



LE STYLO 3D DE JEAN MONNET

Elèves :

■■■■■ Marius, Terminale BAC PRO Technicien d'usinage

■■■■■ Erwan, Terminale BAC PRO Technicien d'usinage

■■■■■ Miguel, Terminale BAC PRO Technicien d'usinage

Enseignants :

MARCEL Patrick, Génie Mécanique Productique

THOMAS Corinne, Génie Mécanique Construction

NOS OBJECTIFS

Pour réaliser le stylo 3D, nous devons résoudre les problèmes suivants :

1- CHAUFFER LE FIL PLASTIQUE

Tout comme notre imprimante 3D, nous allons utiliser un fil plastique en PLA (Acide polylactique est un polymère entièrement biodégradable) qu'il conviendra de chauffer à une température d'environ 190°C. Sur le corps du stylo, nous placerons un voyant (led) nous indiquant le chauffage de la buse.

2- CONTRÔLER LA TEMPERATURE

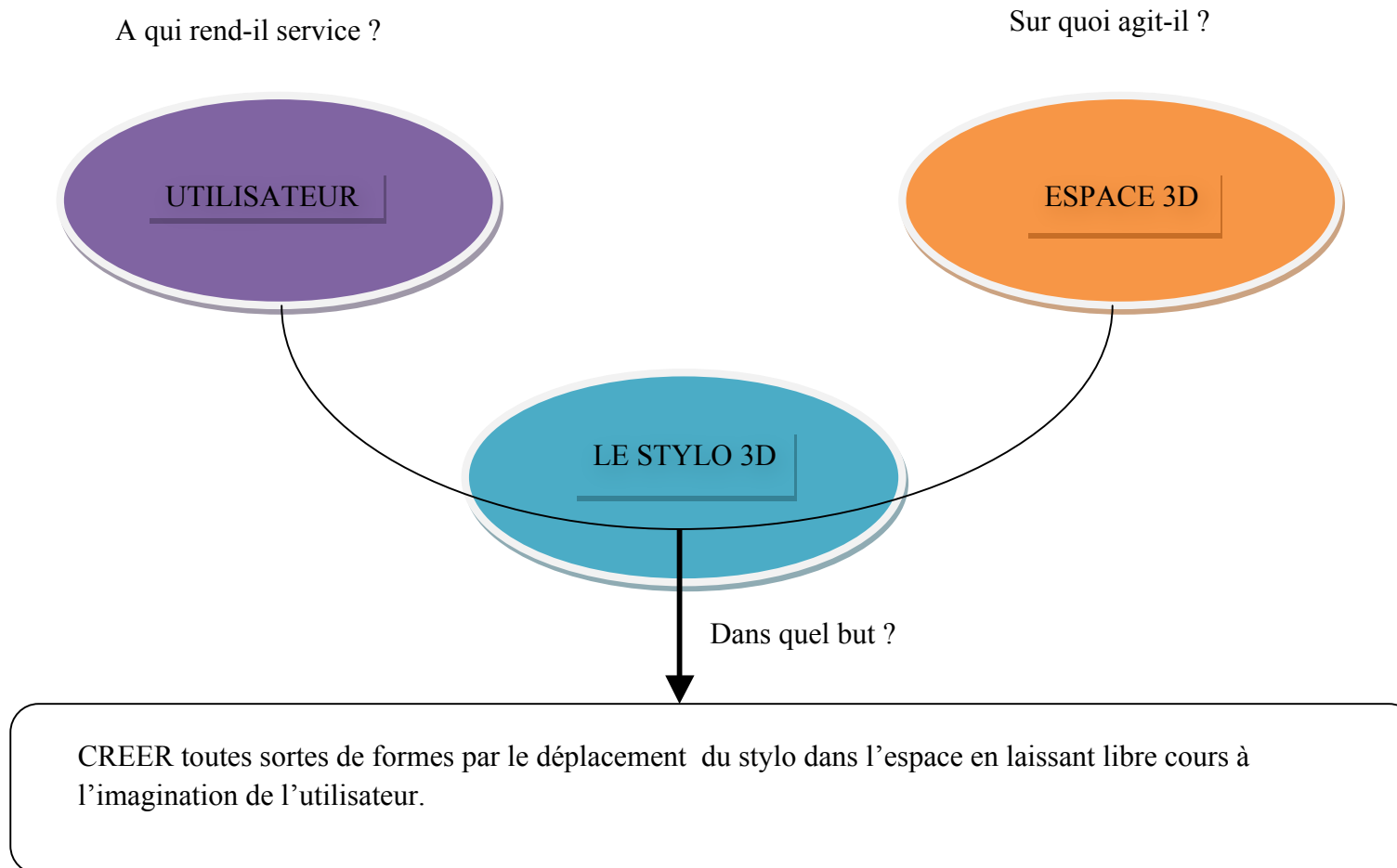
Un circuit électronique gèrera le contrôle de la température, c'est-à-dire, la mesure et le réglage de la température de la buse. Une sonde de température reliée au microprocesseur ATTINY remplira cette fonction.

