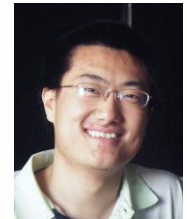
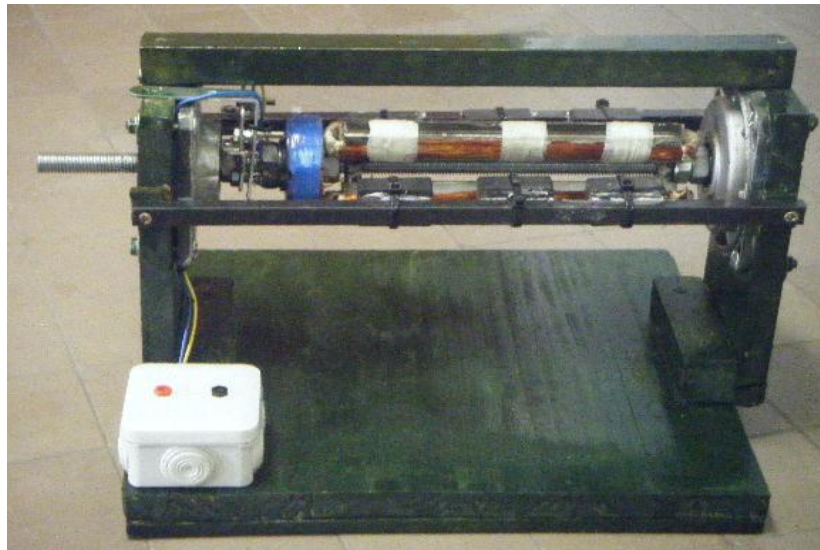


*Projet de Physique P6-3*  
*STPI/P6-3/2009 – n°17*

**Les moteurs électriques : courant continu,  
courant alternatif, mode pas à pas, réalisation de  
maquettes simplifiées**



**Etudiants :**

**Angélique Chevalier**

**Benjamin Angot**

**Feng Gao**

**HaoZe Li**

**JiangHao Tian**

**Yoann Bougon**

**Enseignant-responsable du projet :**

**François Guillotin**



Date de remise du rapport : **22/06/09**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2009 – n°17**

Intitulé du projet : **Les moteurs électriques : courant continu, courant alternatif, mode pas à pas, réalisation de maquettes simplifiées**

Type de projet : **expérimental**

Objectifs du projet:

- **trouver un plan de maquette**
- **comprendre parfaitement le fonctionnement du moteur**
- **étudier la faisabilité du projet**
- **chercher des matériaux optimisant le fonctionnement du moteur et étant toutefois accessibles au niveau du prix**
- **s'adapter aux contraintes techniques**
- **se répartir convenablement les tâches pour être le plus efficace possible**
- **diminuer au maximum les forces de frottements**

Si existant, n° cahier de laboratoire associé : **Pas de numéro de cahier**

## TABLE DES MATIERES

1. Méthodologie / Organisation du travail .....	7
2. Travail réalisé et résultats .....	9
2.1. Le fonctionnement des moteurs électriques .....	9
2.1.1. Principe de conversion électromagnétique .....	9
2.1.1.1. Forces de Laplace .....	9
2.1.1.2. Fonctionnement moteur .....	10
2.1.2. Principe de fonctionnement .....	10
2.1.2.1. Structure simplifiée .....	10
2.1.2.2. Machine à plusieurs conducteurs induits .....	12
2.2. La réalisation du moteur électrique.....	13
2.2.1. La réalisation de la maquette .....	13
2.2.2. Les problèmes rencontrés .....	17
3. Conclusions et perspectives.....	18
3.1. Conclusions sur le travail réalisé .....	18
3.2. Conclusions sur l'apport personnel de cette U.V. projet .....	18
3.3. Perspectives pour la poursuite de ce projet.....	20
4. Bibliographie .....	21
5. Annexes.....	22
5.1. Plans de conception.....	22
5.2. Propositions de sujets de projets.....	28

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les personnes, sans qui, la réalisation de cette maquette n'aurait pas été possible.

Tout d'abord, nous remercions Monsieur Guillotin, notre professeur référant, pour son aide et ses précieux conseils sur la méthode à suivre pour optimiser le fonctionnement du moteur et sur le choix du matériel.

Ensuite, nous remercions la société SIE pour nous avoir donné trois moteurs électriques, que nous avons pu démonter afin de mieux visualiser le fonctionnement des moteurs électriques à courant continu et de nous avoir prêté leurs machines pour réaliser le bobinage de nos trois pôles.

Nous tenons également à remercier M. DEMARE, responsable d'exploitation de l'entreprise SIE et oncle de Benjamin, pour tous ses conseils précieux et notamment au moment du bobinage.

L'ensemble du groupe remercie Benjamin pour son implication et son travail personnel au niveau du montage du moteur.



## INTRODUCTION

La réalisation d'une maquette d'un moteur électrique est un projet purement de conception. En effet, la plupart de nos séances se sont déroulées dans l'atelier. Lors des trois premières séances, nous avons pris connaissance du sujet. Nous avons beaucoup travaillé sur la théorie, les croquis et le choix des matériaux. Puis à partir de la quatrième séance, nous sommes passés à la pratique en travaillant uniquement à l'atelier.

Dans le cadre d'un projet tel que le nôtre, il n'est pas toujours facile de trouver sa place. En effet, l'attribution des choix ne convient pas forcément à tous les membres du groupe, le niveau de connaissance n'étant pas le même pour tout le monde et certains de nous n'étant pas toujours à l'aise dans un atelier. C'est pourquoi, il a été très important d'avoir une bonne cohésion de groupe, où chacun soit à l'aise, afin de travailler efficacement.

