



Lycée Eugène LIVET,  
44000 NANTES

Baccalauréat STI2D, Session 2019  
Innovation Technologique et Écoconception

## Rapport de projet :

Élève 1 : TARDY Baptiste : responsable de l'adaptation de la Dremel au châssis.  
Élève 2 : VRIGNAUD Alexis : responsable de l'adaptation de la plaque mobile au châssis.  
Élève 3 : SICARD Servan : responsable de la résolution des problèmes d'élasticités.

Nom des professeurs encadrants :

FAUCONNET / CANET

Les élèves du groupe :

Eleve 1 : TARDY Baptiste  
Eleve 2 : VRIGNAUD Alexis  
Eleve 3 : SICARD Servan

## Table des matières

1. Présentation du projet :.....	2
2. Objectifs du projet :.....	2
2.1-Les enjeux du projet :.....	2
3. Présentation du cahier des charges.....	3
3.1-Présentation de votre partie.....	3
3.2-Normes et Contraintes environnementales.....	3
3.3-Développement durable.....	3
4. Présentation des solutions envisagées.....	4
4.1-Justification des solutions choisies.....	4
4.2-Eco conception.....	6
4.3-Choix des matériaux.....	6
4.4-Justification des solutions retenues.....	7
5. Chaîne d'énergie et d'information.....	9
6. Description du fonctionnement.....	9
7. Modélisation du fonctionnement.....	10
8. Réalisation.....	13
9. Présentation des résultats.....	13
10. Comparaison entre simulation et résultats.....	13
11. Évolutions possibles.....	14
12. Bilan personnel du projet.....	14
13. Bilan économique.....	14
14. Conclusion.....	14
15. Lexique.....	15
16. Annexes.....	15

## **1. Présentation du projet :**

Un Fablab nous demande d'adapter une Dremel à un châssis pour créer des gravures anglaises :

-Pourquoi une Dremel ?: Le Fablab nous a fourni un outil de la marque Dremel car ils sont parmi les plus résistants et polyvalents ce qui fait qu'il y en a souvent dans les Fablabs. Ces Fablabs étant aussi des laboratoires de fabrication ouverts à tous et à toutes les créations : numérique, couture, bois, découpe laser, impression 3D, etc, il arrive régulièrement que des bricoleurs aient besoin de créer leurs propres circuits imprimés pour leurs projets.

-Pourquoi de la gravure anglaise ?:

Les Fablabs étant des lieux associatifs, donc avec des budgets faibles, fortement concernés par des pratiques écoresponsables, avec une approche raisonnée de la créativité matérielle, l'utilisation de produits chimiques pour une gravure classique de Circuit Imprimé dans des fablabs n'est pas envisageable.

Nous avons décidé de répondre à ce besoin en choisissant des systèmes déjà existants et donc notre travail est d'adapter ces systèmes en sachant que ceux-ci doivent rester démontables pour les utiliser seul à leurs fonction de base.

Les systèmes que l'on nous a mis à disposition sont :

-un chariot croisé de la marque Makeblock, qui sera la base de notre travail.  
Ce chariot croisé est initialement conçu pour dessiner un dessin créé numériquement sur du papier. Disponible au grand public sur internet.

-un outil de la marque Dremel disponible au grand public dans tous les magasins de bricolage.



## **2. Objectifs du projet :**

L'objectif de notre projet est d'adapter une Dremel à un châssis pour réaliser de la gravure anglaise à partir de fichiers de circuit imprimé numérique, la Dremel fera office de fraiseuse et le chariot croisé du déplacement en X et Y.

### **2.1-Les enjeux du projet :**

Le Fablab qui nous a proposé ce projet nous a fourni un diagramme de contexte afin que l'on comprenne bien leurs attentes (voir diagramme de contexte en annexe). Ils nous ont également donné des conditions à respecter (voir diagramme d'exigence en annexe).

### 3. Présentation du cahier des charges

Il m'est exigé d'adapter la Dremel au chariot croisé sans vis, ni colle pour que la Dremel grave des circuits imprimer numériquement dans une plaque de cuivre, une course en « z » de 3mm est exigée. (voir Cahier des charges en annexe papier)

Cahier  
Des  
Charges  
Fonctionnel

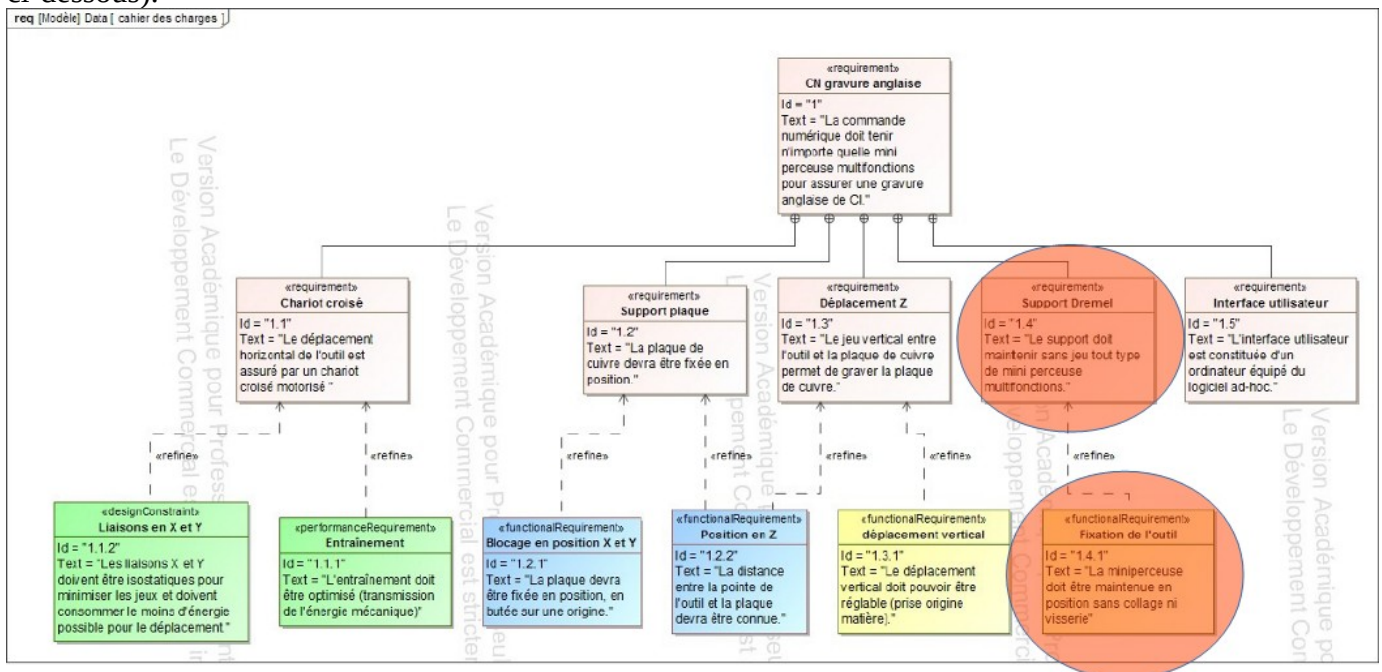
Système étudié :  
Dremel

CCC - atelier numérique

page 11

#### 3.1-Présentation de votre partie

L'objectif de ma partie est d'adapter la Dremel au châssis. (visible en orange sur le diagramme d'exigence ci-dessous).