3- FAIRE AVANCER LE FIL QUAND LA TEMPERATURE EST ATTEINTE

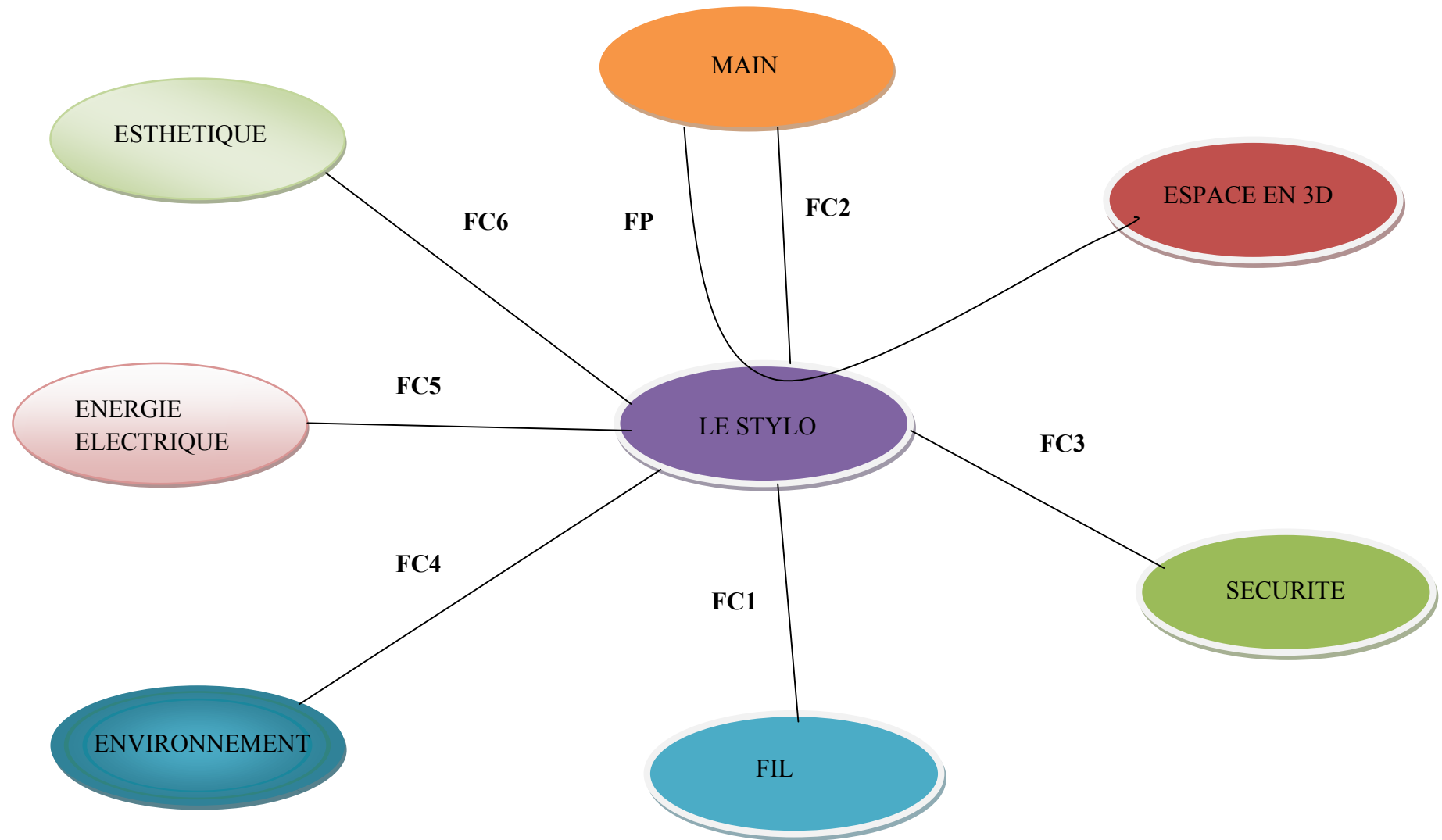
Un motoréducteur aura pour rôle de faire avancer et reculer le fil. Sur le corps du stylo, seront placés les deux contacteurs avance et recul du fil. Egalement sur le corps du stylo, une led permettra de visualiser ces deux actions. Une carte électronique gèrera le moteur de l'extrudeur avec la possibilité de régler en cours de fonctionnement la vitesse d'avance du fil.

ANALYSE FONCTIONNELLE DESCENDANTE DU STYLO 3D

1- ENONCE DU BESOIN



2- DIAGRAMME DES INTERACTEURS



3- FONCTION PRINCIPALE ET FONCTIONS CONTRAINTE

FP : CREER des formes artistiques ou des objets techniques dans un espace en 3D.

FC1 : S'ADAPTER au fil.

FC2 : S'ADAPTER à la main de l'utilisateur.

FC3 : RESPECTER les normes de sécurité.

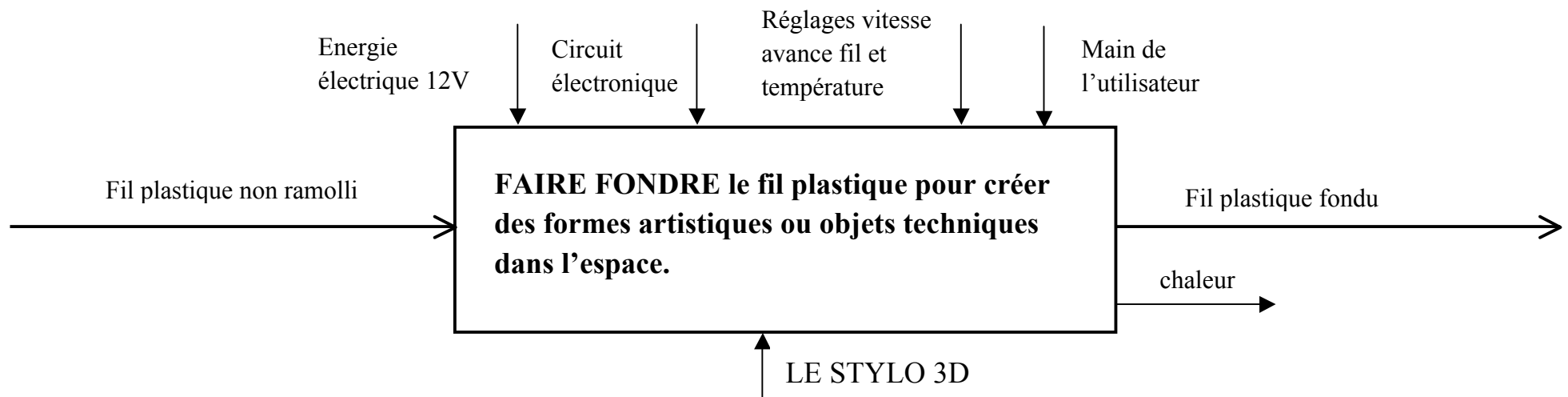
FC4 : CONTRIBUER au respect de l'environnement.