A la création de notre groupe, nous avons été confrontés à un autre problème. En effet, étant trois français et trois chinois, la barrière de la langue aurait pu compromettre le bon déroulement du projet. Mais l'implication et une bonne connaissance de la langue française de Feng, HaoZe et JiangHao, nous ont permis de franchir cet obstacle.

Au cours du projet, nous nous sommes fixés différents objectifs. Tout d'abord, nous avons voulu comprendre le fonctionnement des moteurs électriques et plus particulièrement celui à courant continu, afin d'évaluer la faisabilité de notre moteur. Nous avons également voulu réaliser une maquette de moteur fonctionnelle, ludique et à faible coût. L'optimisation du moteur est ensuite devenue notre priorité. En effet, nous voulions que notre moteur tourne avec une tension minimale afin de diminuer les forces de frottements.



## 1. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Au cours de cette EC de P6-3, notre objectif était de confectionner une maquette de moteur électrique. Etant donné qu'il existe différents types de moteurs électriques, alternatifs ou continus, essentiellement, il a fallu choisir de travailler sur un moteur en particulier. Pour se différencier d'un autre groupe ayant préféré réaliser la maquette d'un moteur éclectique à courant alternatif, nous nous sommes donc décidés pour celui à courant continu.

Notre travail a principalement été orienté vers la conception. Mais avant cela, nous avons dû réaliser les plans et choisir les matériaux. Enfin, un travail rédactionnel a été effectué.

### ➤ Les plans

Pour la conception des plans, des recherches internet ont été faites pour se familiariser avec notre sujet. Nous avons étudié une maquette d'un moteur à courant continu trouvé sur le web. Nous avons donc compris comment marchait un moteur électrique, quelles pièces le composaient. De plus, trois moteurs électriques ont pu être récupérés dans l'entreprise SIE. Nous avons donc décidé de les démonter pour mieux se familiariser avec le fonctionnement des moteurs, voir l'emplacement de chaque pièce et étudier l'assemblage général. Ainsi, nous avons commencé à dessiner un croquis de maquette plus élaborée. Ensuite, nous avons conçu cette maquette sur Solidworks.

### ➤ Les matériaux

Ayant plus de connaissances et une idée plus concrète sur le sujet, nous avons fait une liste des matériaux nécessaires à la réalisation de la maquette. Nous avons essayé de récupérer le maximum de matériaux dans le laboratoire technique. En effet, le bois, la visserie, ainsi que les câbles électriques étaient à notre disposition. Nous avons également utilisé les flasques des moteurs démontés, pour s'en servir pour notre propre maquette. Pour les roulements à billes, nous avons passé commande sur un catalogue en ligne. Enfin, pour le reste, Mr Guillotin est allé l'acheter dans un grand magasin de bricolage.

### ➤ La fabrication du moteur

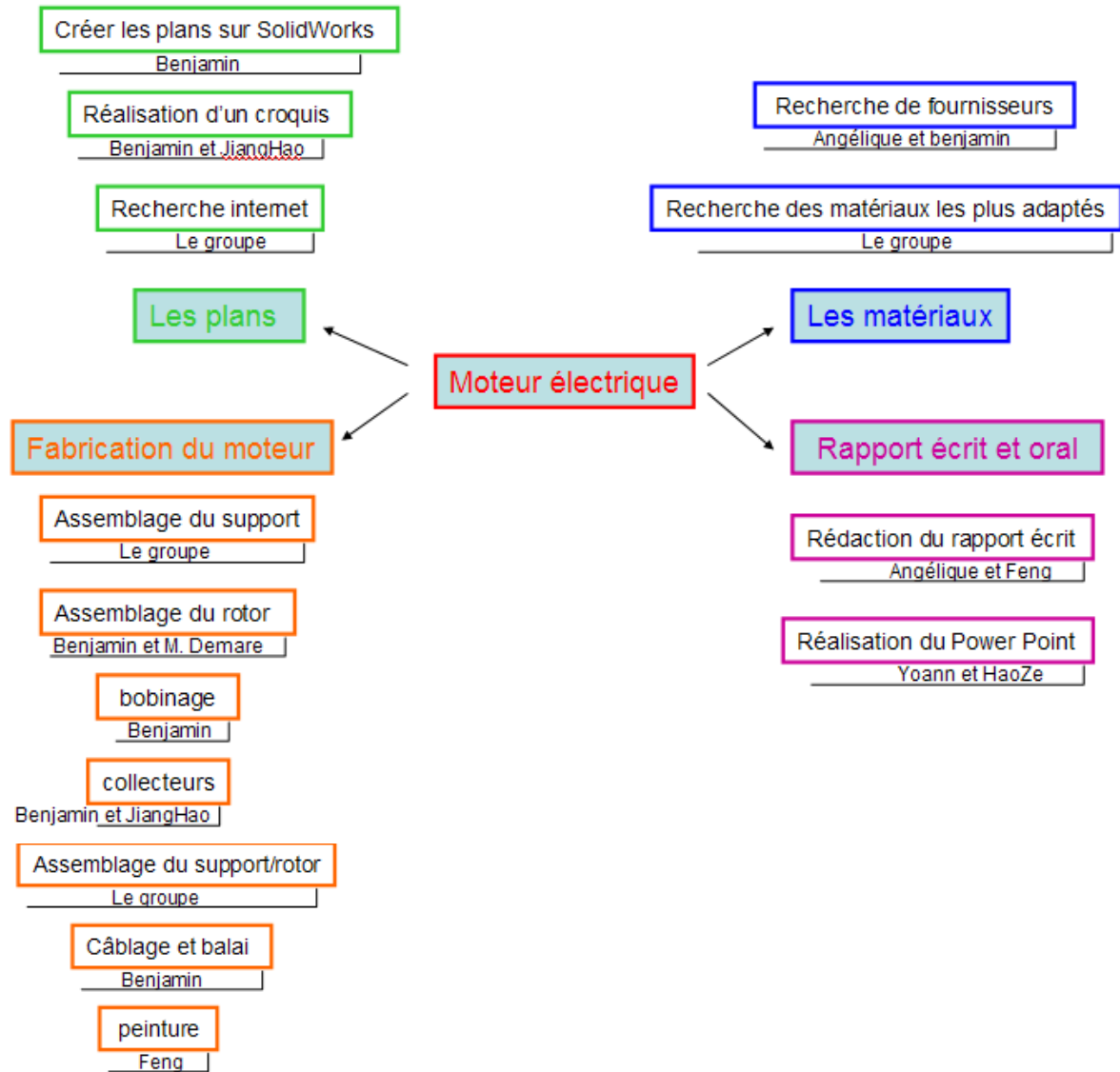
Notre moteur électrique a essentiellement été fabriqué au laboratoire technique du D1 à Mont Saint Aignan lors de séances dédiées à l'EC de P6-3. Cependant, par manque de matériel au laboratoire et pour avancer le projet, Benjamin a également travaillé dans son garage.