#### 3.2-Normes et Contraintes environnementales

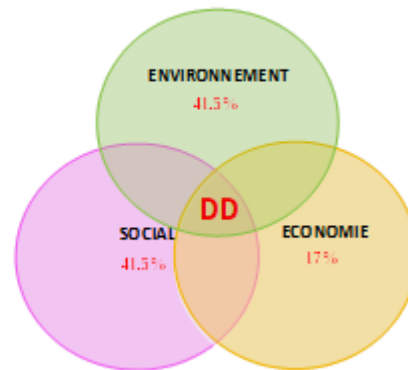
Sachant que la Dremel et le Chariot croisé répondent aux normes européennes, notre support est donc lui aussi aux normes. Notre projet doit répondre aux contraintes environnementales, pour répondre à ces contraintes nous avons choisi des matériaux qui se recyclent le mieux possible.

### 3.3-Développement durable

Ma partie s'appuie sur les piliers « Développement durable » et « Économique ».

**BILAN DE L'EVALUATION DD DU PROJET**

	Points	Pourcentage
ENVIRONNEMENT	50	41,5
SOCIAL	50	41,5
ECONOMIE	20	17
<b>TOTAL</b>	<b>120</b>	<b>100 %</b>



## 4. Présentation des solutions envisagées

### 4.1-Justification des solutions choisies

Premièrement, pour trouver différentes solutions nous avons utilisé une technique de créativité nommée « ASIT ». Nous avons appliqué cette méthode :

Pièces	supprimer	Dupliquer	fusionné	Casser la symétrie
Châssis	Oui	non	non	Non
Moteur x	Non	non	non	Oui
Moteur z	Non	non	non	Oui
Moteur y	Non	non	non	Oui
Courroie	Non	oui	non	Non
Dremel	Non	oui	oui	Non
Support Dremel	Non	non	oui	Non

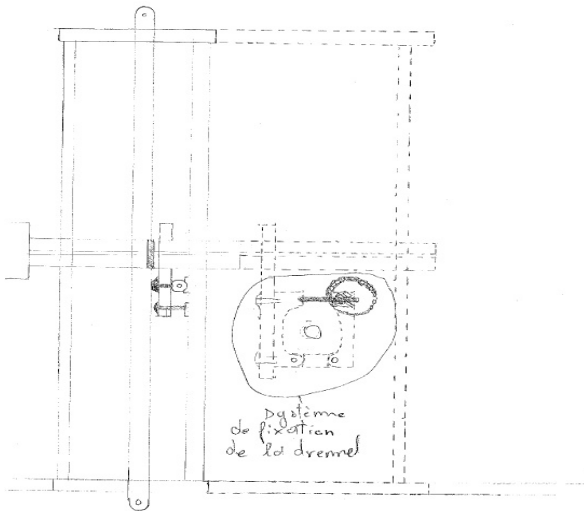
## Projet Dremel :



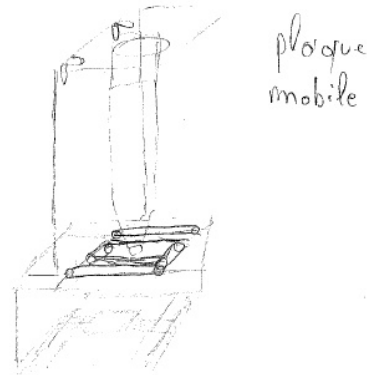
j'en ai ensuite déduit deux possibilités :

Solution 1

Dremel mobile



Solution 2



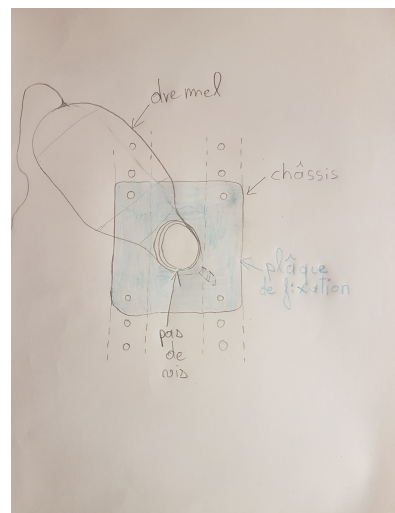
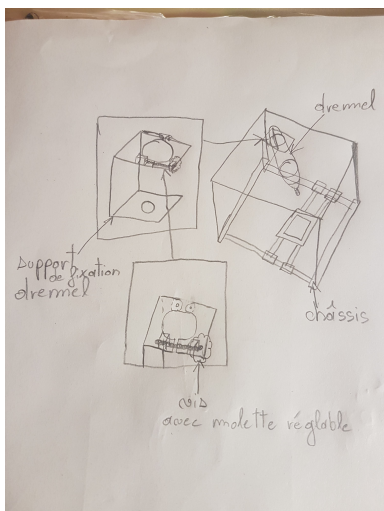
Une première solution où la Dremel qui serait fixer sur le chariot croiser et qui se déplacerai sur les axes X et Y, et qui graverai donc la plaque de cuivre.

Ainsi qu'une seconde, où la Dremel serait fixer au châssis et où la plaque de cuivre se déplacerai sur l'axe X et Y pour tracer les lignes du circuit imprimer sur la plaque de cuivre.

Deuxièmement, après avoir choisis de fixer la Dremel au châssis je devais réaliser un système afin de la maintenir au châssis sans jeu pour répondre aux exigences (voir Diagramme d'exigence en annexe), plusieurs solution se sont offertes à moi :

Une première où le support formerai un « U » penché de 45 degrés, la Dremel serait donc ainsi fixée en bas de celle-ci ainsi qu'en haut. Ce système comprendrait pour une fixation en haut une pièce qui ferait le tour de la Dremel et qui pourrait se serrer dessus grâce à une vis de réglage.

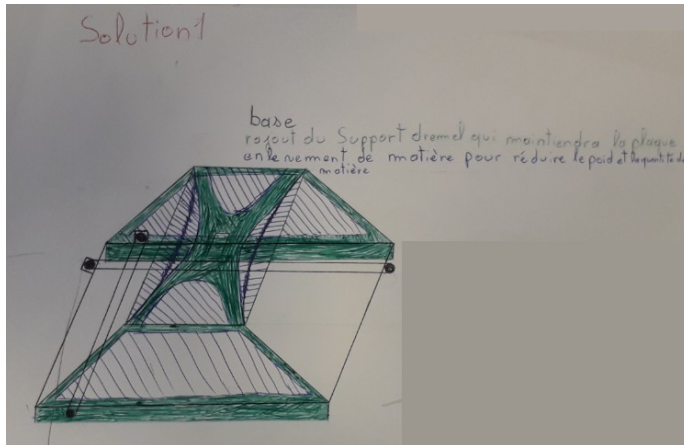
Ainsi qu'une deuxième, où une plaque comprenant un pas de vis en son centre permettrait de fixer la Dremel en la vissant sur cette plaque



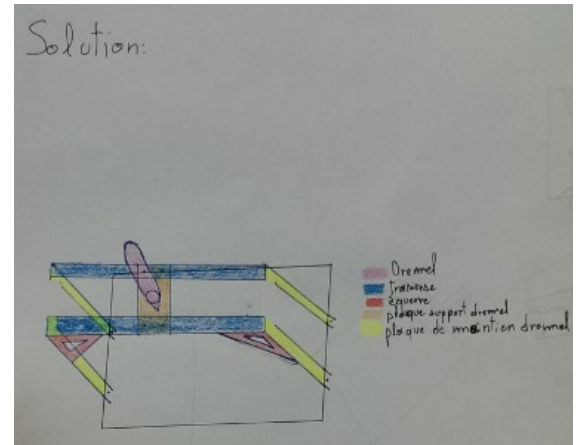
## Projet Dremel :



Troisièmement, après avoir choisit de fixer la Dremel grâce a une plaque de fixation, je devais donc choisir comment fixer cette plaque de fixation, deux solutions s'offraient à moi :



Une première ou la plaque serait maintenue par deux trapèzes situer parallèlement aux extrémités du châssis, relie par deux traverses qui soutiendraient la plaque de fixation avec la Dremel dessus.