FC5 : S'ADAPTER au réseau électrique.

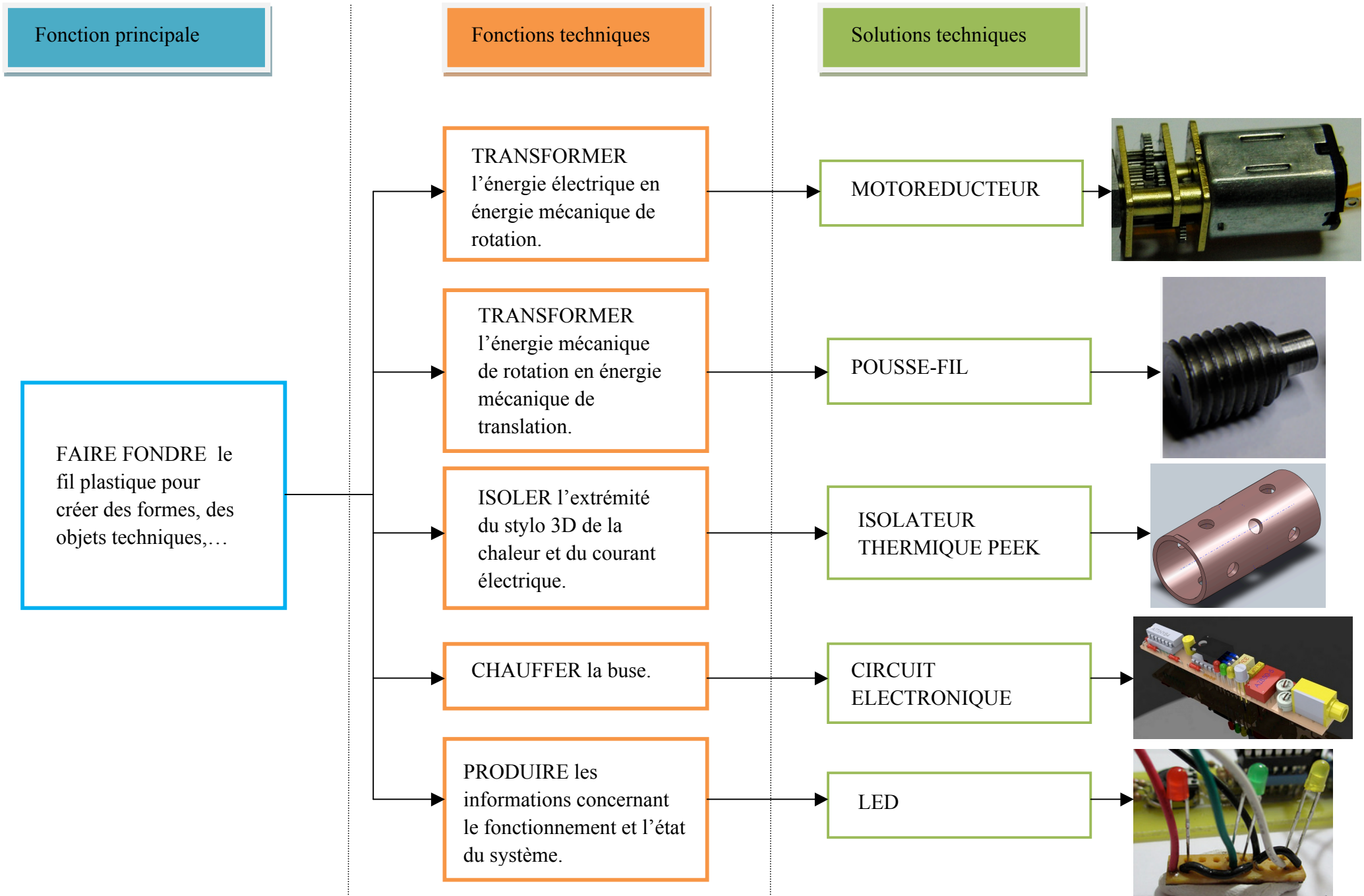
4- CARACTERISATION DES FONCTIONS DE SERVICE ATTENDUES

FONCTIONS DE SERVICE	CRITERE	NIVEAU
S'ADAPTER au fil	diamètre de la buse en sortie du fil	Ø 0,5 mm
	température de fusion du PLA	environ 190° (178-200°C)
	vitesse d'avance du fil	de 0,75 mm/s à 1,283 mm/s
S'ADAPTER à la main de l'utilisateur	diamètre du corps du stylo	Ø18 mm maxi
	longueur du corps du stylo	180 mm
	poids du stylo	180 g environ

5- OUTIL GRAPHIQUE SADT : LA FONCTION GLOBALE OU ACTIGRAMME A-0.



