

Conception mécanique et mécanique vibratoire

Garnier Dylan

Projet : Table vibrante



Les différentes images présentes dans ce document ont pour objectif d'illustrer les travaux réalisés au cours du projet. Pour des raisons de lisibilité, certaines d'entre-elles sont consultables en plus grosses dimensions en annexes.

Objectif personnel :

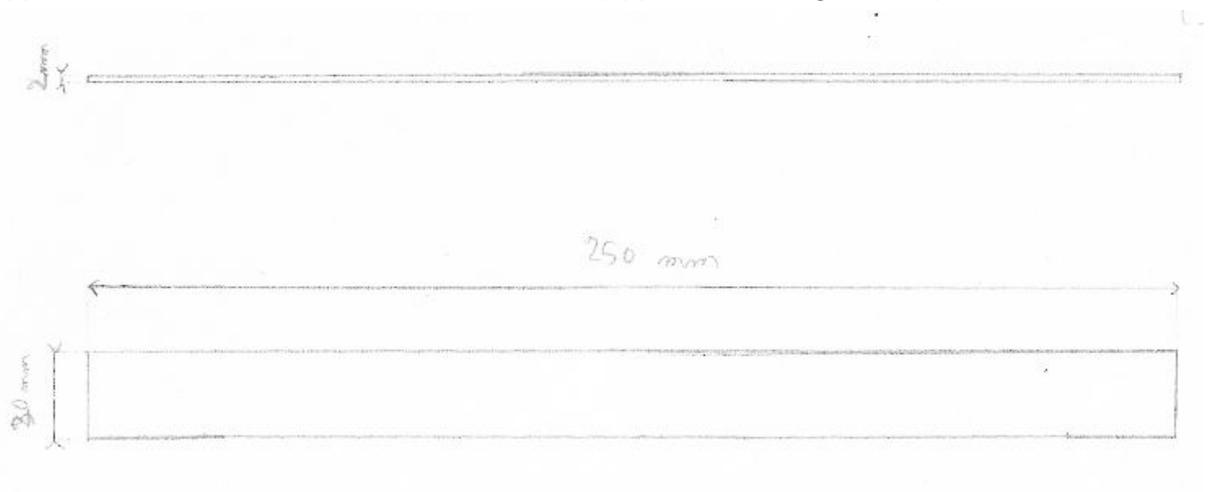
Etant intéressé par la partie mécanique du projet et en alternance au sein d'un bureau d'études mécanique, j'ai choisi de travailler sur la conception mécanique ainsi que l'étude vibratoire du système. Je compte mettre en évidence les pulsations propres du système, et concevoir un mécanisme permettant d'exciter la table sur laquelle sera fixée la lame.

J'espère améliorer ma démarche de conception mécanique, comprendre plus en détail le cours de mécanique vibratoire et appliquer ce dernier dans le cas d'une étude concrète.

Semaine 9 :

Découverte du projet et constitution du groupe.

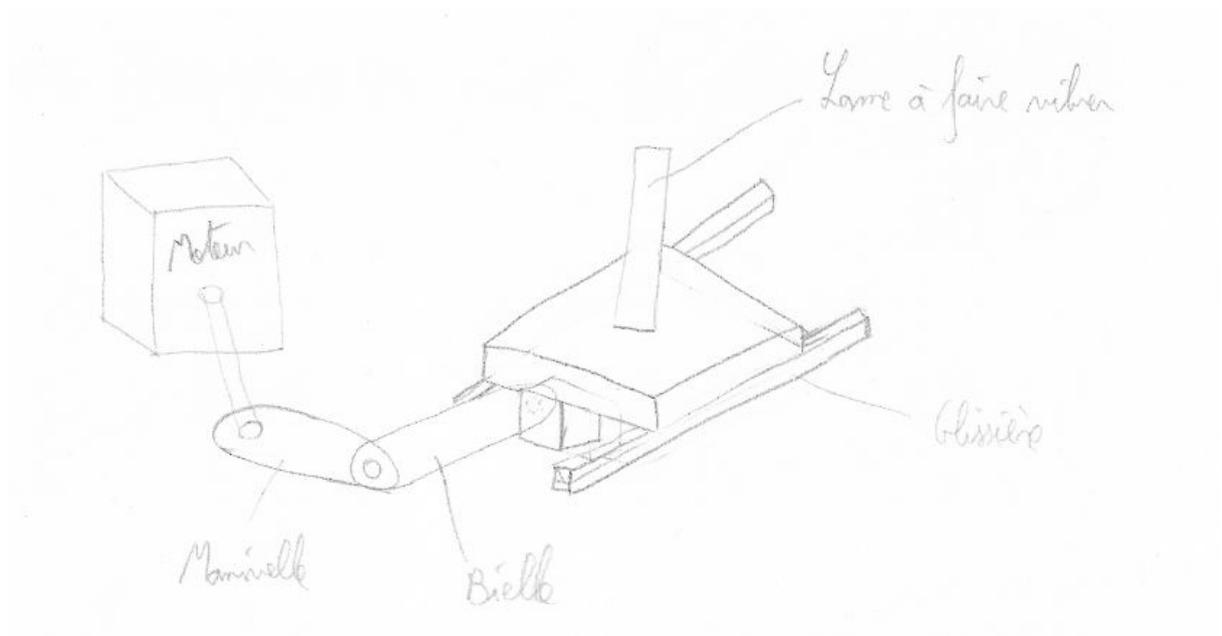
- Première conception de la lame à faire vibrer : J'ai réalisé un premier dessin de la lame qui entrera en vibration afin de l'étudier. L'objectif est d'avoir les dimensions approximatives de la lame, mais aussi la taille (approximative également) de la table.



Semaine 10:

- Une fois le projet compris, il a été question de proposer différents systèmes de transmission de mouvement pour mettre la table en mouvement. L'objectif est de mettre la table en translation de manière à exciter la lame selon une fréquence variable, et pouvant être élevée.

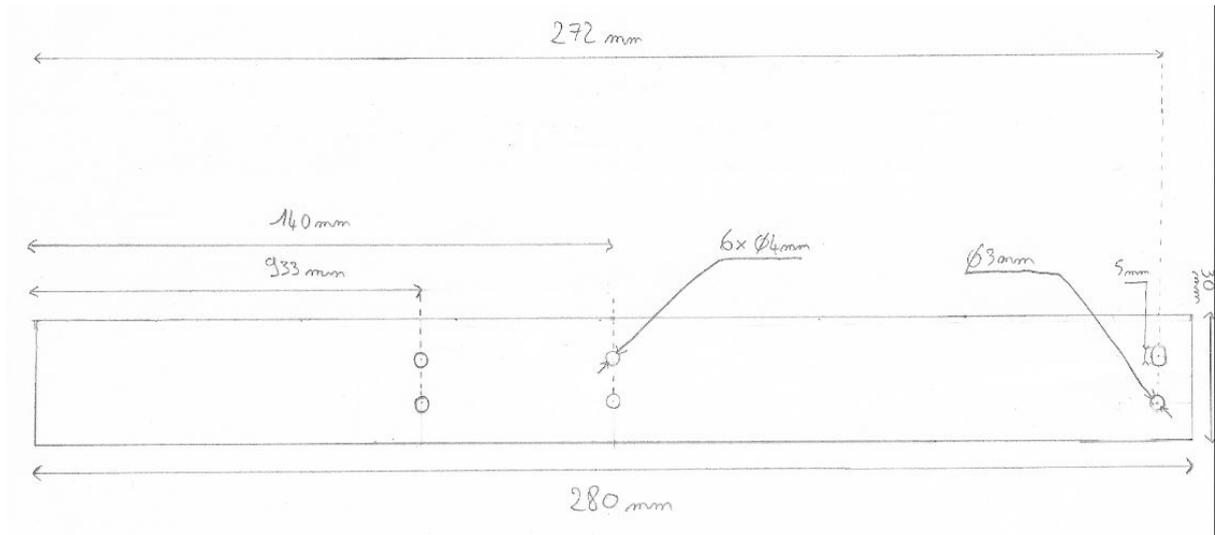
Voici ma contribution pour la question :



La table est mise en translation sur des rails, par le biais d'un système bielle-manivelle, la course serait réglable par différentes bielles de longueurs différentes.

Enfin, j'ai réfléchi à la fixation du capteur et des masses à la lame. Les masses sont à déterminer plus tard en fonction de la charge critique en flambement de la lame.

Voici le dessin de la lame : Elle peut accueillir une masse à différentes positions, tout en accueillant l'accéléromètre à son extrémité.



Il reste à déterminer le matériau dans lequel sera fabriqué la lame.