### ➤ Le rapport écrit et oral

Pour une question d'efficacité, nous avons décidé de travailler les rapports, écrit et oral, en parallèle avec la conception du moteur. Pour cela, nous avons tenu compte des qualités de chacun afin de mieux répartir le travail. En effet, certains membres du groupe étaient plus à l'aise dans le travail rédactionnel plutôt qu'à l'atelier.



## Organigramme de l'organisation du travail





## 2. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

Notre projet consiste à réaliser une maquette de moteur électrique à courant continu. Pour cela, il est nécessaire dans un premier temps d'étudier le fonctionnement de ce type de moteur. Dans un second temps, nous parlerons de la réalisation en elle-même de notre maquette.

### 2.1. Le fonctionnement des moteurs électriques

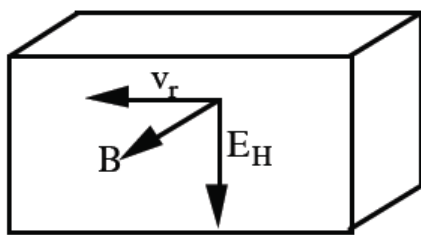
Le but d'un moteur électrique est de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique. En effet, lors du déplacement d'un circuit filiforme dans un champ magnétique permanent, la puissance électrique fournie par la force électromotrice d'induction est opposée à la puissance mécanique des forces de Laplace. Il s'agit du principe de conversion électromécanique que l'on étudiera dans une première partie. Puis nous verrons le principe du fonctionnement en étudiant notamment les éléments qui composent la machine.

#### 2.1.1. Principe de conversion électromagnétique

On sait qu'un fil conducteur d'électricité qui baigne dans un champ magnétique est alors soumis à une force. Il s'agit des forces de Laplace que l'on étudiera dans une première partie. Puis nous verrons le fonctionnement moteur.

##### 2.1.1.1. Forces de Laplace

La force de Laplace est une force électromagnétique qui s'exerce sur l'ensemble des charges d'un matériau conducteur. En effet, celui-ci comporte des charges mobiles de densité volumique  $\rho_m$  ayant la vitesse  $\vec{v}_r$  par rapport à un référentiel  $R'$  lié au conducteur. On



le soumet à un champ magnétique  $\vec{B}$  permanent orthogonal à  $\vec{v}_r$ . Il y a alors création d'un champ électrostatique  $\vec{E}_H = -\vec{v}_r \wedge \vec{B}$ . Il s'agit du champ de Hall.

Le mouvement global des porteurs de charge reste dans la même direction que  $\vec{v}_r$ .

De plus,  $\vec{E}_H$  agit sur les charges fixes du réseau de densité  $\rho = -\rho_m$  (neutralité globale du conducteur).

La force élémentaire s'appliquant sur un élément de volume  $d\tau$  du conducteur s'écrit donc :

$$\vec{dF} = (\rho_m \vec{v}_r \wedge \vec{B}) d\tau \text{ avec } \rho_m \vec{v}_r \wedge \vec{B} \text{ qui est la densité volumique de force magnétique.}$$

On peut aussi écrire  $\vec{dF} = (\vec{j} \wedge \vec{B}) d\tau$  où  $\vec{j} = \rho_m \vec{v}_r$  est la densité volumique de courant.

Dans le cas d'un conducteur filiforme parcouru par un courant électrique  $I$ , l'élément de courant équivalent à  $\vec{j} d\tau$  est  $I d\vec{l}$ , avec  $d\vec{l}$  colinéaire au conducteur. Cet élément de courant placé dans  $\vec{B}$  est soumis à la force de Laplace qui s'applique ici sur une portion de conducteur de longueur  $d\vec{l}$ . Cette force se note alors  $d\vec{F}_L = I d\vec{l} \wedge \vec{B}$

### 2.1.1.2. Fonctionnement moteur

Une source externe impose un courant  $i$  dans un circuit électrique plongeant dans un champ magnétique  $\vec{B}$ . La force de Laplace peut mettre tout ou partie de ce circuit en mouvement et peut donc entraîner une charge mécanique.