6- LA RECHERCHE DES SOLUTIONS TECHNOLOGIQUES : LE FAST



ETUDE DES SOLUTIONS CONSTRUCTIVES

1- ETUDE DU MOTOREDUCTEUR

a) Choix de l'encombrement du motoréducteur

Notre souci est de respecter un encombrement réduit afin de loger tout cet ensemble dans le corps du stylo d'un diamètre de 18 mm maxi.

Ainsi, nous avons opté pour la société SOLARBOTICS, basée au Canada et spécialiste dans l'électronique et dans la robotique.

Dans la gamme des motoréducteurs, SOLARBOTICS propose plusieurs modèles dont le tableau en annexe résume les caractéristiques.

Il apparaît alors que plusieurs réducteurs de petite taille correspondraient au respect d'un encombrement réduit comme : GM11a à GM14a et aussi GM18, GM20 et GM22.

b) Les caractéristiques mécaniques des réducteurs

Pour finaliser notre choix du réducteur, nous avons étudié les caractéristiques de ceux sélectionnés ci-dessus.

Dans la recherche d'un bon compromis, la vitesse de rotation de l'arbre de sortie ne devra pas excéder 70 tr/min. Si l'arbre de sortie tourne trop vite, le fil n'aura pas le temps de fondre. Inversement, s'il tourne trop lentement, le fil fondra dans le stylo avant de sortir au risque d'être brûlé...

Ainsi, il ne reste plus que GM14a et GM22. Notre choix se porte sur le motoréducteur GM14a car il possède le meilleur encombrement et sa vitesse de rotation peut varier de 45 tr/min à 77 tr/min. De plus, le GM14a possède le couple le plus grand valant 2528 g.cm soit après conversion un couple de 248 N.mm ($9,81 \times 2,528 \times 10 = 248 \text{ N.mm}$).

En conclusion, voici les caractéristiques mécaniques du motoréducteur choisi :

REF	Rapport de réduction	Vitesse de rotation	Couple moteur	Dimensions	Poids	Diamètre de l'arbre de sortie
GM14a	1 : 298	45 tr/min à 77 tr/min	248 N.mm	33 × 12 × 10	9,7 g	Ø 3 mm

Son coût est d'environ 16 euros.

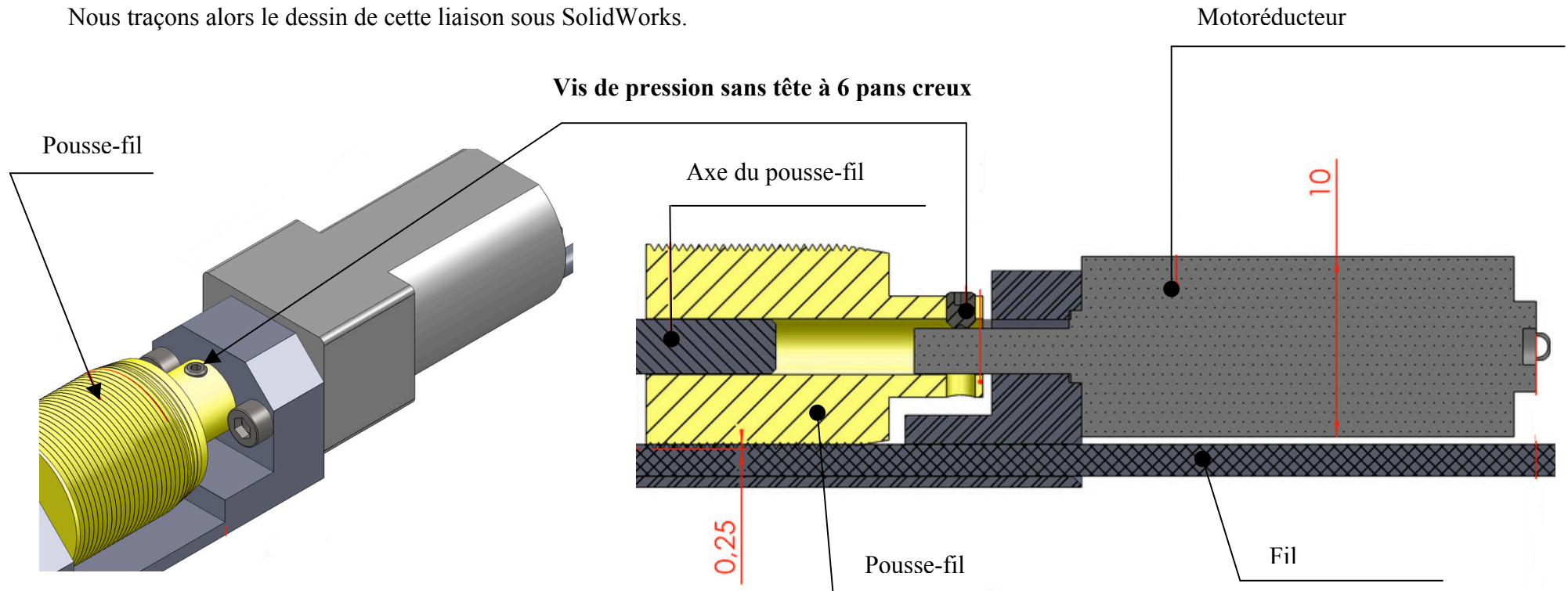


2- ETUDE DE LA LIAISON ENTRE L'AXE DU MOTOREDUCTEUR ET LE POUSSE-FIL

Cette liaison doit transmettre le mouvement de rotation de l'axe du motoréducteur au pousse-fil. Nous devons réaliser une liaison encastrement démontable entre l'axe du motoréducteur et le pousse-fil. Cette liaison ne doit donc comporter aucun degré de liberté (0 Translation et 0 Rotation).