Une seconde ou des barres font la liaison entre les traverses soutenant la plaque de fixation de la Dremel

Quatrièmement, pour la course en « Z » de 3mm ce n'est pas moi qui m'en suis occupé car c'est mon camarade Alexis qui s'occupait de la plaque de cuivre et nous avons décidé que ça soit la plaque de cuivre qui fasse une course en « Z ».

## **4.2-Eco conception**

La pièce qui fixe la Dremel au châssis va être conçu en injection, nous avons fait au mieux pour que les matériaux utilisés soit recyclables et que l'impact sur l'environnement soit le plus faible possible (voir 4.3 choix des matériaux).

Ensuite, après réflexion nous avons choisit d'utiliser des rails de la même marque que le châssis (« Makeblock ») au lieu de créer de nouvelles pièces et afin de réduire l'empreinte carbone ainsi que le coût du projet.

## **4.3-Choix des matériaux**

Afin de concevoir notre projet en prenant notamment en compte l'écoconception, j'ai réalisé une étude avec le logiciel CES Edupack. En prenant en compte les critères suivant :

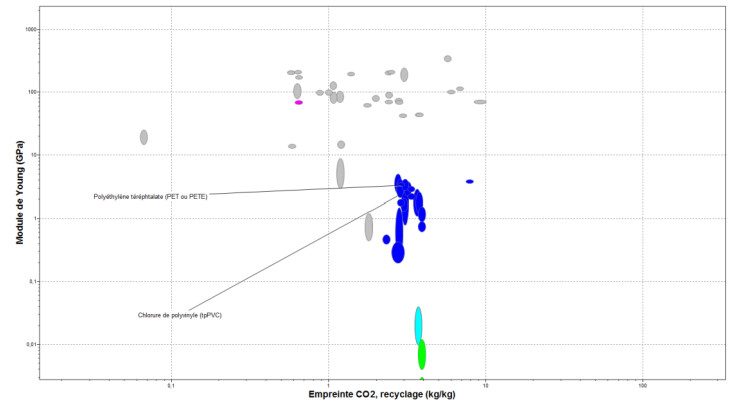
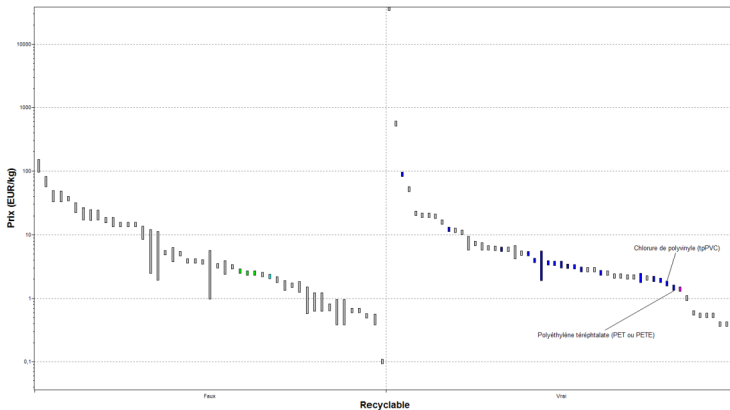
- Les pièces vont être conçu en injection plastique (car le métal serait plus solide mais ferait augmenter drastiquement le coût de notre projet ainsi que son empreinte carbone)
- Le module de Young (résistance des matériaux)
- Le prix (afin de réduire le coût du projet)
- Le recyclage du matériaux (afin que les pièces que nous créons soit recyclables pour répondre aux critères d'écoconceptions)



## Projet Dremel :



-L'empreinte carbone (afin de choisir un matériaux qui pollue le moins possible)



Nous en avons donc déduit que nous devons utiliser du :

Polyéthylène téréphtalate (PET ou PETE) :

Les bons points du matériaux :

- économique
- écologique
- recyclable
- injectable

### Polyéthylène téréphtalate (PET ou PETE)

Disposition : **Edu Niveau 2 avec propriétés environnementales et du** [Afficher/Masquer](#)

Polymères et elastomères > Polymères > Thermoplastique >

#### Description

Le matériau dans un produit



#### Légende de l'illustration

Conteneurs de boissons PET, sous pression ou non. © Tee design and printing Ltd

#### Le Matériau

Le terme polyester est dérivé de la combinaison de 'polymérisation' et 'estérification'. Les polyesters saturés sont thermoplastiques – par exemple le PET et le PBT; ils ont de bonnes propriétés mécaniques à des températures aussi élevées que 175°C. Le PET est clair comme du cristal, imperméable à l'eau et au CO<sub>2</sub>, mais un peu d'oxygène peut passer à travers lui. Il est robuste, résistant, facile à mettre en forme, à assembler et à stériliser – ce qui autorise sa réutilisation. Lorsque sa première vie arrive à son terme, il peut être recyclé pour donner des fibres pour les tapis et des matériaux de rembourrage pour les vêtements. Les polyesters insaturés sont thermodurcissables; il sont utilisés comme matrice dans les composites fibres de verre/polyester. Les polyesters élastomères sont résilients et s'étirent jusqu'à 45% en longueur; ils ont une bonne résistance à la fatigue et retiennent leur flexibilité à basses températures.

#### Composition (résumé)

$(\text{CO}-(\text{C}_6\text{H}_4)-\text{CO}-\text{O}-(\text{CH}_2)_2-\text{O})_n$

#### Propriétés générales

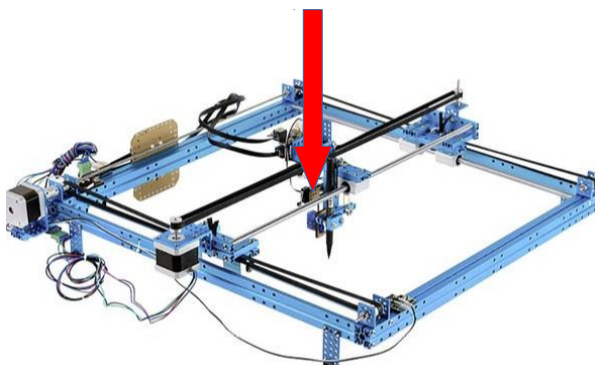
Masse Volumique	①	1,29e3	-	1,4e3	kg/m³
Prix	①	* 1,33	-	1,62	EUR/kg
Date de première utilisation ("-" signifie "Avant Jésus Christ")	①	1941			

#### Propriétés mécaniques

Module de Young	①	2,76	-	4,14	GPa
-----------------	---	------	---	------	-----

## 4.4-Justification des solutions retenues

Premièrement, nous avons retenue la deuxième solution car après des tests de pressions effectués grâce à un poids égal à celui de la Dremel posé sur les rails ou coulisserait la Dremel dans la première solution effectués cela aurait compliqué le déplacement de celle-ci. Donc nous avons privilégié la deuxième.