Semaine 11:

Après avoir soumis l'idée du système bielle-manivelle à Mr Pelt, j'ai pris en compte ses remarques sur la façon d'équilibrer le système afin d'éviter les vibrations sur l'ensemble de la structure.

Voici les tâches que j'ai effectué au cours de la semaine :

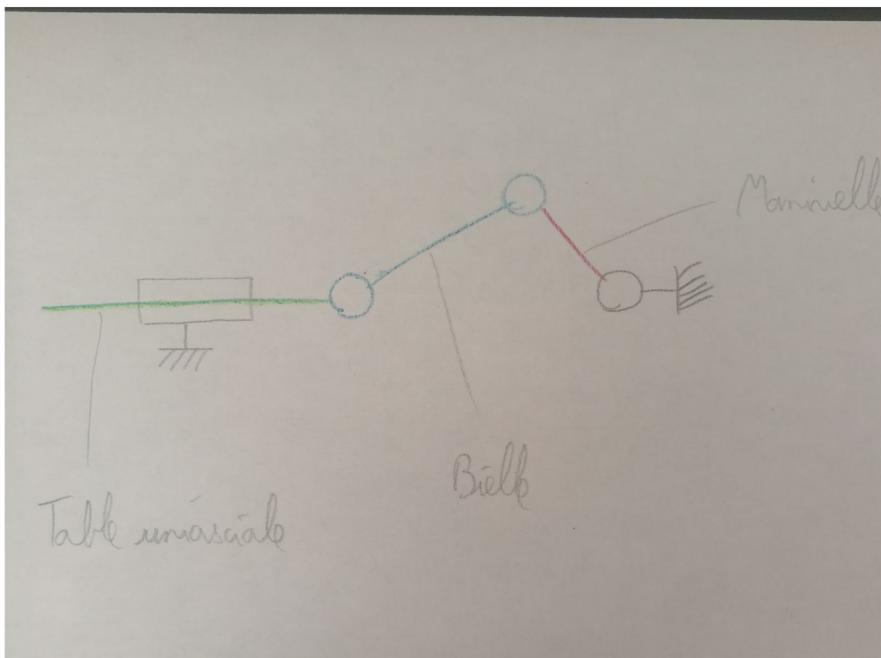
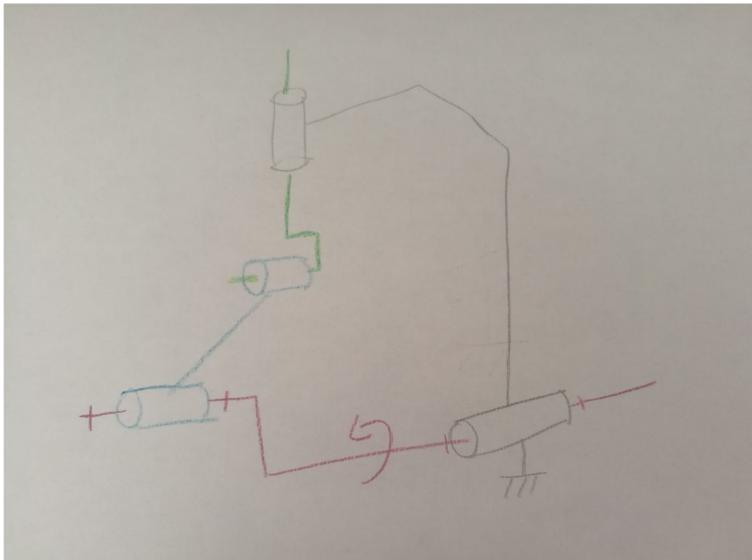
- Dessin du système complet (partie opérative, arrêt d'urgence, alimentation, commande du moteur,...)
- Recherche de solutions pour la mise en place de l'environnement de sécurité (mécanique et électrique)
- Proposition d'une structure accueillant la table uniaxiale.
- Proposition de solutions pour le guidage des fils électriques liés à l'accéléromètre.

Ces différents points mettent en évidence l'importance des différentes matières étudiées au cours de notre scolarité.

Semaine 12 :

Conformément à la partie du projet qui me concerne, j'ai effectué les tâches suivantes :

- Dessin des schémas cinématiques (2D et 3D) du système bielle-manivelle.



J'ai également effectué des recherches sur la façon d'équilibrer dynamiquement le système afin de ne pas engendrer des vibrations qui pourraient perturber le fonctionnement de ce dernier. Cela compliquerait légèrement la conception du système, mais resterait réalisable.

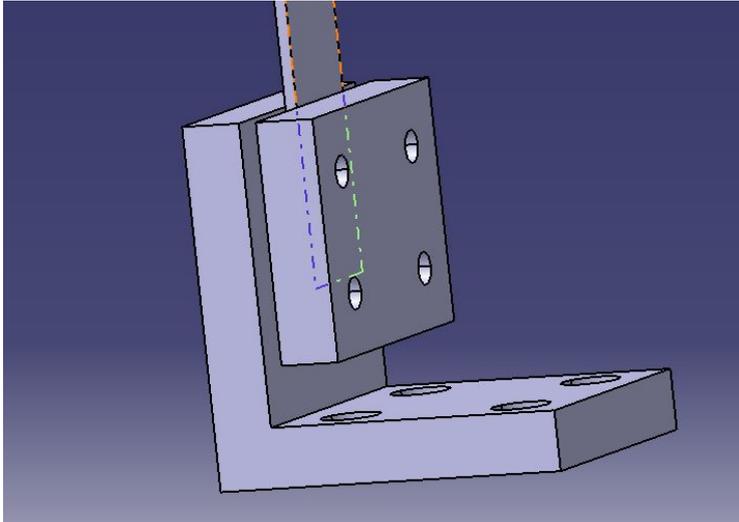
J'ai réfléchi à une autre manière de mettre en translation la table avec l'aide de Mr Pelt.

Il est question de mettre en translation la table à l'aide d'un système poulie-courroie. La rotation est convertie en translation à l'aide d'un maneton.

Semaine 13 :

Voici les tâches effectuées cette semaine :

- Conception d'un système d'attache de la lame à faire vibrer sur la table:



Il s'agit d'un étau avec un système de vis-écrou permettant de réaliser un "encastrement" de la lame. Ainsi, en considérant un encastrement entre la lame et cet étau, nous pouvons appliquer certaines formules vues en cours avec Mr Helbert pour déterminer les pulsations propres de la lame. Ce point sera abordé un peu plus tard.

J'ai également participé à la réflexion sur le meilleur système d'entraînement à appliquer pour la mise en mouvement de la table.

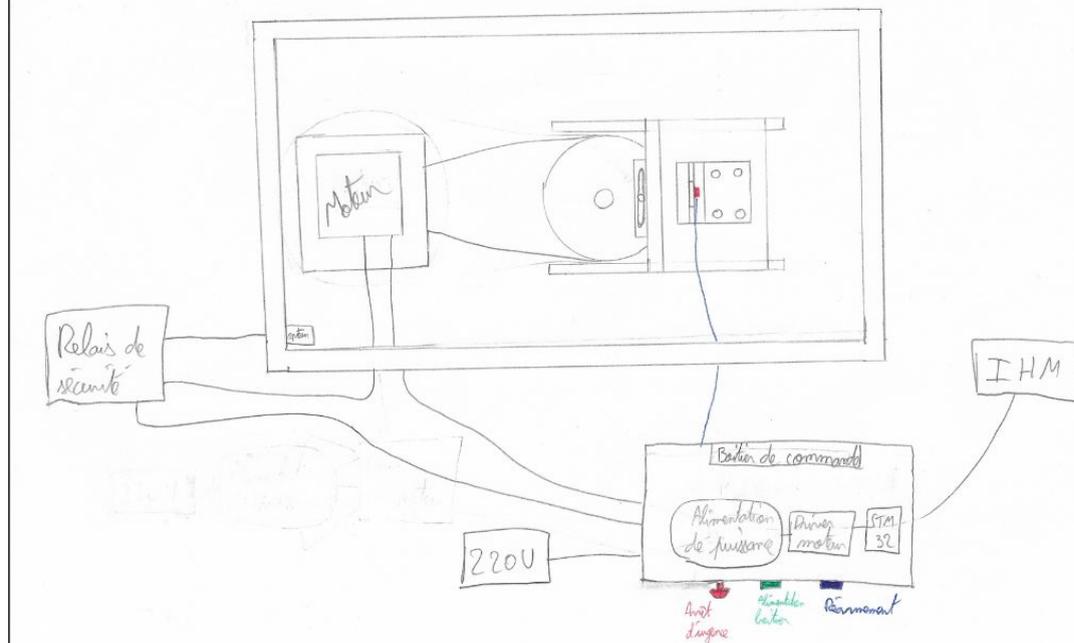
Semaine 14 :

Nous avons établi un comparatif des solutions auxquelles nous avons réfléchi et avons décidé avec le groupe qu'il était préférable de choisir le système poulie-courroie pour la mise en mouvement de la table. Le principe de transmission est connu, plus simple à réaliser, et cela nous permet de nous concentrer sur certains aspects plus difficiles à mettre en oeuvre.