Pour permettre une liaison démontable, nous devons nous orienter vers les éléments filetés, tels que les vis d'assemblage, les vis de pression, le vissage,... En observant l'extrémité de l'axe du motoréducteur, on voit un méplat. Un méplat est une surface plane exécutée sur un cylindre. Sur cette surface plane, nous viendrons positionner une vis de pression sans tête à 6 pans creux.

Nous traçons alors le dessin de cette liaison sous SolidWorks.

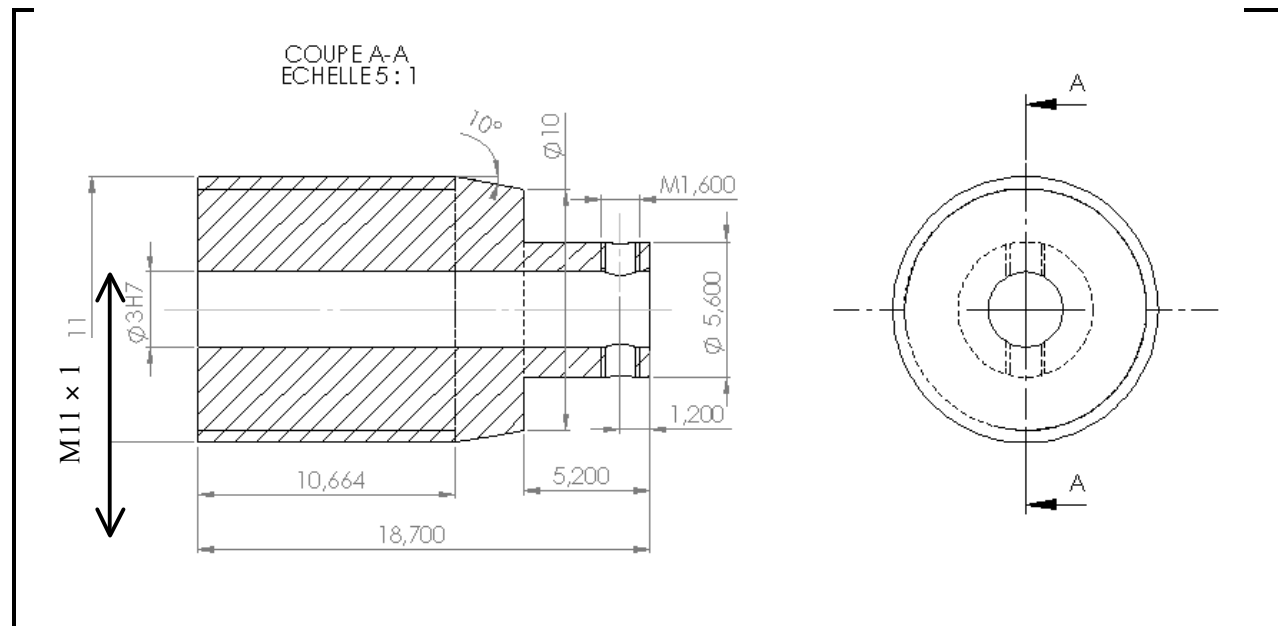


3- ETUDE DE L'ACTION DU POUSSE-FIL SUR LE FIL

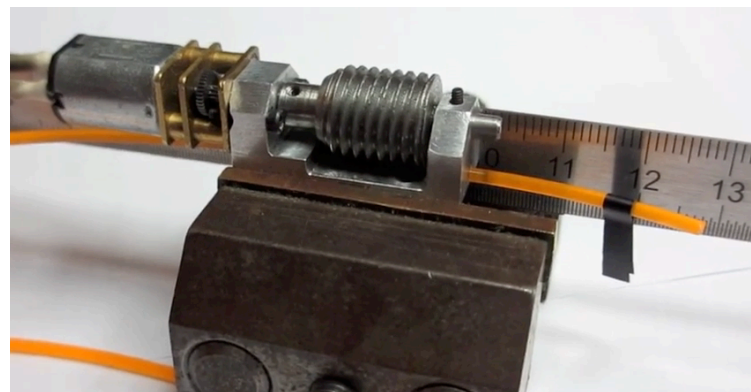
Nous cherchons à travers cette étude à réaliser la fonction de service : TRANSFORMER l'énergie mécanique de rotation du pousse-fil en énergie mécanique de translation du fil.

Avec le faible encombrement dont nous disposons, nous adoptons pour le pousse-fil le principe de la vis sans fin. Nous usinons alors sur le cylindre extérieur du pousse-fil un filetage M11 × 1. Ceci signifie que le diamètre nominal du filetage ISO est 11 mm avec un pas fin de 1 mm.

Voici le dessin de définition du pousse-fil :



Nous avons testé si le mouvement de rotation du pousse-fil engendrait le mouvement de translation du fil. Grâce à un montage, nous avons constaté que cela fonctionne bien. C'est génial !



4- CALCUL DE LA VITESSE D'AVANCE DU FIL

Pour calculer la vitesse d'avance du fil, on utilise l'équation suivante : $T = \text{pas} \times R$

avec : T : vitesse de translation de la vis en mm/s

p : pas de la vis = 1 mm

R : rotation de la vis en rad/s.