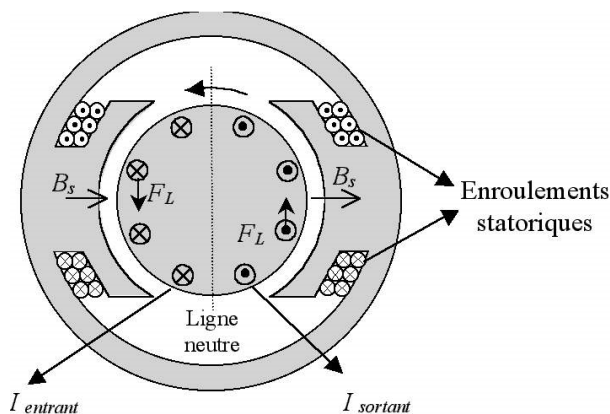
La puissance électrique fournie à la source est donc convertie en puissance calorifique, composée des pertes par effet Joule, en puissance mécanique, dont une partie sous forme de force de frottement.

Le bilan en régime établi s'écrit :  $P_{elec\ ext.} - P_{Joule} = P_{Laplace} = P_{frott.} + P_{méca.}$

## 2.1.2. Principe de fonctionnement

Dans toute cette partie, nous parlerons de machines électriques et pas seulement de moteurs. En effet, le moteur tourne vite mais le couple moteur est assez faible. Pour y remédier, on ajoute dans la plupart des cas des réducteurs. La machine électrique est alors l'ensemble du moteur et du réducteur.

### 2.1.2.1. Structure simplifiée



La machine électrique à courant continu est constituée d'un stator, aussi appelé inducteur. Cette partie fixe est à l'origine de la circulation d'un flux magnétique longitudinal fixe créé soit par des bobinages, soit par des aimants permanents. La partie ronde en gris, au centre, est le rotor, ou induit, qui tourne dans le sens antihoraire. Il s'agit de la partie mobile du moteur.

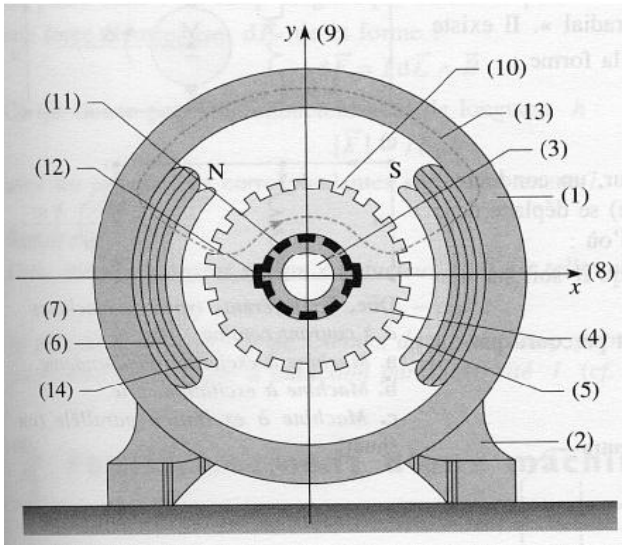
Entre le rotor et le stator, on a l'entrefer où règne le champ magnétique créée par l'inducteur. Celui-ci est formé de

bobines alimentées par un courant continu.

Le circuit de l'induit est réalisé par un enroulement sous forme de spires autour du rotor de forme cylindrique. Ces spires sont appelées conducteurs actifs si elles se trouvent dans le champ magnétique, passif sinon.

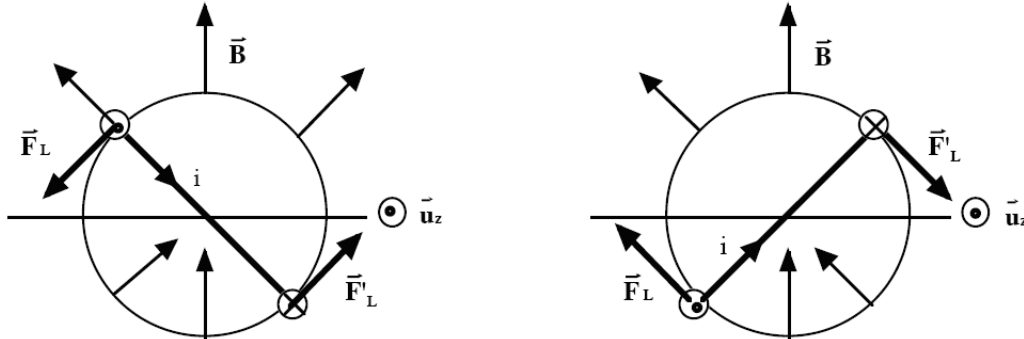


Pour mieux comprendre le fonctionnement du moteur, nous allons voir en détail tous les composants grâce au schéma ci-dessous :

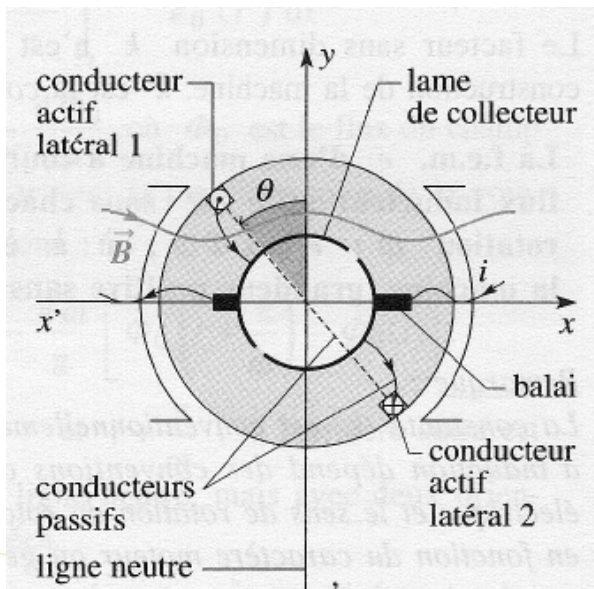


- (1) culasse d'acier
- (2) socle
- (3) axe de l'induit
- (4) rotor
- (5) entrefer
- (6) bobinage inducteur
- (7) pièces polaires du stator
- (8) axes des pôles
- (9) ligne neutre
- (10) encoches taillées le long des génératrices du rotor
- (11) collecteur
- (12) balai
- (13) ligne de champ
- (14) aimant

Afin que la machine puisse tourner toujours dans le même sens, il faut que le couple de forces de Laplace ne s'inverse pas. Pour cela, il est nécessaire que le sens du courant dans les spires s'inverse au passage par la ligne neutre, qui est l'intersection avec le plan de la figure, de la zone de champ magnétique nul.