Ainsi, j'ai travaillé sur les tâches suivantes :

- Représentation du système complet (alimentation, contrôle du système, arrêt d'urgence,...)

Système vu de dessus :



- Réflexion sur la modélisation énergétique du système.
- Aide à la rédaction du document de présentation des solutions

Semaine 15 :

Suite au pré-dimensionnement de la lame, j'ai calculé sur scilab les trois premières pulsations propres de la lame à faire vibrer. Ainsi, il a été question de re-dimensionner la lame afin de respecter au mieux la plage de détection de l'accéléromètre.

Les pulsations propres en vibration transversales (les plus importantes) sont comprises dans cette bande de détection, mais les pulsations propres en vibration angulaire et longitudinales ne le sont pas. Les calculs sont consultables en annexe.

J'ai également recherché le meilleur type de poulies utilisables. Nous partirons sur des poulies dentées pour une meilleure tenue de la courroie, afin de limiter les accoups que pourraient subir le système.

Enfin, j'ai effectué quelques recherches sur le type de rails permettant le guidage en translation de la table.

Semaine 16 :

J'ai effectué un premier choix de la courroie et des poulies à intégrer au système, ainsi que des rails permettant le guidage de la table en translation.

J'ai également choisi de prendre une lame en aluminium pour la lame à faire vibrer.

Semaine 17 :

Une fois les poulies choisies, j'ai effectué un travail de réflexion sur les choix technologiques afin de relier les éléments permettant de mettre en mouvement la table (Système arbre-moyeu). J'attends les résultats du dimensionnement dynamique pour finaliser certains choix au niveau de la poulie menée.

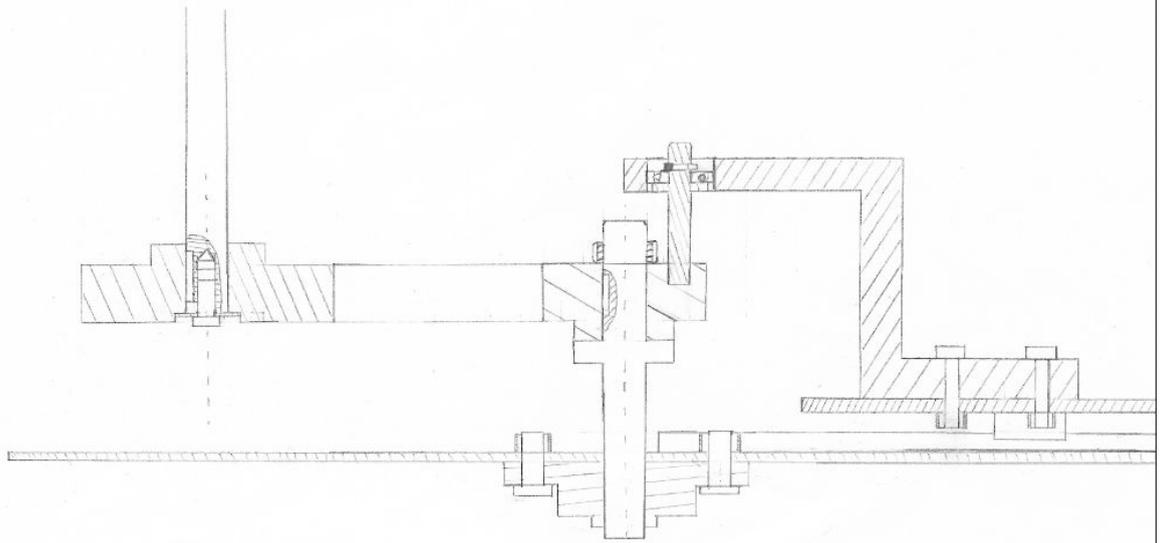
Semaine 18 :

Après quelques doutes sur ma démarche de l'étude vibratoire du système, j'ai échangé avec Mr Helbert sur les points à aborder et à rectifier.

Ainsi, après notre discussion, il a été question de vérifier que la fréquence d'échantillonnage de la carte d'acquisition est bien au moins 2 fois supérieure à la fréquence propre maximale en vibrations transversales. Enfin, j'ai déterminé la charge critique de flambement de la lame.

Semaine 19 :

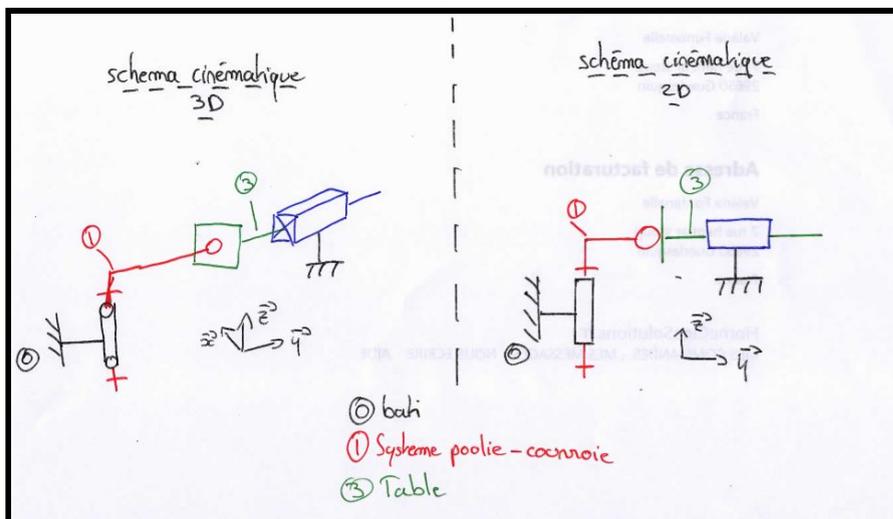
- Une fois que nous étions d'accord sur les éléments à utiliser pour la mise en mouvement de la table, j'ai réalisé un premier dessin en coupe du système de transmission relié à la table.



Cependant, Mr Pelt a émis des commentaires sur ce premier dessin, j'ai donc pris en compte ses remarques pour modifier et améliorer l'ensemble.

Semaine 20 :

Ainsi, après plusieurs propositions de la part de Mr Pelt, nous avons choisi de représenter cinématiquement le système selon le schéma suivant :

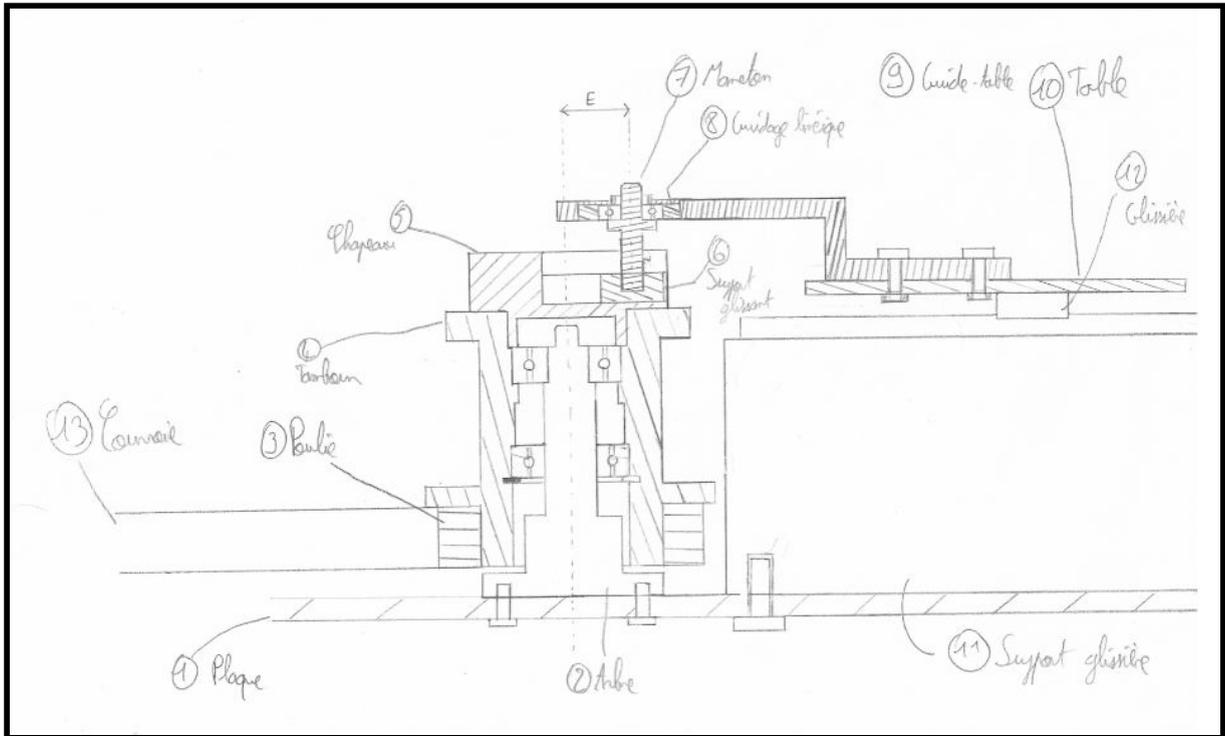


La solution a le mérite d'être isostatique, pour laquelle le degré d'hyperstatisme est de $h=0$. Ainsi, aucun degré de liberté n'est supprimé inutilement..De plus, nous partons sur un contact surfacique entre la partie liant le maneton et la table.