On sait que la vitesse de rotation de l'arbre du motoréducteur qui entraîne la vis varie de 45 tr/min à 77 tr/min.

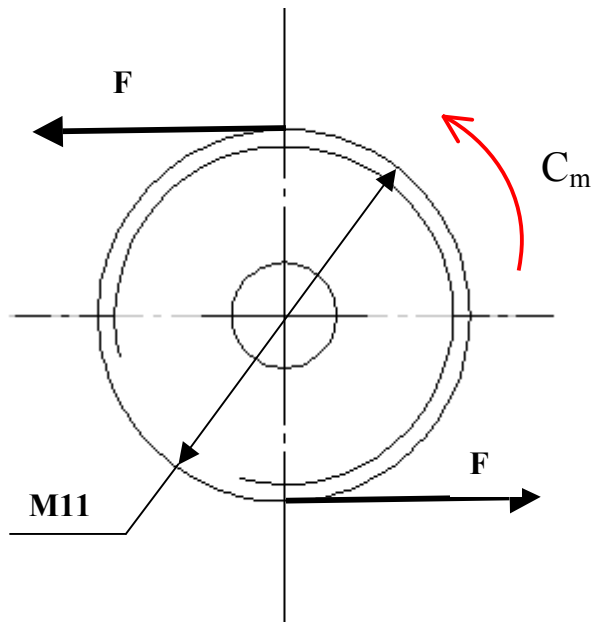
Pour un tour de rotation de la vis, le fil se déplace de la valeur du pas donc de 1 mm.

En une minute, la vis fait 45 tours donc le fil se déplace de 45 mm/min soit $45/60 = 0,75$ mm/s.

Pour 77 tr/min, on trouve : 77 mm/min soit $77/60 = 1,283$ mm/s.

Il nous reste à faire les essais pour tester si cette vitesse d'avance du fil est suffisante.

5- CALCUL DE LA FORCE EXERCEE SUR LE FIL



Le dessin ci-contre représente le pousse-fil dans une vue « en bout ».

C_m est le couple moteur fourni par le motoréducteur. $C_m = 248$ N.mm

F représente le couple de forces qui s'exerce à la périphérie du pousse-fil donc sur le fil.

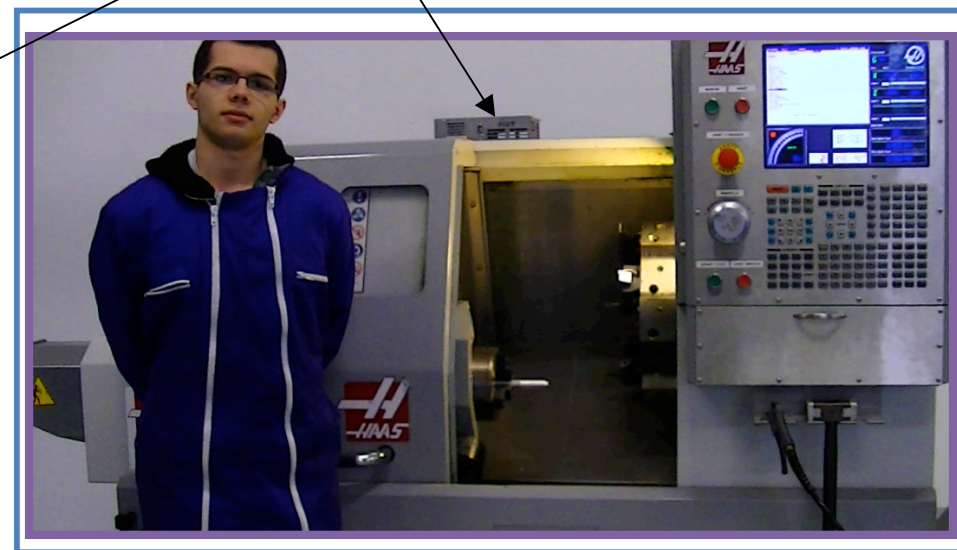
L'équation est la suivante : $C_m = F \times d$, d'où : $F = C_m / d$

On obtient alors : $F = 248 / 11 = 22,54$ N ce qui équivaut à une charge d'environ 2 kg.

Ceci nous conforte dans le fait que le motoréducteur possède un couple suffisant pour pouvoir entraîner le fil.

FABRICATION DES PIÈCES SUR MACHINES OUTILS A COMMANDE NUMÉRIQUE

Dans notre atelier de Productique Mécanique, nous disposons de tours et de fraiseuses conventionnels mais aussi de tours et fraiseuses à commande numérique. Pour réaliser les diverses pièces mécaniques appartenant au stylo 3D, nous avons utilisé la fraiseuse et le tour à commande numérique de marque HAAS.