En effet, on remarque que les couples des forces de Laplace s'inverseraient si, au passage par la ligne neutre, il n'y avait pas inversion du courant dans la spire.



Puisque le courant est continu, cette inversion n'apparaît pas au niveau du circuit d'alimentation. En fait, chaque spire placée sur le rotor de la machine est soudée à un ensemble de lames de cuivre solitaires du rotor et isolées les unes des autres. L'ensemble des lames de cuivre forme le collecteur. Sur le collecteur frottent des balais, qui sont solidaires du socle. L'ensemble collecteur et balais joue le rôle de commutateur.



Il faut noter que les balais sont solidaires du socle alors que les lames du collecteur tournent avec le rotor.

Au passage par la ligne neutre, les lames du collecteur auxquelles sont attachées les extrémités de la spire changent de balai, ce qui implique un courant dans la spire qui s'inverse. Le couple des forces de Laplace garde alors le même signe.

### 2.1.2.2. Machine à plusieurs conducteurs induits

Dans une machine réelle, le nombre de conducteurs actifs est élevé afin d'avoir de bonnes performances dans des volumes réduits. En effet, la force électromotrice d'induction et les contributions des différentes spires placées en série, sous forme d'enroulement, en couple mécanique, s'ajoutent.

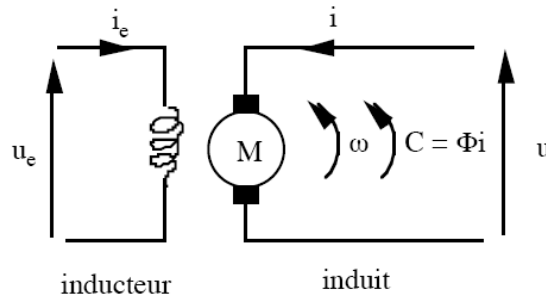
La vitesse angulaire de l'enroulement et le champ électromoteur en tout point sont proportionnels. La force électromotrice est donc proportionnelle à cette vitesse angulaire de rotation de la machine. On a alors :  $e = - \Phi \omega$

$\Phi$  qui est la constante de proportionnalité, est proportionnelle au flux utile du champ magnétique sous chacun des pôles. Il dépend des caractéristiques de construction de la machine.

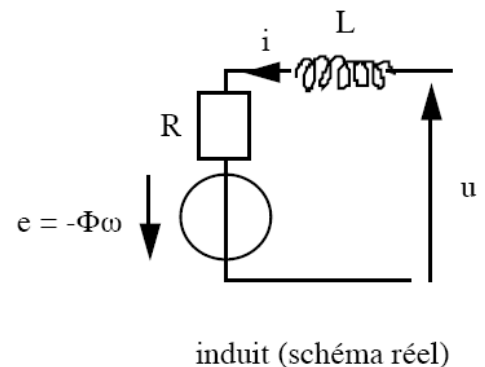
De même, le couple moteur est proportionnel à l'intensité du courant électrique parcourant l'enroulement. Le facteur de proportionnalité est homogène à  $\Phi$ .

On a  $C = \Phi i$  en sachant que la relation traduisant le principe de conversion électromagnétique pour chaque élément conducteur, est valable pour tout le circuit.

On regarde alors le schéma de convention d'orientation associé à ces relations.



Il est à noter qu'on prend en compte des pertes par effet Joule, afin d'affiner le schéma électrique. Ces pertes sont modélisées par une résistance. On tient également compte de l'inductance propre de l'enroulement de l'induit.



La machine reçoit de l'énergie électrique et fournit de l'énergie mécanique si  $u_i > 0$  (soit  $u_i = -e i = C \omega$  dans le schéma idéal).



## 2.2. La réalisation du moteur électrique

### 2.2.1. La réalisation de la maquette

#### ➤ Assemblage du support

Pour différentes raisons, nous avons choisi d'utiliser une structure en bois pour assembler le support. En effet, le bois est beaucoup plus simple à manipuler -couper et percer- que d'autres matériaux également envisageables. De plus, le bois semblait la meilleure solution pour des raisons pratiques, étant donné que le matériel mis à notre disposition au laboratoire technique du D1 à Mont Saint Aignan ne permettait pas de travailler le métal.

Suivant les recommandations de M. Guillotin nous avons décidé de créer une maquette suffisamment grande pour être vue et comprise par plusieurs personnes en même temps. Nous avons donc choisi d'assembler notre moteur sur un socle en bois rectangulaire d'environ 30 cm par 40 cm.

#### ➤ Assemblage du rotor

Pour notre rotor, plusieurs choix se présentaient à nous. En effet, nous avons la possibilité d'utiliser, soit du bois, soit du métal comme matériau et d'assembler, soit avec des vis ou bien par soudure. Nous avons décidé d'assembler des morceaux de laminés carrés sur une tige filetée de diamètre 14mm. Ce choix a été préféré étant donné que le champ magnétique est mieux porté lorsque les matériaux sont magnétisables.

Nous avons ensuite coupé la tige filetée et six morceaux de laminé. Toujours pour des raisons de visibilité et de compréhension, nous avons décidé de couper la tige filetée un peu plus longue que le socle et d'utiliser des longueurs de laminé d'environ 20cm.