Il est question de monter le maneton sur une pièce qui sera en translation dans la rainure de la pièce liant la table au maneton.

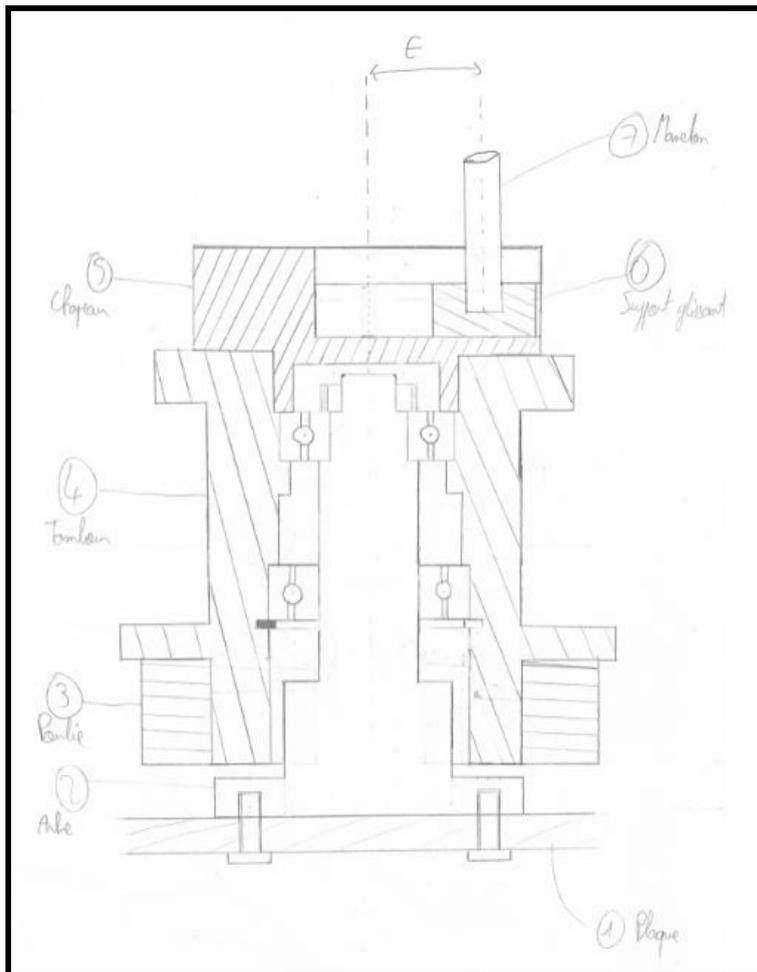
Dans un premier temps, je me suis intéressé au guidage de la poulie menée, puis j'ai mis à jour le principe de transmission de mouvement entre le système poulie-courroie et la table.

Ainsi, j'ai réalisé le dessin suivant :



La plaque est plus épaisse pour plus de rigidité.

Et le guidage de la poulie menée se fait comme ceci :



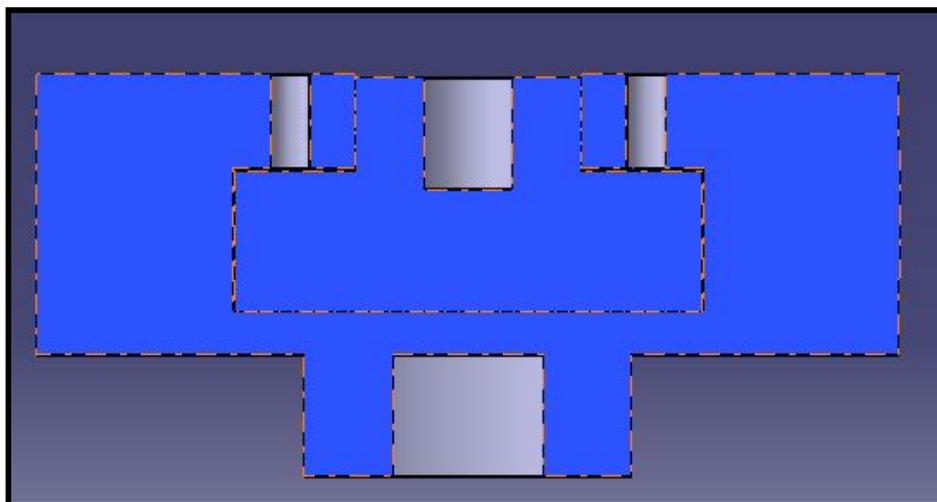
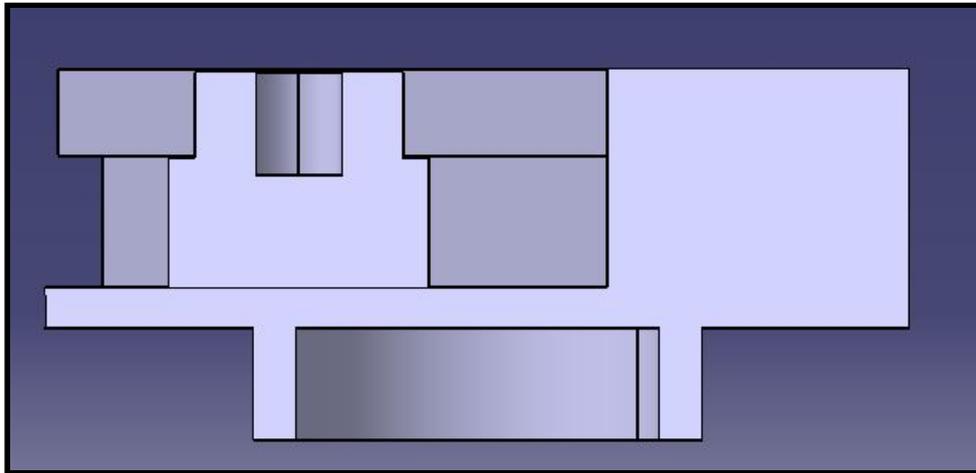
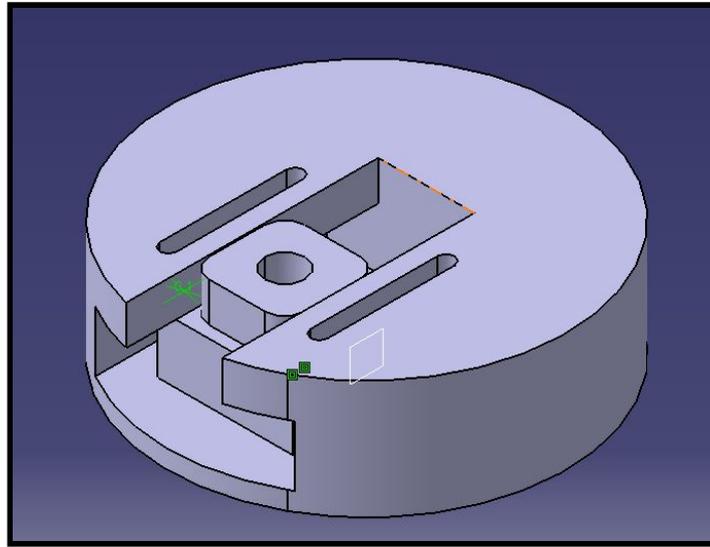
Ainsi, l'entraxe entre le maneton et le centre de la poulie menée est réglable selon une distance allant de 0 à 30 mm.

Le principe est le suivant :

Le support glissant peut translater dans une rainure dans le chapeau, et peut être bloqué pour maintenir une entraxe constante selon l'envie de l'utilisateur.

Le chapeau étant conçu pour accueillir le support glissant, la rainure est plus grande de quelques dixièmes de millimètres que le support glissant.