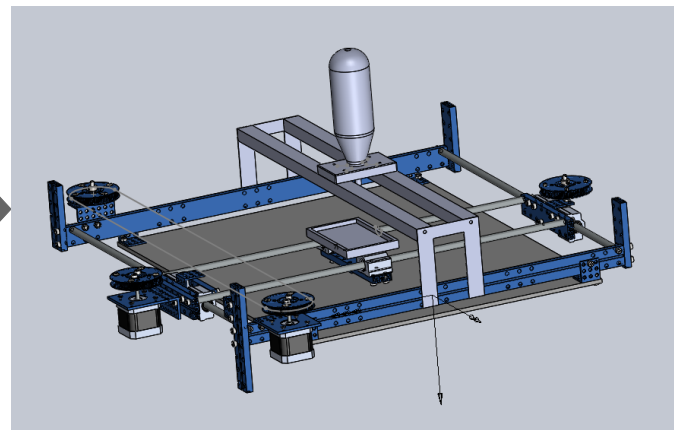
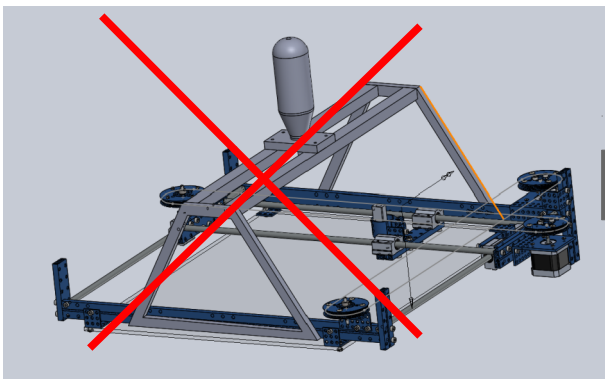
## Projet Dremel :

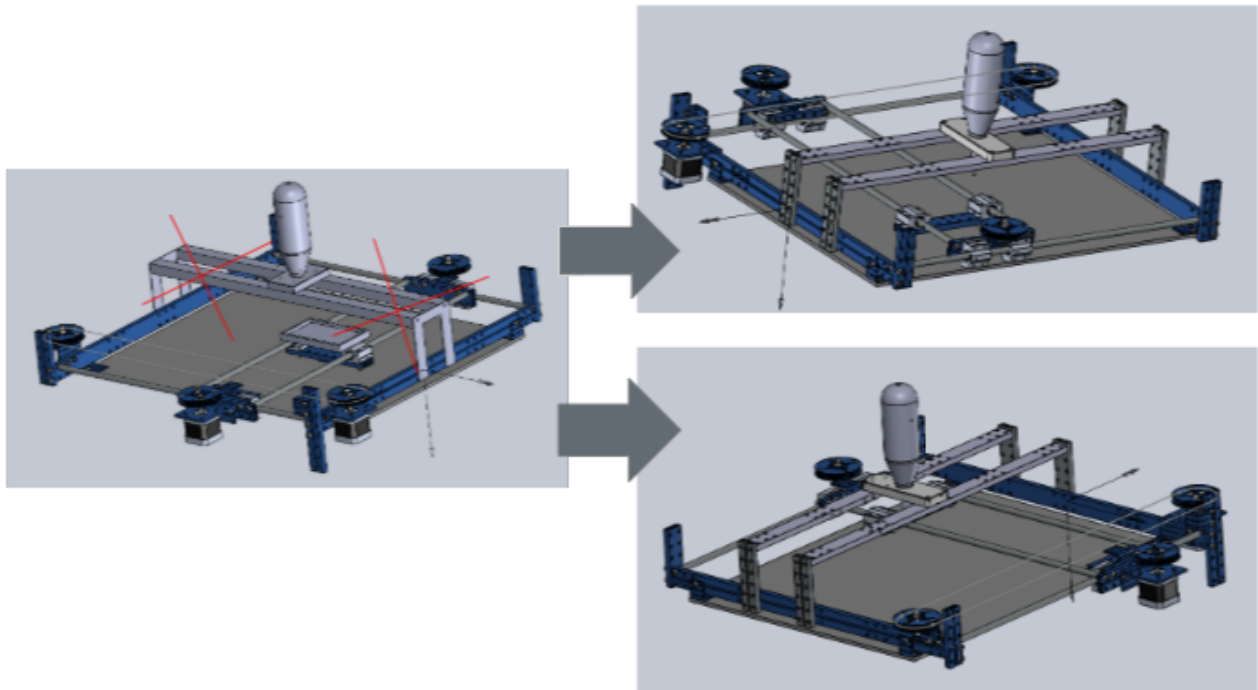


Deuxièmement, après avoir choisis de fixer la Dremel au châssis, j'ai donc du concevoir un système pour la maintenir sans jeu (comme demandé dans le diagramme d'exigence), Parmi les deux solutions trouvé ci-dessus j'ai choisis la deuxième suite à des tests effectués sur une maquette de cette pièce créée en 3D (en sachant que le plastique que nous utiliserons sera plus solide que celui de l'imprimante 3D) pour voir si la deuxième solution était suffisante ou s'il fallait fixer la Dremel aussi en haut comme sur la première solution. Pour effectuer ces tests j'ai conçu une maquette en 3D de cette pièce et visser la Dremel dedans et je l'ai lancée à pleine puissance (celle-ci était coincée dans un étau pour être sûre qu'elle ne bouge pas) et j'ai ainsi pu voir que la Dremel n'était pas du tout désaxée (un tout petit peu mais négligeable (voir 9. Présentation des résultats) et donc qu'il n'y avait pas besoin de la fixer en haut, c'est pourquoi j'ai privilégié la deuxième.