Une fois ces différents éléments coupés aux longueurs voulues, il a fallu les assembler. Au début, nous pensions souder les morceaux de laminé sur la tige. Mais cette solution s'est révélée dangereuse pour l'équilibre du rotor. En effet, souder directement le laminé sur la tige aurait inévitablement déformé celle-ci. Nous avons donc décidé de souder les laminés sur deux écrous que nous avons ensuite vissés dans la tige. Ces soudures ont été faites à l'arc électrique. Pour éviter les écarts de pas entre la tige et les écrous, un des écrous est resté fileté alors que l'autre a été limé, afin d'obtenir un trou de diamètre 14 mm, afin que la tige puisse aisément passer dedans.

#### ➤ Bobinage

Suivant les conseils de M. DEMARE, nous avons décidé d'utiliser du câble de cuivre émaillé de 0.3mm de diamètre et cela pour deux raisons. Premièrement, il nous permet de faire suffisamment de spires autour de notre rotor. Dans un second temps, grâce à ce type de câble, le courant qui passe à l'intérieur de la bobine est suffisamment grand pour entraîner la rotation du rotor.





Avant d'entamer le bobinage, nous avons commencé par protéger les laminés du rotor avec une fibre. Cette protection a été installée principalement pour éviter que le laminé soit trop coupant et qu'il provoque un court-circuit dans la bobine en abimant l'émaillage. Nous avons ensuite utilisé un tour de bobinage pour créer nos bobines. Il est à noter que le tour dont nous nous sommes servis, n'est quasiment plus utilisé par les industriels. En effet, ceux-ci utilisent maintenant des tours électroniques pour compter le nombre de spires dans leurs bobines.

Cependant pour notre projet, ce tour était parfaitement adapté. Il nous a suffi de régler l'écartement du tour en fonction de la longueur souhaitée. Ensuite nous avons fixé l'entrée de la bobine que nous avons précédemment repérée sur l'une des tiges du tour. Puis, nous avons pu lancer le tour en vérifiant que chacune des bobines possèdent le même nombre de spires. Dans notre cas, nous avons choisi de faire des bobines de 200 spires.

Une fois les bobines réalisées, nous les avons fixées sur notre rotor à l'aide de ruban adhésif utilisé par les bobiniers. Nous avons fait attention de laisser l'entrée de chaque bobine du même côté du pôle, de telle sorte que l'entrée de chaque bobine soit du côté de la sortie de la bobine précédente. Une fois ces bobines mises en place, nous avons verni le tout avec un vernis incolore, pour protéger les fils de cuivre.



### ➤ Collecteurs

En général, les collecteurs présents sur les moteurs du commerce sont des cylindres de cuivre, où le contact électrique se fait sur la partie arrondie du cylindre. Dans notre cas, nous avons choisi de faire le contact électrique sur la base d'un cylindre, à l'aide d'une plaque de cuivre qui sert en général à créer des circuits imprimés. Nous avons donc collé cette plaque sur un petit cylindre de bois. Puis nous l'avons gravée pour séparer trois zones de contact, qui correspondent aux trois points d'entrée/sortie.

### ➤ Assemblage support/rotor

L'assemblage entre le rotor et le support a été réalisé à partir de flasques récupérées sur un moteur, hors service, offert par la société SIE et par des roulements à billes gorges profondes sans protection. Ces roulements sont bloqués dans les flasques et la tige filetée est maintenue grâce à deux écrous qui appuient vers l'extérieur, sur les roulements.

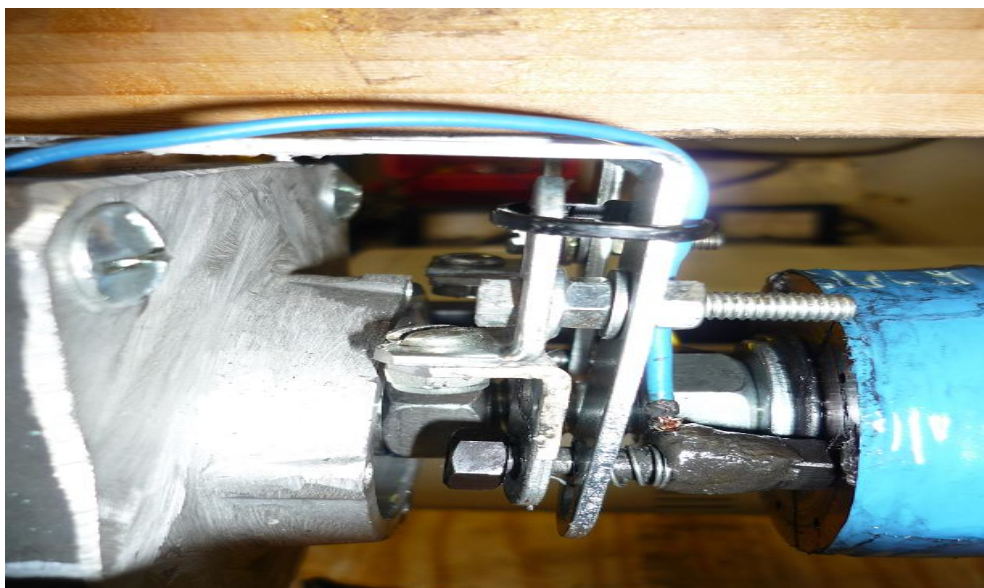




### ➤ Câblage et balais

Pour réaliser les balais, nous avons choisi d'utiliser des charbons utilisés dans des perceuses. En effet, Benjamin en avait à disposition en tant que pièce de rechange de sa perceuse personnelle. De plus, le contact électrique entre le collecteur et les balais se font mieux avec de telles pièces. Nous avons fixé les charbons sur des tiges filetées, afin de les fixer à des équerres. Pour avoir un meilleur contact, nous avons ajouté des ressorts sur les tiges.