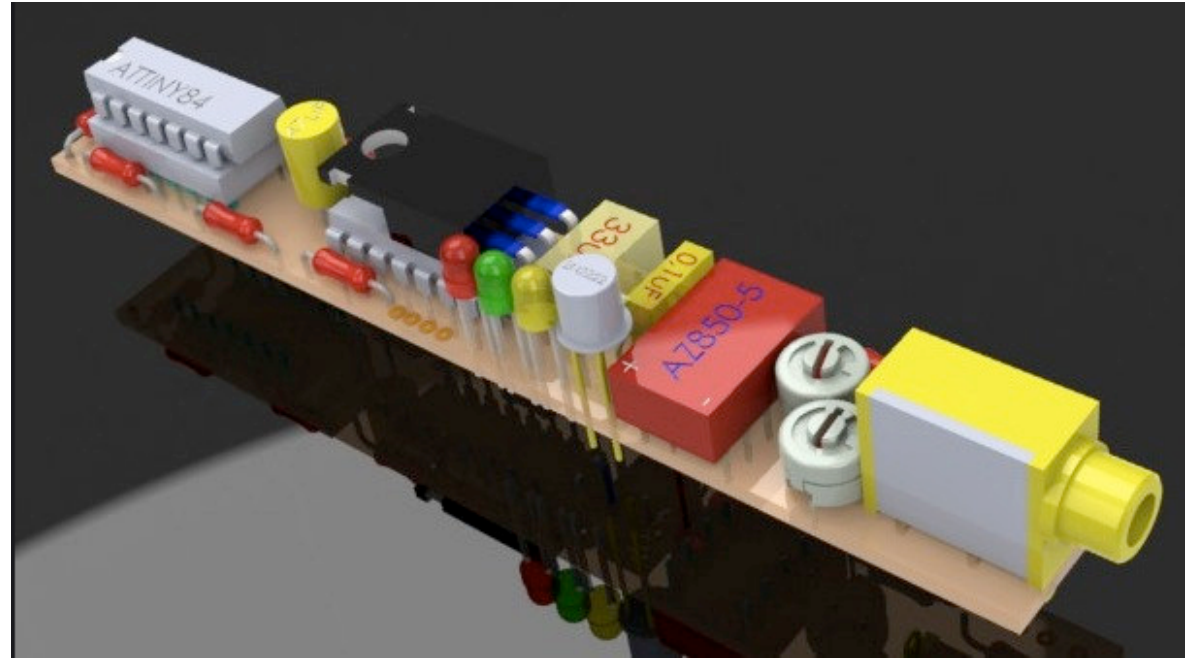
Nous avons ainsi usiné la buse du stylo 3D, le capuchon de la buse, le support du pousse-fil, le pousse-fil et l'axe du pousse-fil.

Nous avons élaboré à l'aide du logiciel EFICN les gammes de fabrication de toutes ces pièces (voir en annexe l'exemple de gamme de fabrication pour le support du pousse-fil).

LA PARTIE ELECTRONIQUE

Les composants électroniques sont en place sur la carte :

- Les leds de visualisation
- L'alimentation 12V/2A
- Le régulateur 12V pour la buse/ 5V pour le pilotage
- Une carte ARDUINO pour la programmation du microprocesseur ATTINY 84
- La régulation de la vitesse de l'extrudeur
- L'interrupteur avance/recul du fil
- Le câblage du motoréducteur



Il faut maintenant réaliser le circuit électronique. En tant qu'élèves de la section Productique Mécanique, nous n'avons pas travaillé sur cette partie électronique.

Elle concerne plus directement les élèves de la section SEN, Systèmes Electroniques et Numériques, présente au sein de notre lycée.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

A l'heure actuelle, le stylo 3D de Jean Monnet n'est pas assemblé. Des problèmes d'encombrement subsistent. Nous allons sûrement devoir « faire grossir » un peu notre stylo...

La partie électronique est aussi en cours d'aménagement et doit être simplifiée.

Nous souhaitons terminer le prototype du stylo 3D pour le 29 avril 2016, date de notre journée Portes Ouvertes au lycée. A ce moment-là, une démonstration sera réalisée où nous construirons par exemple le logo du lycée à l'aide du stylo 3D.

Puis, au cours de l'année scolaire 2016/2017, nous lancerons une fabrication en série d'une vingtaine de stylos 3D pour une utilisation pédagogique dans les cours d'Arts Plastiques.

ANNEXE

CARACTERISTIQUES DES MOTOREDUCTEURS

SKU	Description	Gear Ratio	Unloaded RPM		Unloaded Current (mA)		Stall Current (mA)		Stall Torque (gm*cm)		Dimensions (mm)		
			3V	6V	3V	6V	3V	6V	3V	6V	Length	Width	Height
GM2	Offset/Inline	224:1	24	46	40	50	400	NA	3500	4100	55	48	23
GM3	90 Degree	224:1	24	46	40	50	400	NA	3500	4100	70	22.5	37
GM4	Servo Body	325:1	67	77	64	93	322	529	2529	3668	40.6	20	38
GM6	Mini Offset/Inline	120:1	64	157	64	97	326	563	972.1	1519.3	37	21	27
GM7	Mini 90 Degree	120:1	75	146	80	92	310	524	981	1712.4	53	13	19
GM8	Offset/Inline	143:1	40	78	50	52	400	700	3200	5500	55	48	23
GM9	90 Degree	143:1	40	78	50	52	400	700	3200	5500	70.5	27	23
GM10	Centering Pager Gearmotor	81:1	454	233	13	20	118	220	158.5	228.26	14.3	25.4	28.8
GM11a	Metal Gearhead	63:1	182	358	33	49	590	1024	924	1277	33.3	12	10
GM12a	Metal Gearhead	100:1	85	169	18	32	290	456	1120	1960	30	12	10
GM13a	Metal Gearhead	150:1	58	109	32	38	258	480	1344	2268	33	12	10
GM14a	Metal Gearhead	298:1	45	77	33	44	589	1059	2528	5323	33	12	10
GM15	Pager Gear Motor	25:1	920	1550	100	200	210	350	35.28	69.33	20	6	6
GM17	Centered 3mm output shaft	228:1	12	30.6	16	24	253	492	3140	6013	51	27	37
GM18	Metal Gearhead	30:1	297	556	32	54	292	528	256.2	387.8	33.2	12	10
GM19	Metal Gearhead	134.5:1	385	706	112	176	1156	2128	541.8	674.8	34.8	15.3	15.6
GM20	Metal Gearhead	100:1	120	240	34	70	612	948	1526	2716	33.2	14	14
GM21	Metal Gearhead	360:1	11	23	38	42	360	692	3570	7434	47.6	15.5	15.5
GM22	Metal Gearhead	298:1	39	79	44	64	608	948	2884	3444	33.2	14	14