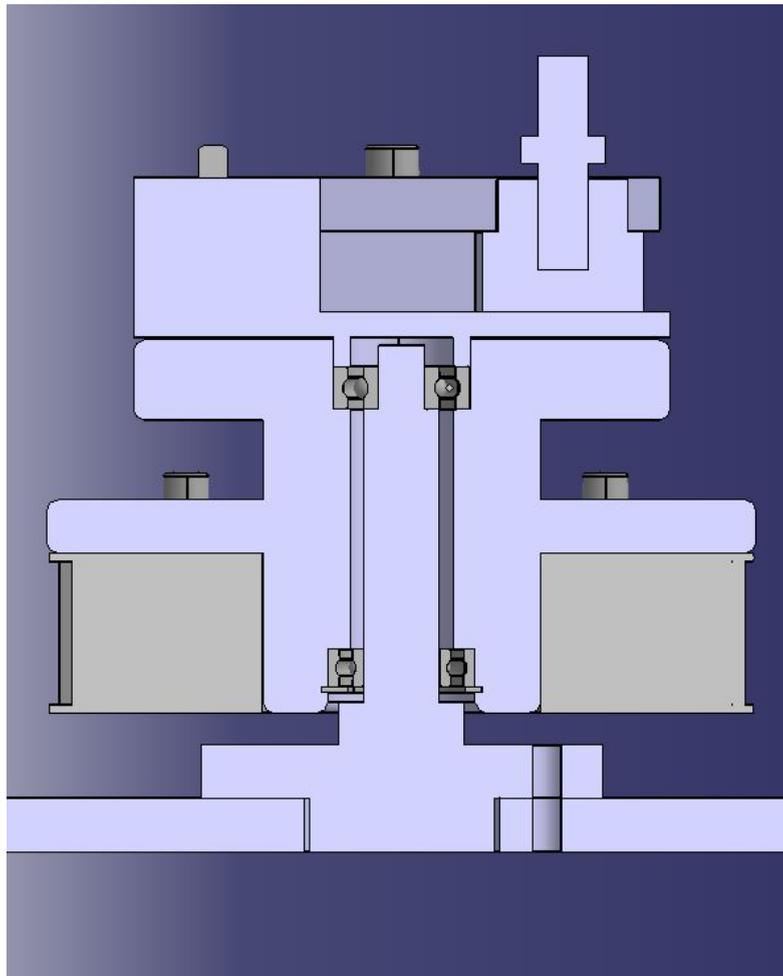
Voici quelques illustrations :



L'entraxe sera réglable facilement puisqu'il est tout à fait possible de graver au laser des graduations (allant de 0 à 30 mm) sur le chapeau, et un trait sur le support glissant afin de faire coïncider ce dernier avec la graduation correspondant à l'entraxe voulue.

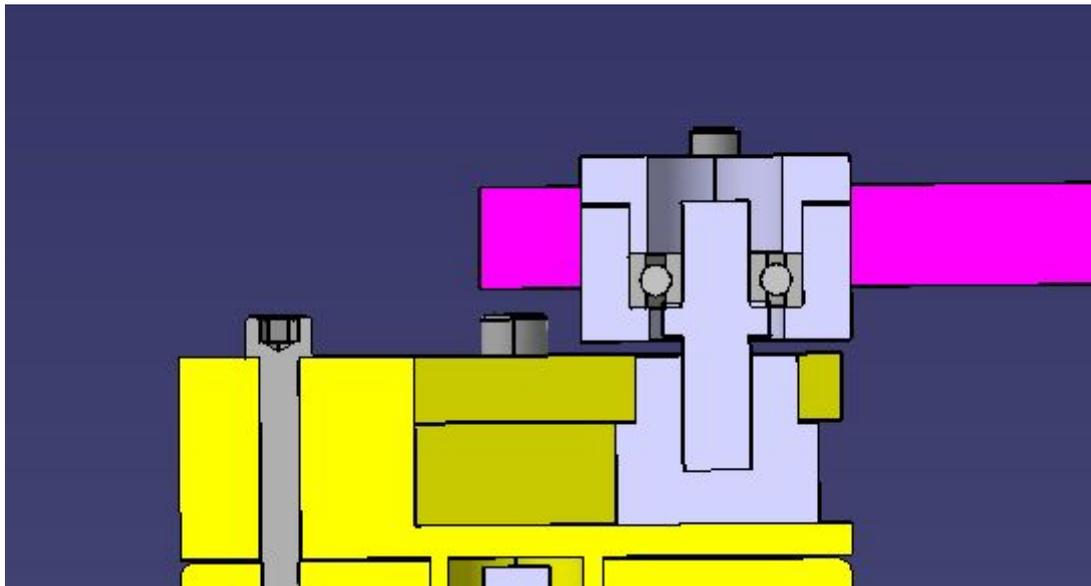
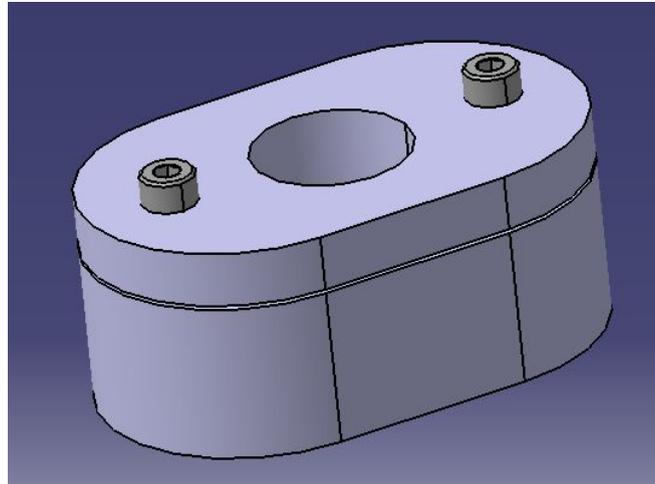
Semaine 21 :

Une fois le chapeau conçu, j'ai procédé à la conception du reste du système accueillant la poulie menée :



Le maneton est monté serré dans le support glissant décrit plus haut.

Ensuite, il a été question de concevoir le guidage linéique (8) (ou coulisseau) et de l'intégrer au système :

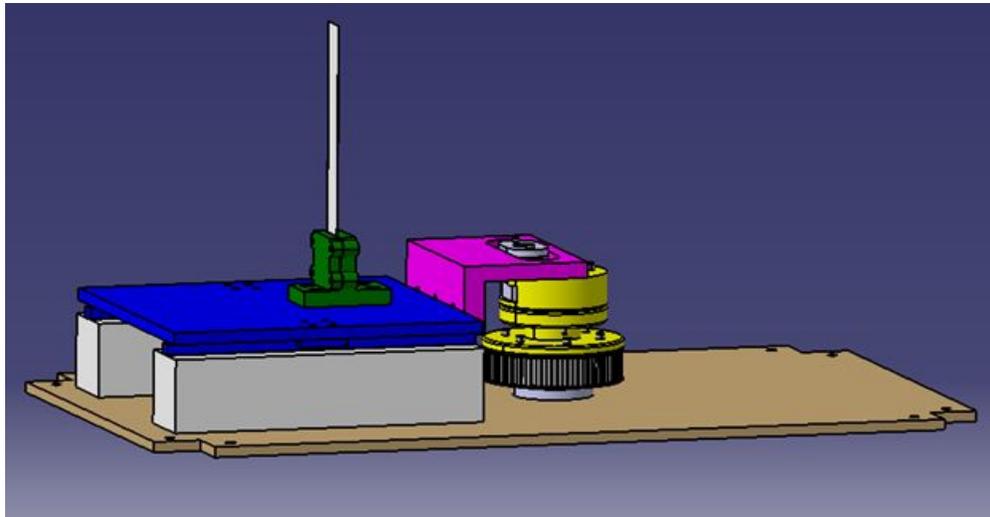


La pièce est en bronze, et le guide-coulisseau (en rose) est en acier pour minimiser les frottements (coefficient d'adhérence de 0.1).

Pour la suite du projet, j'espère déterminer l'influence de l'excitation de la table sur l'excitation de la lame, et j'espère finaliser la conception du système de transmission de mouvement.