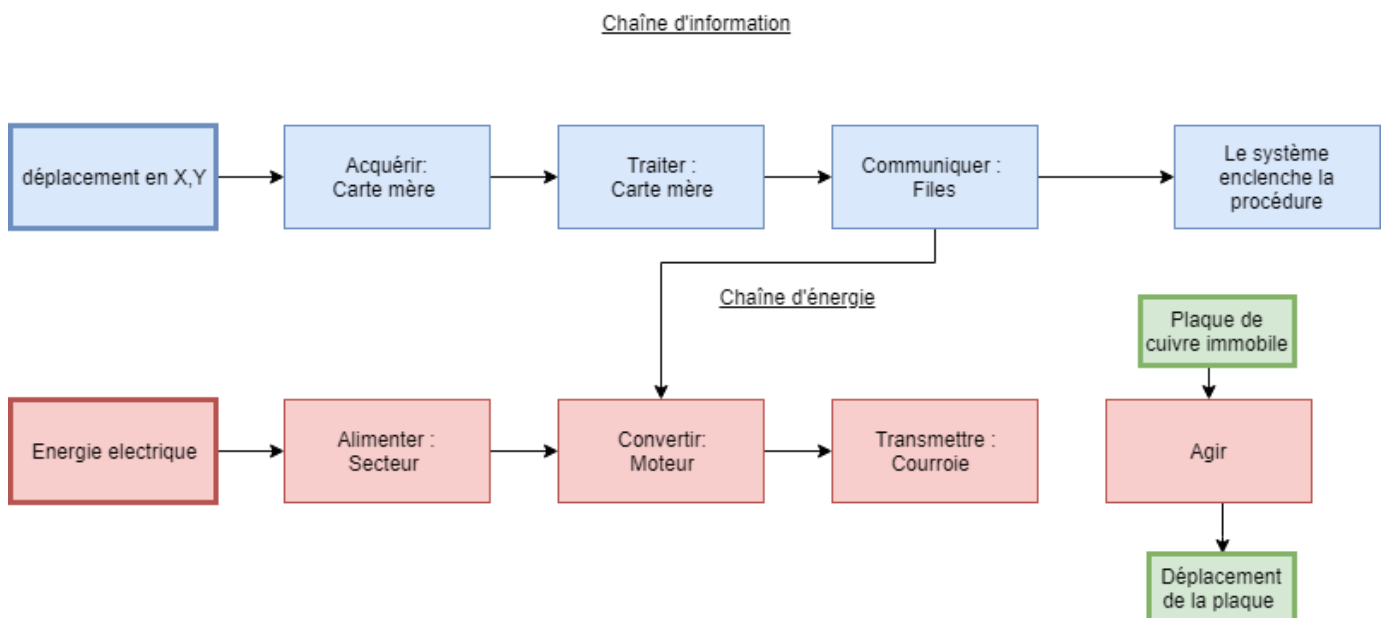


Troisièmement, afin de fixer la plaque de fixation de la Dremel réalisée précédemment ci-dessus je devais choisir comment la fixer. J'ai choisi la deuxième solution en utilisant des rails de chez Makeblock pour que soit aussi solide que la première si l'on aurait créé les pièces en injection plastique afin que le coût final du projet soit réduit.





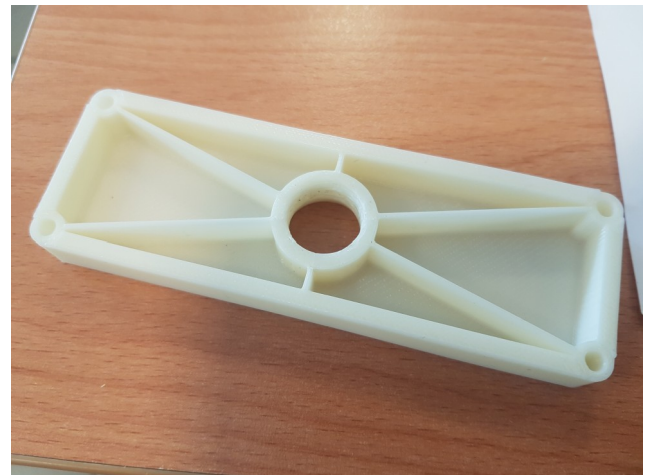
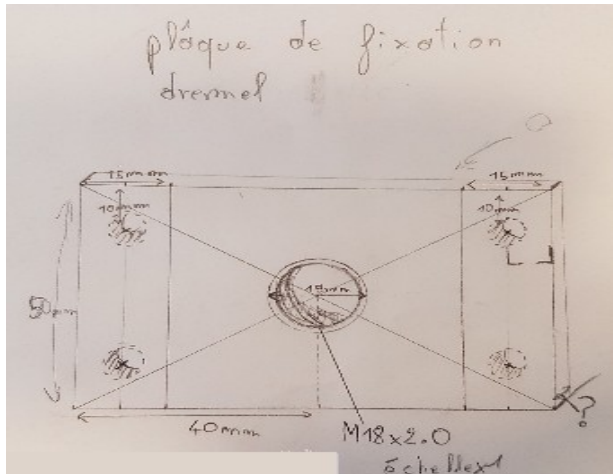
## 5. Chaîne d'énergie et d'information



## 6. Description du fonctionnement

La Dremel est fixée au châssis par une pièce conçu premièrement sur croquis puis ensuite modélisée sur Solidworks avant d'imprimé une maquette : (j'ai légèrement modifié le croquis initial ci dessous pour adapter la pièce aux rails Makeblock).

## Projet Dremel :



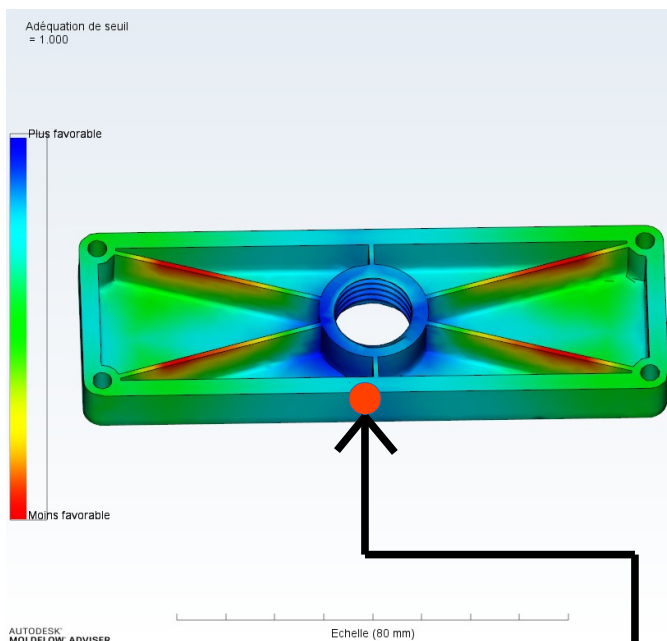
La pièce réalisée en 3D est ensuite fixée au dessus du châssis grâce à des rails Makeblock, ainsi la plaque de cuivre peut venir se graver sur la fraise de la Dremel en dessous, c'est la plaque qui est mobile, la dremel est fixée grâce à la pièce conçue ci-dessus qui est indirectement fixée au châssis.

## 7. Modélisation du fonctionnement

J'ai personnellement modélisé sur Solidworks, la pièce qui permet de maintenir la Dremel sans jeu comme exigé dans le Diagramme d'exigence. Premièrement j'ai modélisé cette pièce à partir de mon croquis, sur Solidworks puis j'ai lancé une simulation d'injection sur le Logiciel Moldflow :

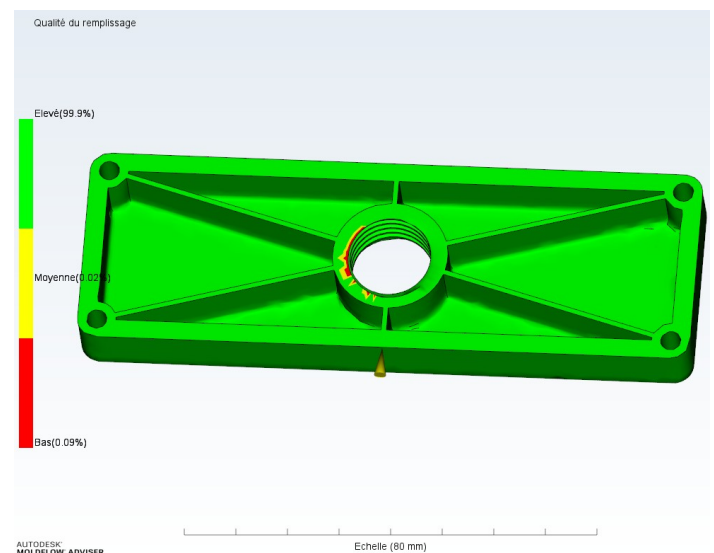
(je l'ai fait aussi avec Solidworks mais Moldflow est plus complet)

-Pour savoir où placer au mieux le seuil d'injection :



En continuité avec cette simulation nous avons placé notre seuil d'injection ici car c'est compliqué de le mettre au centre du moule.

