pignon conique	12	71,96	1	0 (déjà compté s	Acier inoxydable	/	Engrenage conique RS PRO en Acier 30 dents , pas de 45°, angle de 20°, alésage 20mm
Manivelle	13	10,5	1	10,5	Matériaux divers (acier, bois,	/	Manivelle levier 40mm en acier et bois
Couvercle	14	0	1	0	Polymère	Impression 3D	/
Ecrou hexagonal ISO 4032 - M8 -08	15	0,62	2	1,24	Acier inoxydable	/	Ecrou hexagonal ISO 4032 - M8 -08 en acier inoxydable
Ecrou hexagonal ISO 4032 - M10 -08	16	0,7	1	0,7	Acier inoxydable	/	Ecrou hexagonal ISO 4032 - M10 -08 en acier inoxydable
Goupille cylindrique ISO 8734 - 3x32 - A	17	2,1	1	2,1	Acier inoxydable	/	Goupille cylindrique ISO 8734 - 3x32 - A en acier inoxydable
Rondelle plate de type N M18-16	4	0,06	2	0,12	Acier inoxydable	/	Rondelle plate de type N, M8-16x1,6mm, en Acier Inoxydable

Pièces pour le système de guidage du fil :

Enrouler le fil de manière uniforme sur la bobine								
Nom de la pièce	Numéro de pièce	Prix unité (€)	Quantité	Prix (€)	Matériau	Procédé d'usinage	Dénomination	Code commande
Vis M6x16mm	1	0,238	1	0,238	Acier inoxydable	/	Vis à six pans creux, M6 x 16mm, tête Vis bombée à tête creuse hexagonale, en Acier Inoxydable	RS 183-8727
Rondelle plate M6	2	0,06	1	0,06	Acier inoxydable	/	Rondelle plate, M6 (Form A), Acier Inoxydable, 6.4mm x 12mm	RS 189-658
Roue dentée conique	3	71,96	2	143,92	Acier inoxydable	/	Engrenage conique RS PRO en Acier 30 dents, pas de 45°, angle de 20°, alésage 16mm	RS 521-6020
Arbre	4	0	1	0	Aluminium	TCN	/	/
Roulement à bille	5	4,28	2	8,56	/	/	RS Sealed Deep Groove (Popular Metric) Single Row Bearings	RS 619-0339
Paliers	6	0	2	0	Acier	TCN + soudage	/	/
Vis sans fin	7	0	1	0	Polymère	Impression 3D	/	/
Vis de pression M8	8	0,159	1	0,159	Acier	/	Vis sans tête, M8 x 16mm, tête Jeu de douilles hexagonales, en Acier	RS 530-062
Rondelle plate M4	9	0,05	1	0,05	Acier inoxydable	/	Rondelle plate, M4 (Form A), Acier Inoxydable, 4.3mm x 9mm	RS 189-636
Vis M4x8mm	10	0,339	1	0,339	Acier inoxydable	/	Vis à six pans creux, M4 x 8mm, en Acier Inoxydable	RS 281-029
Clavette	11	0,465	2	0,93	Acier	/	Clé en Acier, 12 x 3 x 3mm	RS 302-3949
Support roue	12	0	1	0	Acier	TCN + soudage	/	/
Circlip	13	0,221	1	0,221	Acier inoxydable	/	Circlip Type Externe en Acier Inoxydable	RS 209-6621
Arbre	14	0	1	0	Aluminium	TCN	/	/
Roue dentée	15	0	1	0	Polymère	Impression 3D	/	/
Entretoise	16	0,65	1	0,65	Inox	/	/	03089-91014081
Roue	17	0	1	0	Polymère	Impression 3D	/	/
Rondelle plate M10	18	0,11	1	0,11	Acier inoxydable	/	Rondelle plate, M10 (Form A), Acier Inoxydable, 10,5mm x 20mm	RS 797-6077
Ecrou hexagonal	19	0,56	1	0,56	Acier inoxydable	/	Ecrou hexagonal RS PRO, M10, Acier Inoxydable A4 316	RS 189-614
Vis à tête fraisée	20	0,13	2	0,26	Acier	/	Vis à six pans creux, M4 x 8mm, tête Vis fraisée à tête creuse hexagonale, en Acier	RS 281-417
Coussinet	21	1,37	1	1,37	Bronze	/	Coussinet autolubrifiant à collerette en bronze	23761-00601010
Coussinet	22	5,36	1	5,36	Bronze	/	Coussinet autolubrifiant à collerette en bronze	23761-02503020
Rondelle plate M6	23	0,07	1	0,07	Acier inoxydable	/	Rondelle plate, M6 (Form A), Acier Inoxydable, 6.4mm x 12mm	RS 189-658
Ecrou hexagonal	24	0,1	1	0,1	Acier	/	Ecrou hexagonal RS PRO, M6, Acier Galvanisé brillant	RS 525-919
Arbre	25	0	2	0	Polymère	Impression 3D	/	/
Pièce cylindrique	26	0	1	0	Polymère	Impression 3D	/	/
Anneau fileté	27	0	1	0	Polymère	Impression 3D	/	/
Pion cylindrique	28	0	2	0	Acier	TCN	/	/