Semaine 22 :

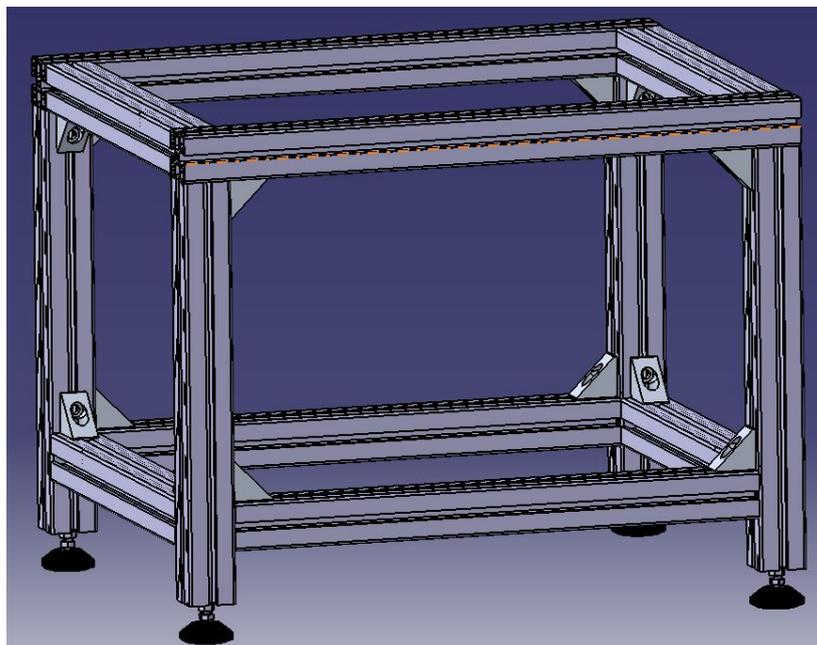
La partie transmission de mouvement a été finalisée avec l'aide de Asaad :



L'étai a été légèrement modifié afin de simplifier le montage de la lame. Les glissières sont fixées sur des pavés, fixés sur la table.

Semaine 23 :

J'ai conçu le châssis en structure Norcan permettant d'accueillir cette transmission de mouvement :



Ce dernier est composé de profilés en aluminium, et repose sur des pieds anti-vibrations en caoutchouc.

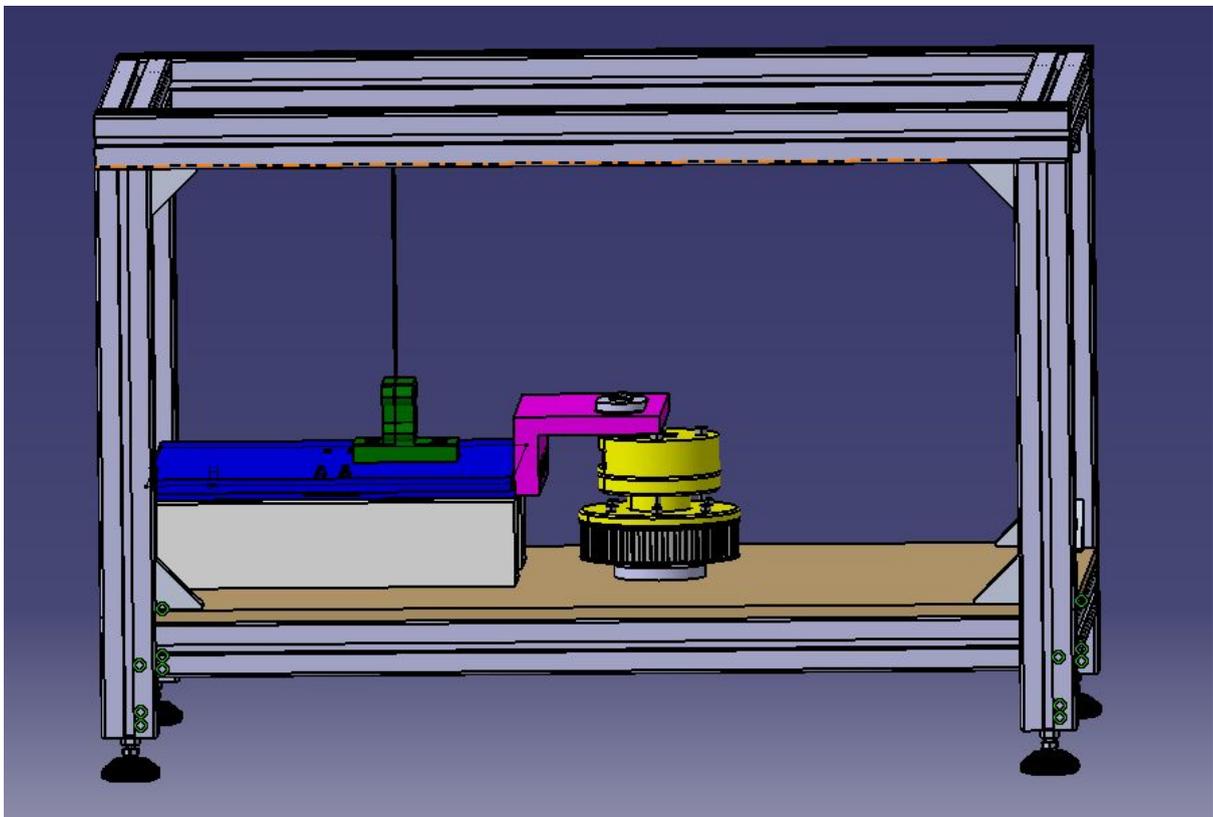
Il reste maintenant à intégrer le système de transformation de mouvement.

Semaine 24 :

Monsieur Helbert nous a fourni un fichier scilab permettant de déterminer la course de la table et le débattement de la lame. J'ai essayé de lancer le programme mais les calculs demandent malheureusement beaucoup de ressources, ce que mon ordinateur n'a pas.

J'ai donc mis à jour le système complet de la table uniaxiale.

Voici le système de transformation de mouvement intégré au châssis :



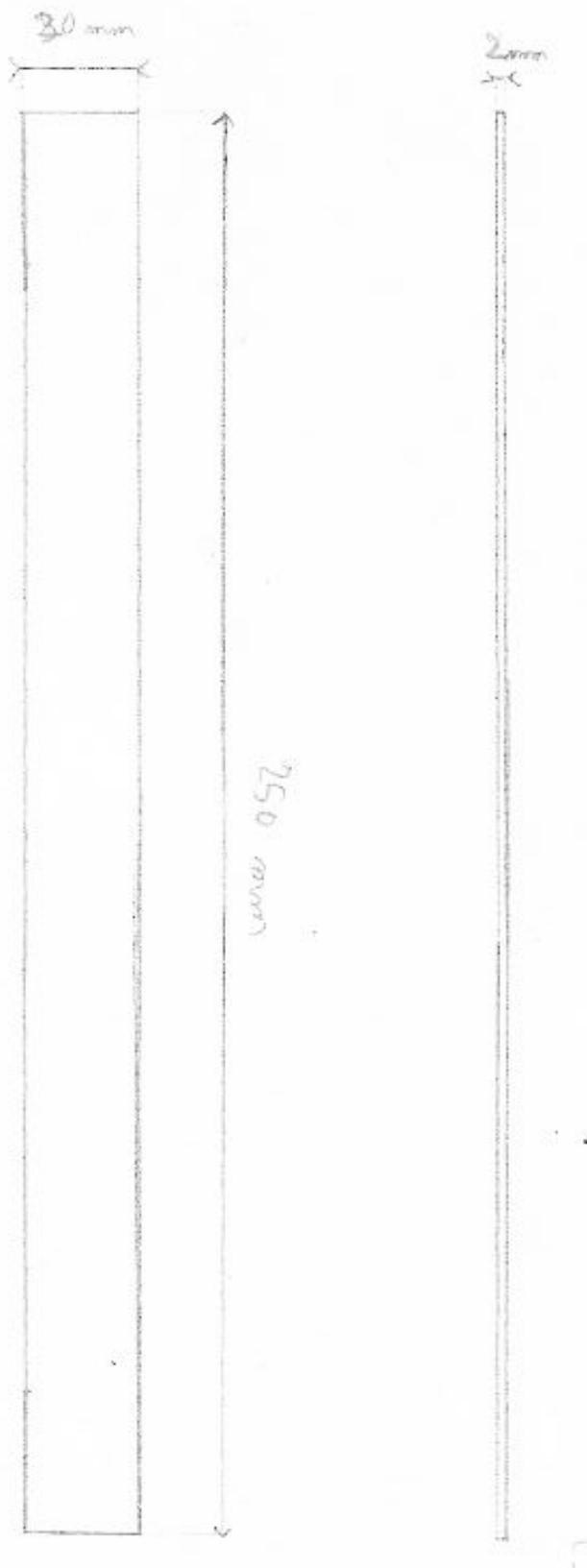
Malheureusement, le moteur n'a pas été dimensionné. Il manque ce dernier, son support ainsi que la poulie menante et la courroie.