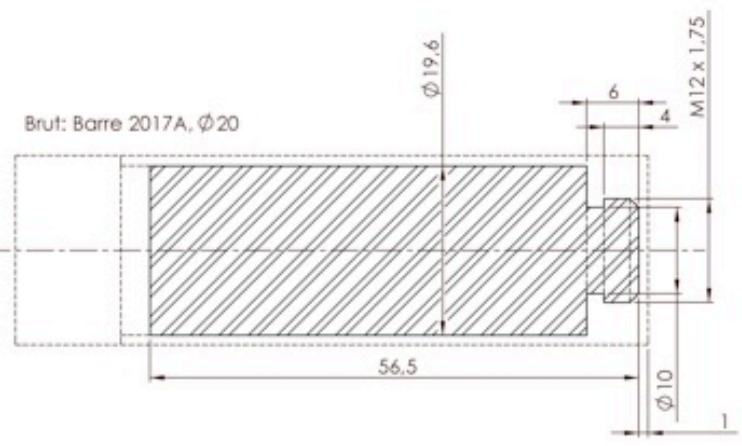


Solarbotics Ltd.
201 35th Ave NE
Calgary, AB T2E 2K5
Canada

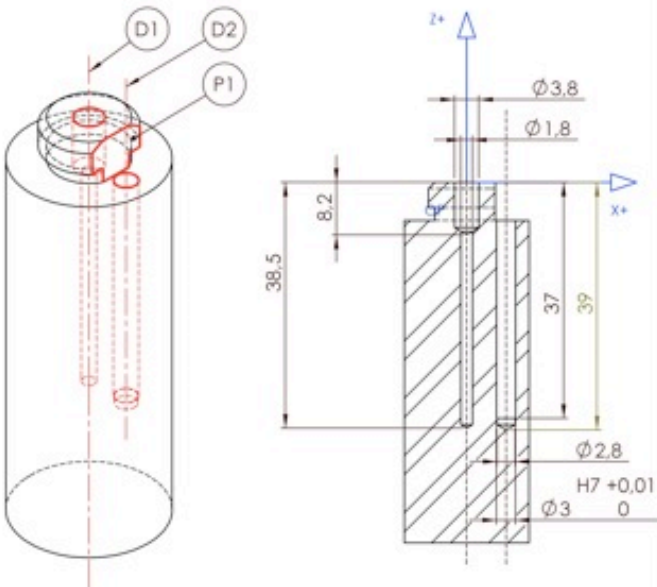
North America Toll Free: 1-866-276-2687
Local / International: 1-403-232-6268
Fax: 1-403-226-3741
www.solarbotics.com

ANNEXE

GAMME DE FABRICATION DU SUPPORT POUSSE-FIL

CONTRAT DE PHASE Phase 10		Ensemble	Style 3D		1/4	
		Pièce	Support pousse fil			
		Matériau				
		Série	1			
TOURNAGE HAAS SL10		Programme	%	Nom	Prof-engk	
		Fichier		Date	15/09/2015	
						
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f / fz	Vf	T	D
		mm/min	mm/rev	mm/min		

CONTRAT DE PHASE Phase 20	Ensemble	Style 3D		2/4	
	Pièce	Support pousse fil			
	Matériau				
	Série	1			
FRAISAGE HAAS	Programme	%	Nom	Prof-engk	
	Fichier		Date	15/09/2015	



	Porte-Pièce	Temps Total de Coupe	0	min			
		Temps Total Improductif	0	min			
		Temps de Montage	0	min			
		Temps Total de Phase	0	min			
OPERATIONS	OUTILS	Vc	n	f / fz	Vf	T	D
		mm/min	tr/min	mm/rev mm/min	mm/min		

ANNEXE

GAMME DE FABRICATION DU SUPPORT POUSSE-FIL (suite)

CONTRAT DE PHASE Phase 30		Ensemble Style 3D		3		
FRAISAGE HAAS		Pièce Support pousse fil		4		
		Matériau				
		Série 1				
		Programme %		Nom Prof-mgk		
		Fichier		Date 15/09/2015		
		Porte-Pièce		Temps Total de Coupe 0 min Temps Total Improductif 0 min Temps de Montage 0 min Temps Total de Phase 0 min		
OPERATIONS	OUTILS	Vc m/min	n tr/min	f / fz mm/tr mm/min	Vf mm/min	T min

CONTRAT DE PHASE Phase 40		Ensemble Style 3D		4		
FRAISAGE HAAS		Pièce Support pousse fil		4		
		Matériau				
		Série 1				
		Programme %		Nom Prof-mgk		
		Fichier		Date 15/09/2015		
		Porte-Pièce		Temps Total de Coupe 0 min Temps Total Improductif 0 min Temps de Montage 0 min Temps Total de Phase 0 min		
OPERATIONS	OUTILS	Vc m/min	n tr/min	f / fz mm/tr mm/min	Vf mm/min	T min

ANNEXE

Cotation pour contrôle (UNIQUEMENT) LE SUPPORT POUSSE-FIL