-Pour savoir si la pièce était injectable :



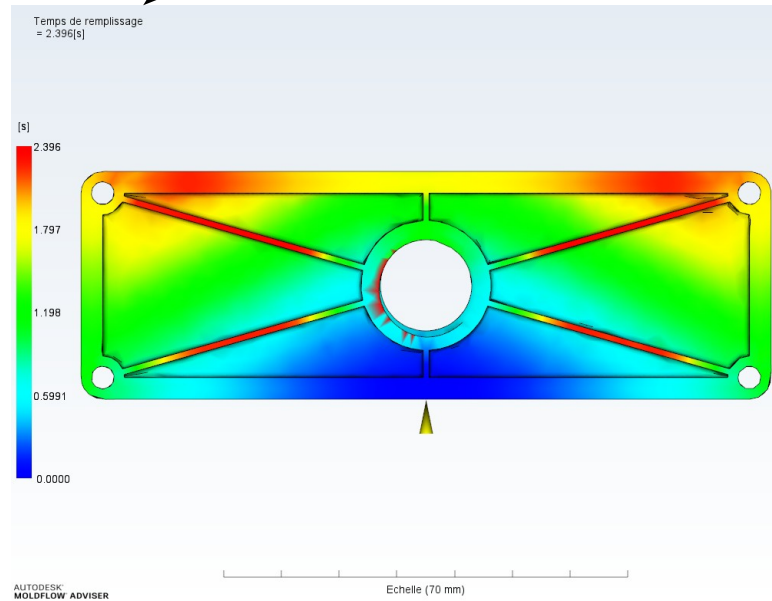
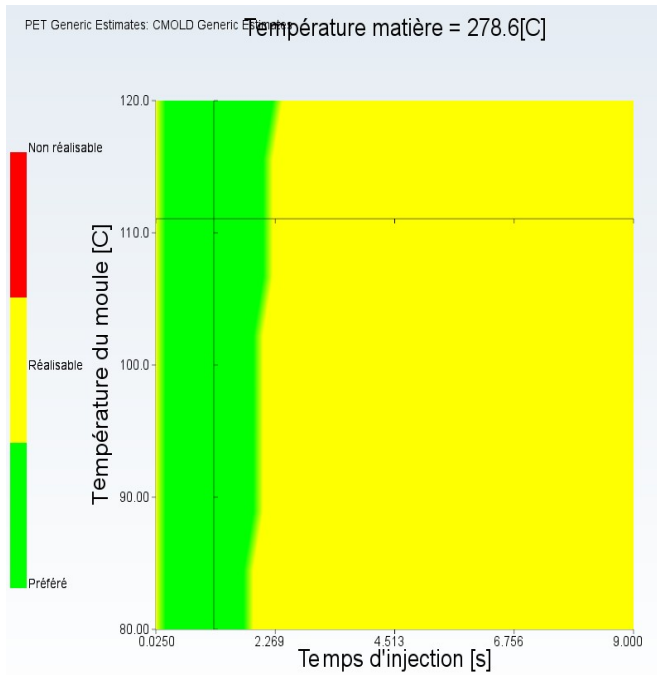
On voit que notre pièce est bien injectable néanmoins, on voit un peu de rouge au centre de celle-ci mais ce n'est pas grave car dans tous les cas le pas de vis doit être retravaillé car le faire en injection serait compliqué lors du démoulage.

## Projet Dremel :

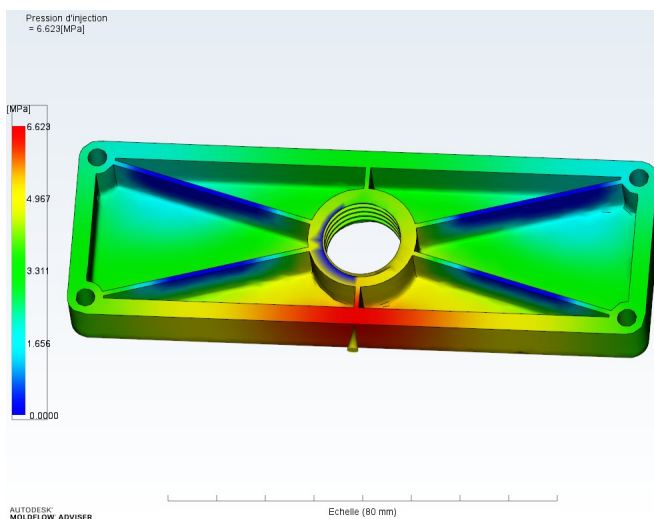


-Pour savoir à quelle température faire chauffer le moule de la presse à injecter :

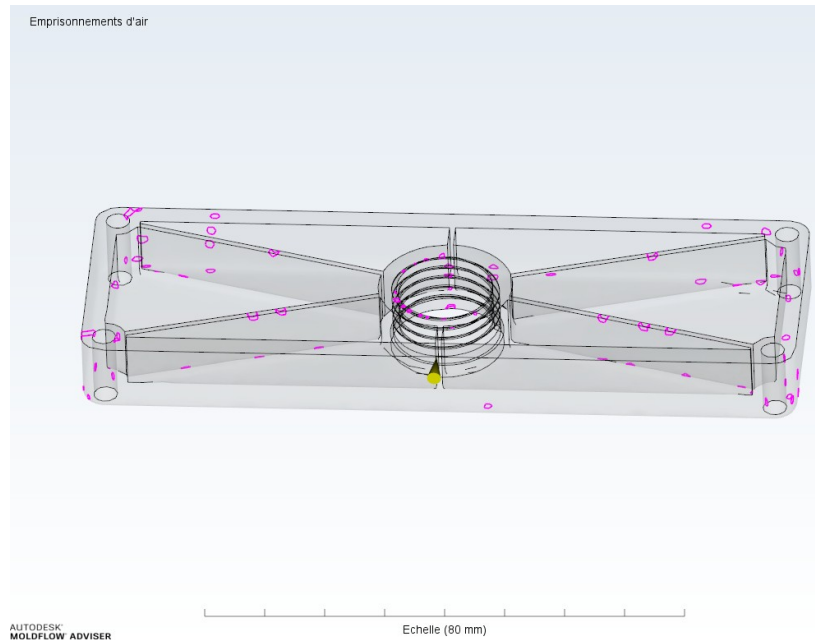
-Pour savoir le temps de remplissage :



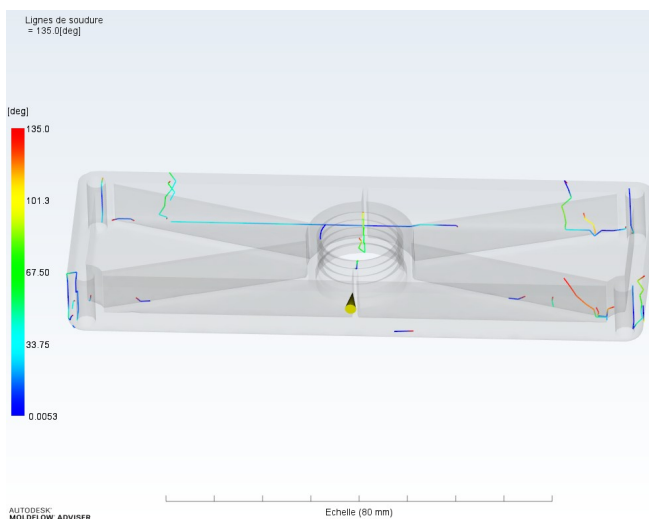
-Pour savoir quelle était la pression d'injection :