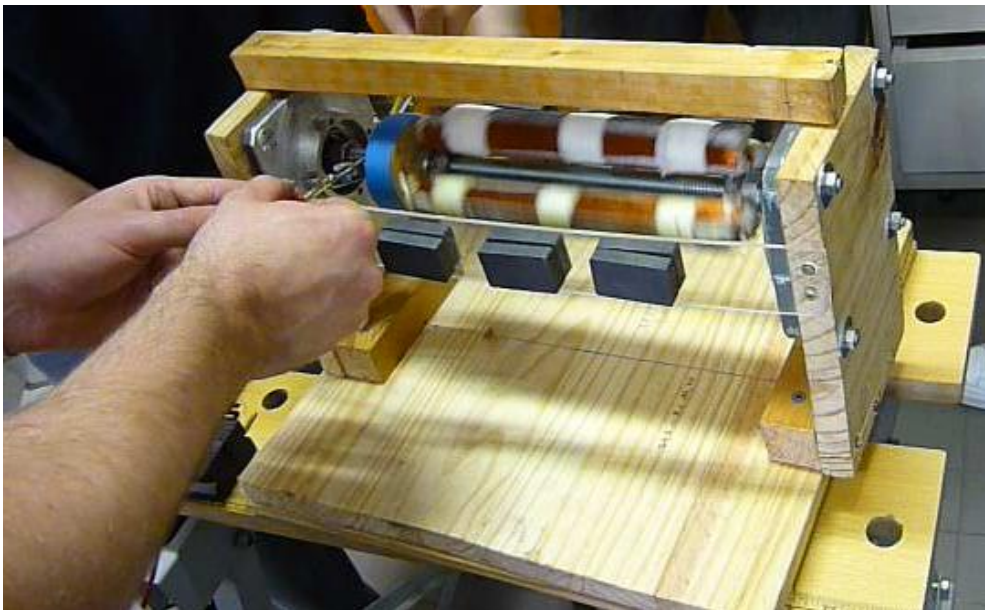
Nous avons aussi pensé à installer un boîtier électrique afin d'y fixer deux prises femelles, pour recevoir des fiches bananes. En effet, nous voulions connecter l'arrivée de courant, ou la sortie dans le cas où nous souhaiterions utiliser le moteur en tant que générateur.



➤ **Essais**

Lors des premiers essais, nous nous sommes servis des câbles de cuivre pour remplacer les balais que nous n'avions pas encore installés. Nous nous sommes rendu compte que les plaques de plexiglas que nous avons installées pour maintenir les aimants étaient trop souples et que cela entraînait une vibration importante de toute la maquette.

Nous avons donc remplacé ces plaques par les mêmes laminés que nous avons utilisés pour réaliser le rotor. Après de nouveaux essais, nous avons installés nos systèmes de balais puis nous les avons réglés afin d'obtenir un rendement maximum. En effet, nous voulions faire tourner le moteur avec une tension minimale. En d'autres termes, nous avons cherché à diminuer les frottements. Au final, notre moteur commence à tourner avec une tension de onze volts.



➤ **Peinture**

Restant quelques séances après la finition de notre moteur, nous avons décidé de peindre celui-ci pour des raisons esthétiques.





### 2.2.2. Les problèmes rencontrés

Lors de ce projet, nous avons rencontré plusieurs problèmes, plus ou moins importants.

Tout d'abord, le bois que nous avons utilisé pour le support était trop cassant. Nous avons donc du renforcer notre support à plusieurs reprises.

Ensuite, nous avons ensuite rencontré des problèmes d'alignement entre le rotor et ses roulements. Nous avons donc cherché à aligner ces différents éléments puis nous avons centré l'axe du rotor grâce à de l'adhésif.

Nous avons également eu des problèmes de frottement entre les charbons et le collecteur et entre le rotor, les roulements et les flasques. Nous avons donc graissé les roulements. Nous avons aussi desserré le rotor au maximum afin de limiter les frottements. Il a fallu quand même vérifier que celui-ci soit toujours suffisamment maintenu pour ne pas avoir de vibrations.

Le dernier problème que nous avons rencontré concerne le collecteur. En effet, après quelques minutes d'utilisation, les creux de séparation se remplissaient de graphite et un court circuit apparaissait. Dans le but de limiter ce désagrément, nous avons légèrement arrondi les charbons et lissé le collecteur pour limiter l'accumulation de graphite dans les creux. Ce problème revient tout de même au bout d'un certain temps d'utilisation. Nous n'avons toujours pas trouvé de solution efficace à ce souci



### 3. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

#### 3.1. Conclusions sur le travail réalisé

Lors de cette EC de projet de physique, nous avons appris à travailler en groupe sur un projet à caractère expérimental. Auparavant, nous avions l'habitude des travaux en groupe dans des matières de communication ou lors de projets plutôt théoriques. Cette fois-ci, après la répartition des tâches dans le groupe, nous ne pouvions pas travailler chacun de notre côté comme cela fût généralement le cas lors des précédents projets. En effet, pour achever la maquette de ce moteur, nous avons dû œuvrer tous ensemble dans l'atelier, chacun affecté à une tâche mais toujours en regard avec le travail des autres.

De plus, nous avons vite réalisé qu'il était important, voir indispensable, qu'un membre du groupe se positionne comme le leader. Dans notre cas, contrairement à l'EC d'Approche Des Métiers où l'ERG est imposé, ce rôle a naturellement été attribué à Benjamin. En effet, sa connaissance du sujet et son aisance à l'atelier ont fait de lui le chef légitime de notre groupe. L'avantage d'avoir un leader dans un groupe est le fait que le projet est toujours en progrès.