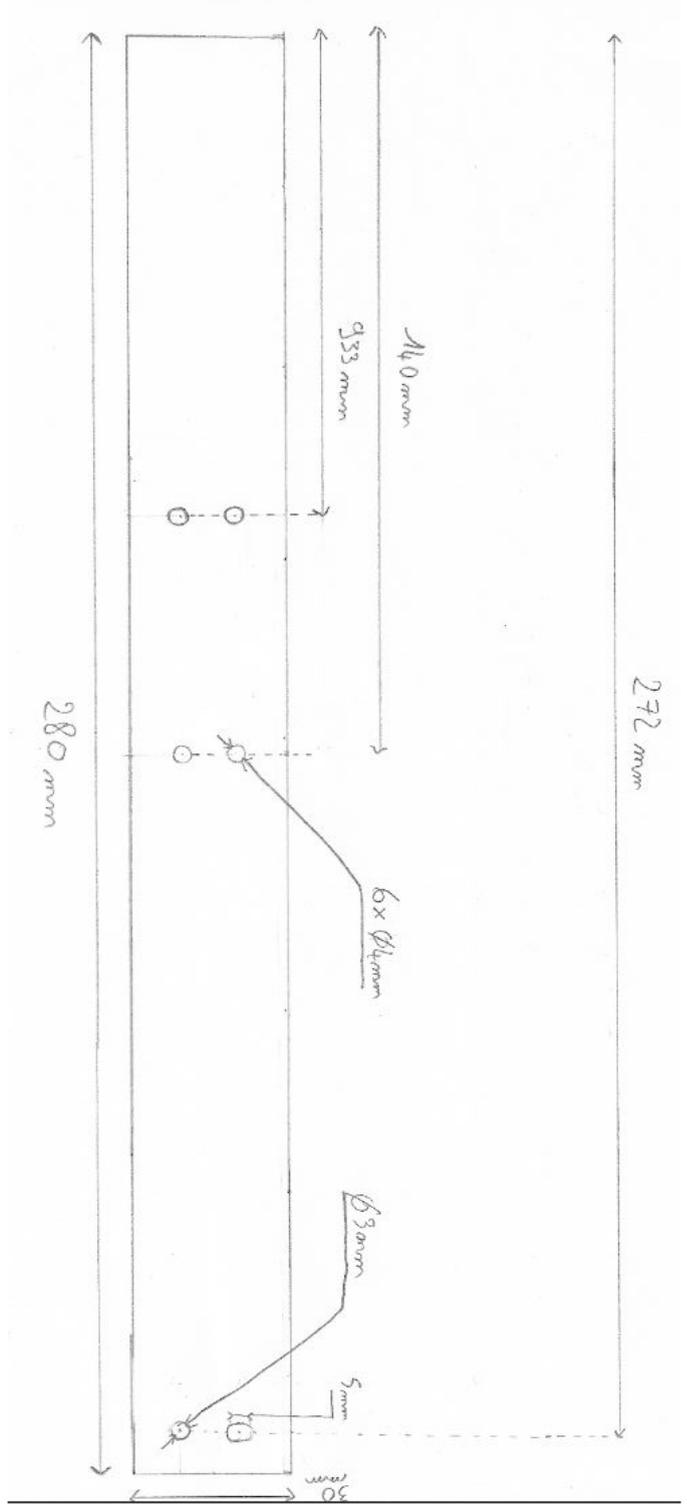
Conclusion :

Le projet de CMV a été un bon moyen de comprendre et mettre en pratique les enseignements de Monsieur Helbert, de plus, j'ai appris de nouvelles idées de conception avec l'aide de Monsieur Pelt.

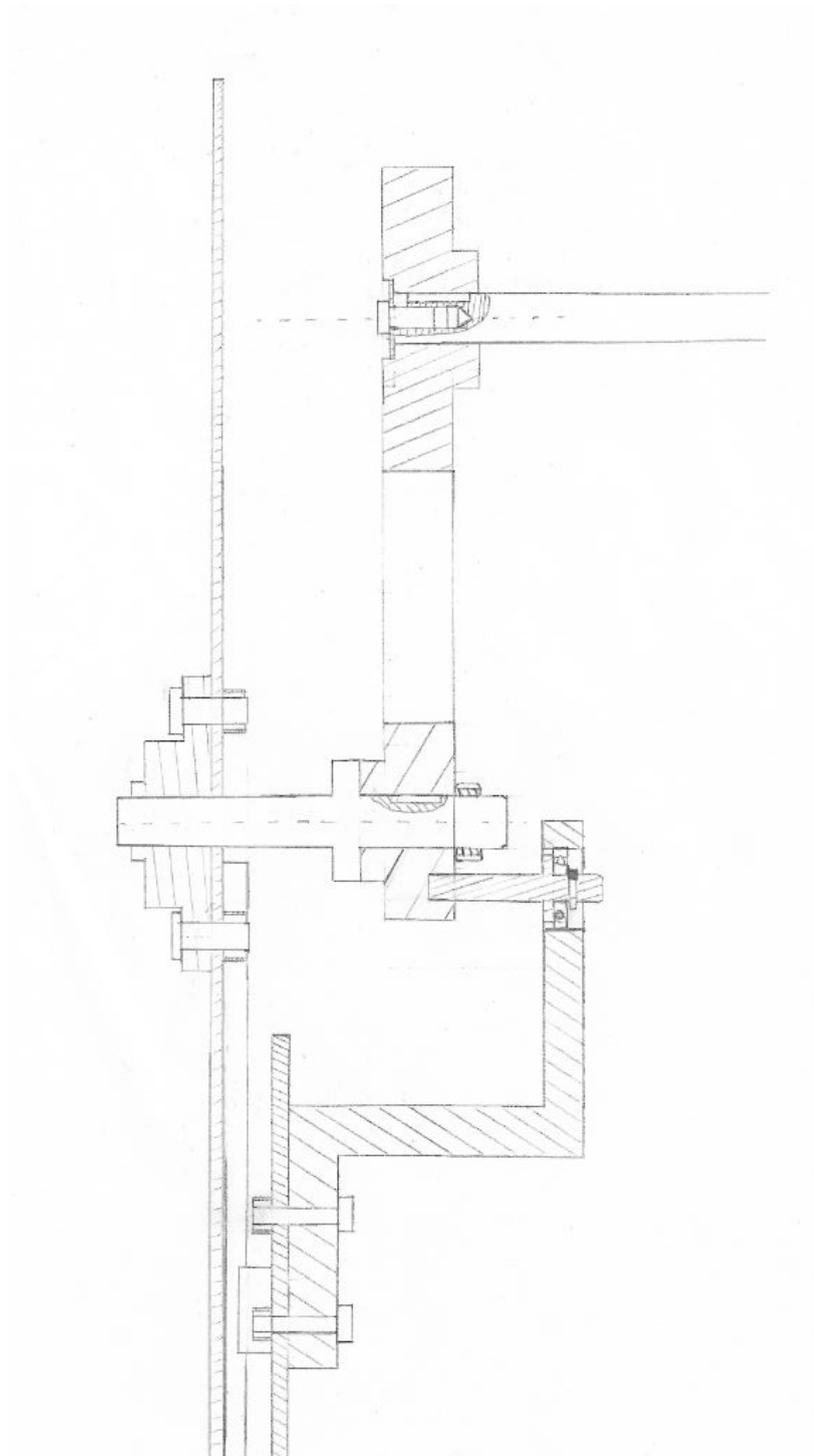
Malheureusement, le projet n'a pas abouti compte tenu des récents événements. Il manque le moteur permettant de mettre en rotation les poulies, ainsi que son support, et les protections sur le châssis pour assurer la sécurité.

Annexes : Première et deuxième conception de la lame :