-Pour voir s'il on avait des bulles d'airs :



-Pour voir s'il y avait des lignes de soudures :

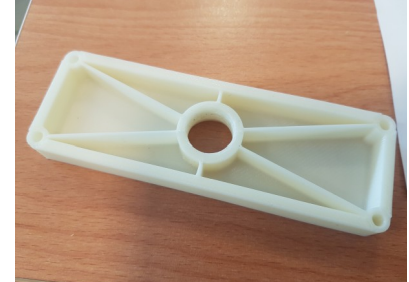


Ci-dessus et à gauche, on distingue beaucoup de bulles d'air et de lignes de soudures pour remédier à ça il faudrait que toute les parois extérieur ainsi que les nervures et puis le fond soit de la même épaisseurs cela aiderait à les injecter sans les fragilisés.



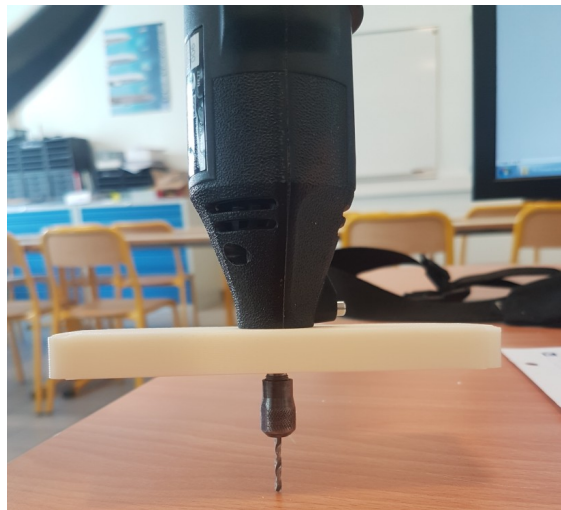
## **8. Réalisation**

J'ai réalisé à l'aide d'une imprimante 3D une maquette de ma pièce, je l'ai réalisé personnellement du croquis à Solidworks puis je l'ai envoyé vers l'imprimante 3D et lancer l'impression de la maquette.



## **9. Présentation des résultats**

Pour savoir si nous devions fixer la Dremel en 1 point ou en 2 points, j'ai réalisé la pièce ci-dessus grâce à une imprimante 3D afin de faire un test pour savoir si 1 seul point d'attache suffisait, j'ai donc fixé la Dremel sur cette pièce et coincer celle-ci dans un étau, après avoir lancer la Dremel à pleine puissance j'ai pu mesurer à l'aide d'un dynamomètre la pression exercée par le désaxement de la Dremel en son point le plus haut (la ou il y a le plus de force présumé), j'ai mesuré une force inférieure à 0.5 Newton, cette force est très faible nous avons donc décidé de la négliger car cela représentait moins de 0.5 mm de désaxement.



## **10. Comparaison entre simulation et résultats**

J'ai réalisé une fixation de la Dremel sans jeu, ni vis, ni colle, démontable comme demander sur le cahier des charges sauf la course en « Z » car c'est mon camarade Alexis qui s'en est occupé et qui à réussi a valider cette exigence. Ma pièce pourrait être améliorer suite aux simulation effectuées précédemment pour qu'elle puisse être injecter avec moins de default et donc commercialisé. Nous avons respectez un budget correct car un budget de moins de 100 € est raisonnable pour un Fablab.



## 11. Évolutions possibles

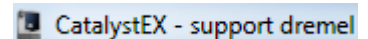
Que peut-on encore faire pour améliorer le système ? Les évolutions possibles sont de finir notre projet et de lancer un kit d'adaptation Dremel avec le châssis de chez Makeblock en production pour cela il faudrait faire les moules pour les pièces afin d'être prêt à les injecter. Il manque aussi la partie Programmation mais ce n'est pas notre rôle nous devons la délégué aux élèves en filière SIN.

## 12. Bilan personnel du projet

Les points positifs que je peux tirer de ce projet sont d'avoir appris à travailler en équipe, à se répartir les tâches ainsi que à gérer notre temps et mettre des priorités sur certaines choses.

Les difficultés que nous avons rencontrées ont été principalement d'avoir perdu du temps à refaire plusieurs fois nos pièces respectives sur Solidworks.

## 13. Bilan économique



J'ai utilisé le logiciel « catalystEX » pour calculer combien de matière plastique il me fallait pour réaliser ma maquette en imprimante 3D :

### Détails du plateau

Nom :	support_dremel_final
Matière modèle :	24,89 cm <sup>3</sup>
Matière support :	5,60 cm <sup>3</sup>
Temps :	2:13

Il me fallait donc 24.89cm<sup>3</sup> de matière pour réaliser ma pièce et 5.60 cm<sup>3</sup> afin de créer le support, ce qui fait un total de :  
 $24.89 + 5.60 = 30.49 \text{ cm}^3$ . En sachant que 1cm<sup>3</sup> revient à 1.25 €,  
Donc  $30.49 \times 1.25 = 38.11 \text{ €}$ .

Ensuite pour l'achat des rails Makeblock supplémentaire aux chariot croisé (déjà fournis pour notre projet) :

Profilés (jeu de 2) 128mm x4 =16.80€

Profilés 496mm x2 =32€

Total= Pièce imprimé en 3D + Profilés 128mm + Profilés 496 mm=  $38.11 + 16.8 + 32 = 86.91\text{€}$ .

## 14. Conclusion

Le projet a été très intéressant pour ma part car c'est un projet que j'aurai pu concevoir chez moi( je suis bricoleur) car j'ai souvent besoin de circuit imprimés, mais si j'avais réalisé ce projet chez moi je n'aurais pas utilisé les techniques que j'ai acquies au fil de l'année, comme utilisé Solidworks ou une imprimante 3D pour réaliser un projet. Ce projet m'a aussi beaucoup apporté socialement parlant il m'a permis de me rapprocher de mes camarades de classe, d'apprendre à gérer la répartition des tâches aussi bien que celle du stress, je ne peux que vanter les bienfaits du travail en équipe même si parfois c'est compliqué j'en est déduit que plus tard je voudrais travailler en équipe ou bien en gérer une. D'un point de vue technique le châssis était intéressant à monter et le fait de voir le résultat final est très satisfaisant. Le seul point négatif que je peux donner à ce projet est le fait que nous travaillons souvent sur les ordinateurs ce qui est très fatigant pour les yeux, ce projet m'a permis de savoir que plus tard je ne veux pas passer ma vie devant un ordinateur. Je remercie les professeurs Yves Fauconet et Sébastien Canet de nous avoir aidé, encadré et aiguillé tout au long de notre projet.

## 15. Lexique

Dremel : multi-outils rotatif filaire destinée à usiner des petits détails sur tout type de matériaux suivant les outils utilisés (fraises, mèches, etc).

Gravure anglaise : méthode de gravure qui consiste à graver directement sur une plaque de cuivre des circuits imprimés sans enlever l'excédent de cuivre inutile, dans l'industrie ils enlèvent cet excédent de cuivre par des procédés chimiques polluants et coûteux. Cette méthode favorise donc le développement durable (photo en annexe).

Chariot croisé X et Y : ensemble de pièces permettant le déplacement sur les axes X et Y d'un outil ou d'un objet (ici de la plaque de cuivre) afin de réaliser un dessin, une gravure, une pièce (imprimante 3D),...

## 16. Annexes

Diagramme de contexte :

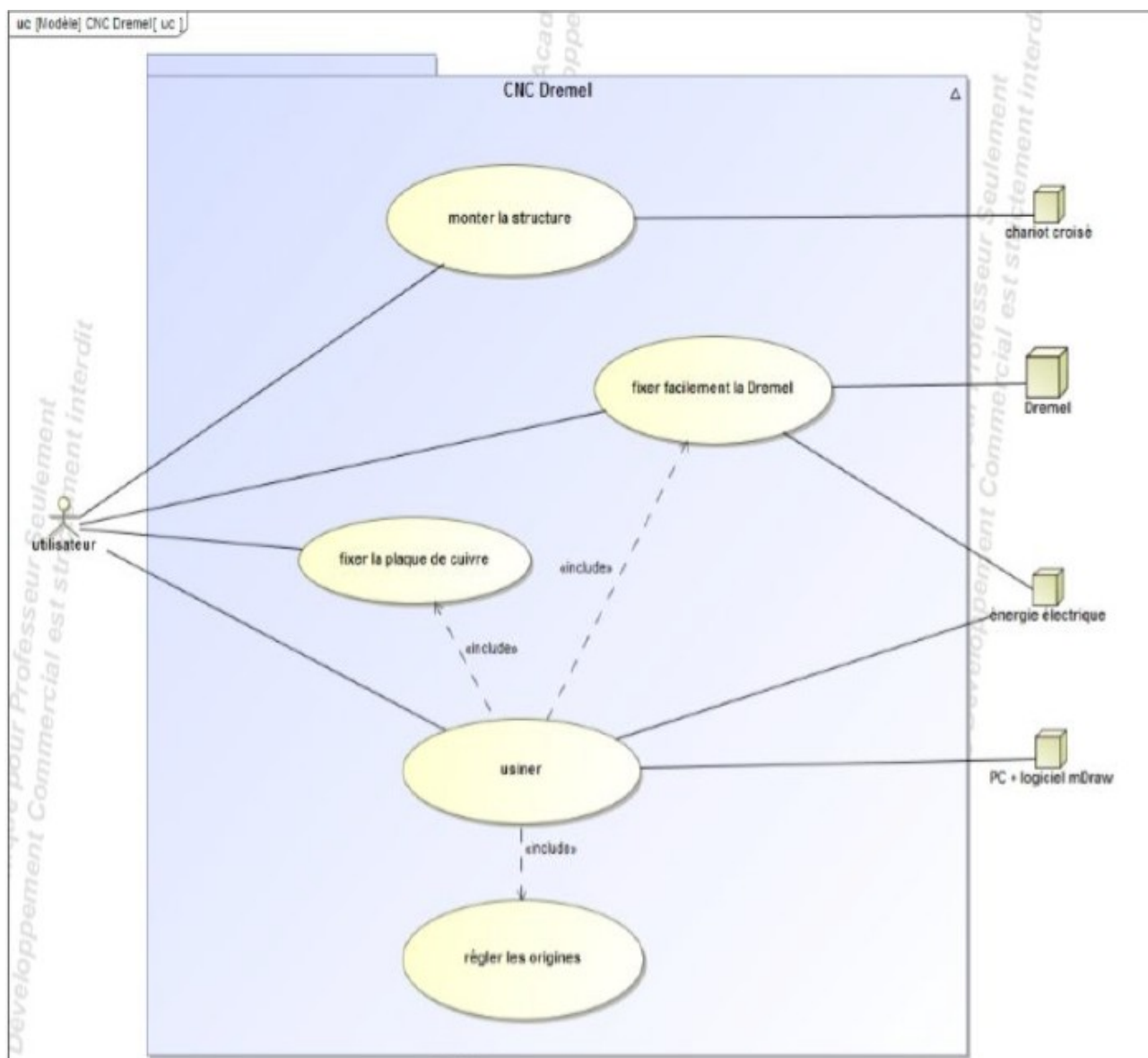
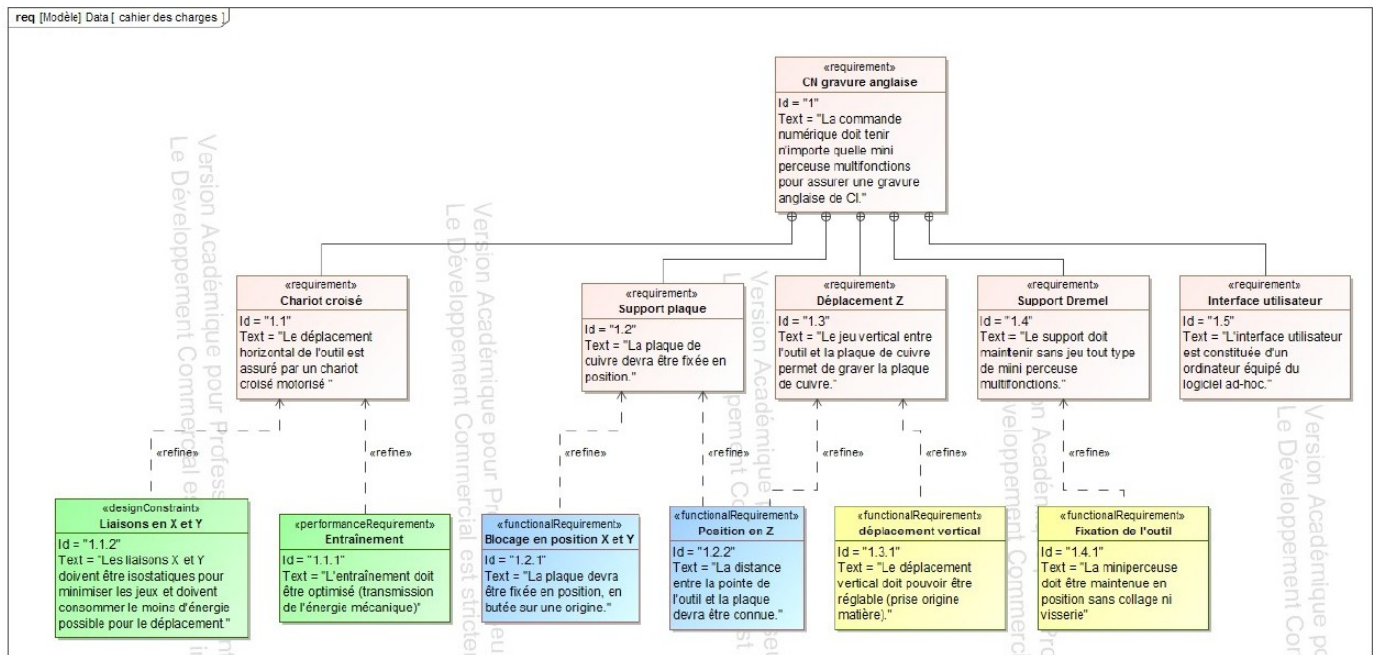


Diagramme d'exigence :



Exemple de gravure anglaise :