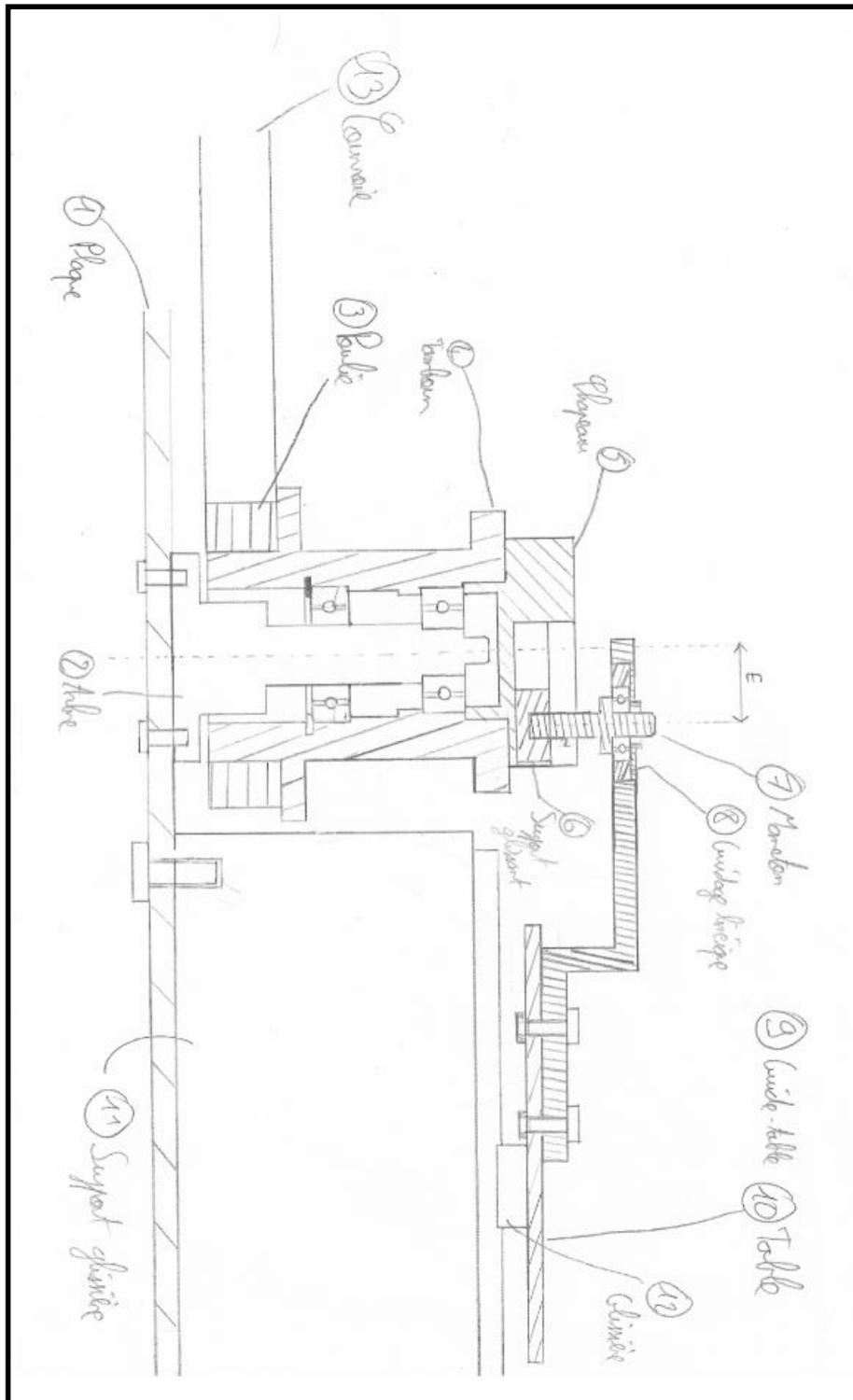




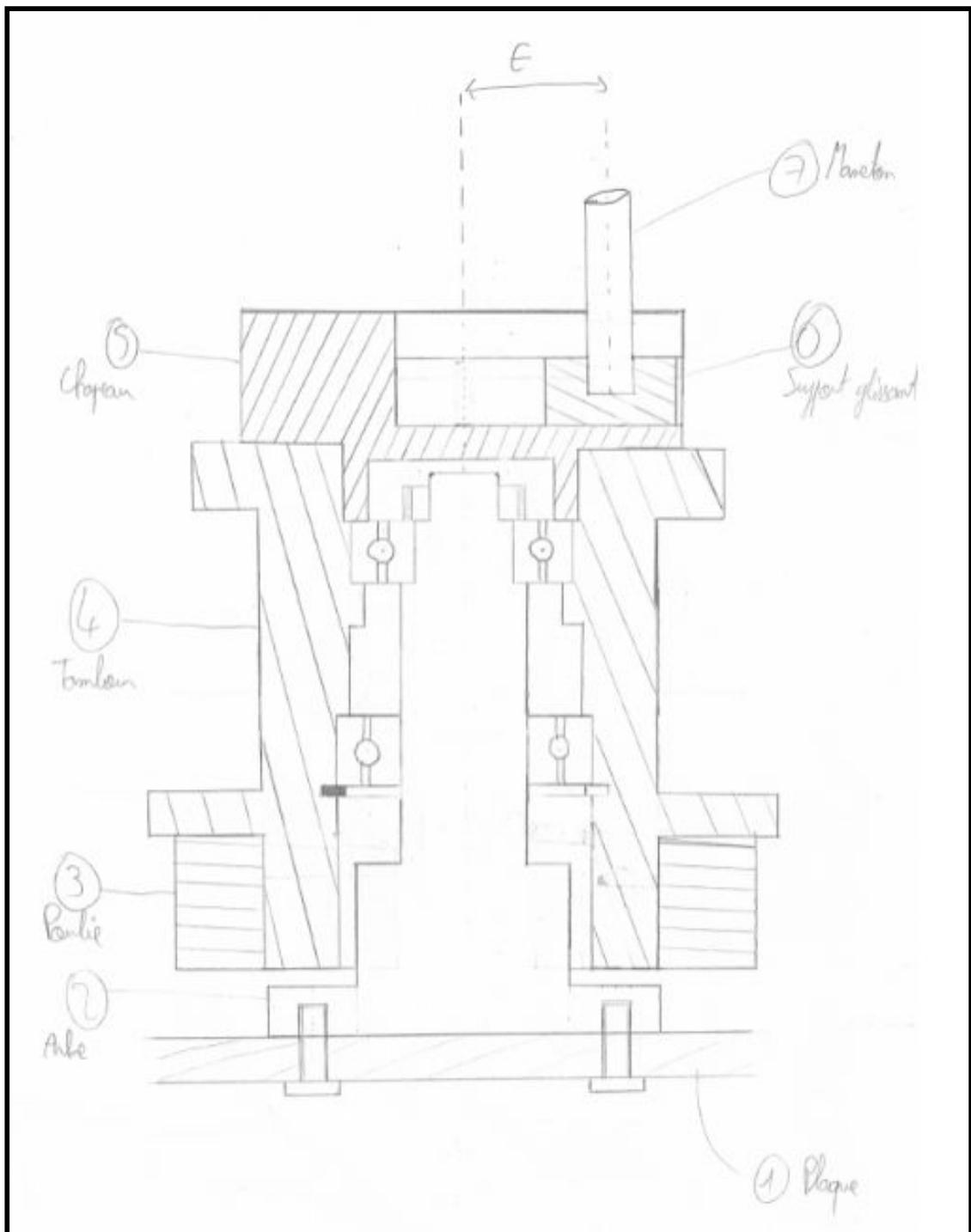
Première conception du système de transmission du mouvement de la table :



Deuxième conception du système de transmission de mouvement :



Dessin de conception du guidage de la poulie menée :



Calcul des pulsations propres de la lame :

Largeur : 30 mm

Longueur : 250 mm

Epaisseur : 0,5 mm

Pour calculer les pulsations propres de la lame, les formules sont les suivantes :

- Pour des vibrations transversales :

$$w1 = (1.87)^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_x}{m \cdot (Long^3)}}$$

$$WT(i) = \left((2 \cdot i - 1) \cdot \left(\frac{\pi}{2}\right) \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_x}{m \cdot (Long^3)}}$$

Avec E : le module de Young (Pour de l'aluminium E=69 GPa)

Iz : le moment quadratique selon x

$$I_x = \frac{(larg \cdot (ep)^3)}{12};$$

m : la masse de la lame

Long : la longueur de la lame

On cherche les 3 premières pulsations propres et on arrive à ce résultat :

```
WT =  
  
40.82491  
259.2533  
720.14805
```

La première pulsation est quasi similaire à celle obtenue par Abaqus.

- Pour des vibrations longitudinales :

$$WL(i) = (2 \cdot i - 1) \cdot \left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \left(\frac{1}{Long}\right) \cdot \sqrt{E / \text{rau}}$$

Avec rau: la masse volumique (Pour de l'aluminium rau=2700 kg/m3)

On cherche les 3 premières pulsations propres et on arrive à ce résultat :

```
WL =  
  
31763.074  
95289.223  
158815.37
```

- Pour les vibrations angulaires :

$$WA(i) = (2 \cdot i - 1) \cdot \left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \left(\frac{1}{Long}\right) \cdot \sqrt{\frac{G \cdot J}{\text{rau} \cdot I_o}}$$

Avec I_o: le moment quadratique au point O (le centre de la lame)

$$I_o = \frac{(larg \cdot ep) \cdot ((larg)^2 + (ep)^2)}{12};$$

$$J = (larg \cdot (ep)^3) \cdot \left(\frac{16}{3} - 3.36 \cdot \left(\frac{ep}{larg}\right) \cdot \left(1 - \frac{(ep)^4}{(12 \cdot larg^4)}\right) \right); // \text{Approximation à } 4\%$$

$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$; où ν est le coefficient de Poisson

On cherche les 3 premières pulsations propres et on arrive à ce résultat :

WA =

2567.2687

7701.8062

12836.344