Enfin, la mise en place des projets scientifiques nous montre quelques facettes du métier d'ingénieur et notamment son aptitude à résoudre des problèmes. En effet, nous avons été confrontés à différentes difficultés lors de la réalisation de la maquette. Il a fallu alors gérer ces problèmes et trouver des solutions efficaces.

#### 3.2. Conclusions sur l'apport personnel de cette U.V. projet

##### ➤ Angélique

Au départ, je n'étais pas enthousiaste de travailler sur un projet aussi technique. N'étant pas à l'aise en atelier et n'ayant que très peu de connaissance sur ce type de moteur électrique, je ne me sentais pas à ma place au sein du groupe. Mais très vite, les autres membres du groupe ont su me mettre en confiance et je les en remercie pour cela. Je peux donc dire que ce projet m'a apporté beaucoup de connaissances et m'a beaucoup plu.

Lors de ce projet, je n'ai pas seulement appris le fonctionnement des moteurs électriques, mais j'ai également pu me familiariser avec l'univers des ateliers. J'ai participé à quelques tâches en utilisant des outils qui m'étaient jusqu'à là inconnus. Par la suite, je me suis essentiellement occupée du dossier écrit, étant plus à l'aise sur ce genre de travail.



➤ **Benjamin**

Pour ma part, je tenais vraiment à travailler sur un projet concernant les moteurs. En effet, j'ai effectué mon stage ouvrier dans une usine spécialisée dans la conception de différents moteurs électriques. De ce fait, il est vrai que j'avais déjà des connaissances sur le sujet. Cela me donnait un avantage sur les autres membres du groupe.

Connaissant les différentes étapes de la construction d'un tel moteur, je pense ne rien avoir appris sur le plan théorique. En fait, c'est lors de la construction de la maquette que j'ai pu améliorer mes connaissances. En effet, j'ai réalisé des tâches que je n'avais jamais faites, comme par exemple le bobinage.

Enfin, je trouvais intéressant de voir l'évolution de notre projet. Je dois admettre que j'étais particulièrement content et fier, lorsque notre moteur a fonctionné pour la première fois. C'était l'aboutissement de plusieurs dizaines d'heures de travail, qui tournait sous nos yeux.

➤ **Feng**

Au départ, je ne savais pas comment le groupe devait s'organiser pour ce genre de projet. J'avais déjà participé à des travaux collectifs mais jamais dans le but de construire un moteur. Du coup, j'avais peur de ne pas avoir les connaissances nécessaires pour aider le groupe. Mais j'ai finalement réussi à aider mes collègues lors de certaines tâches dans l'atelier et également pour le dossier écrit.

De plus, les séances de travaux destinées à l'EC de P6-3 m'ont permis de pratiquer la langue française. Etant donné que je suis chinois, je ne parle pas correctement le français. Pendant mes deux premières années à l'INSA, mes camarades de la section SIB avait tendance à communiquer avec moi en anglais. Du coup, ce projet a été une très bonne occasion de me forcer à me faire comprendre en parlant exclusivement en français, même si cela n'a pas toujours été facile.

➤ **HaoZe**

Ce projet m'a permis de comprendre le principe d'un moteur électrique. En effet, je n'avais jamais étudié ce genre de moteur. Il était donc intéressant pour moi de travailler sur un sujet inconnu pour enrichir mes connaissances.

J'ai également appris à faire confiance aux autres membres du groupe. En effet, je n'ai pas pu participer à toutes les étapes de construction, puisque nous nous sommes répartis le travail. Si on devait tous être présents à chaque tâches, nous aurions été moins efficaces. Je dois également souligner que mes camarades m'ont également accordé leur confiance. J'ai pu ainsi travailler sereinement.

Enfin, je suis content car c'est sans doute la première fois que nous avons été confrontés à de véritables problèmes techniques. J'ai donc appris à essayer de résoudre ces problèmes en trouvant des solutions, qui ont eu des réelles conséquences sur le succès, ou non, du projet.

➤ **JiangHao**

Comme la plupart des mes camarades, j'avais quelques connaissances sur les moteurs Stirling. Mais je dois admettre que je ne connaissais pas le fonctionnement d'un moteur électrique à courant continu. Au cours de ce projet de physique, j'ai vu comment se compose une telle machine.



Une fois le sujet maîtrisé, j'ai pu réaliser des travaux techniques dans l'atelier que je n'avais jamais faits. En effet, pour une fois, nous avons plus travaillé manuellement qu'intellectuellement.

Enfin, j'ai dû m'adapter pour travailler avec des personnes que je ne connaissais pas et ne parlant pas la même langue que moi. Ce fût une très bonne expérience car nous nous sommes très bien entendus et nous avons pu travailler dans d'excellentes conditions.

➤ **Yoann**

Personnellement, je pense que cette EC est un véritable apport aussi bien sur le plan humain, que technique et théorique. En effet, nous travaillons dans cette EC de manière plus concrète et pratique que sur les autres projets sur lesquels nous avons déjà pu travailler. Par ailleurs, nous avons dû comprendre la théorie de notre projet pour ensuite le réaliser. Je trouve que c'est une excellente façon d'apprendre.

De plus, au cours de ces projets de physique, nous avons du apprendre à gérer la charge de travail dans le groupe en utilisant au mieux les capacités et qualités de chacun.

Enfin, nous avons pu utiliser des outils que nous n'avions pas l'habitude de manipuler en temps normal.

### **3.3. Perspectives pour la poursuite de ce projet**

Notre groupe est satisfait de son travail dans la mesure où nous avons atteint notre objectif de départ, qui était de faire tourner notre moteur. Néanmoins, un projet n'est jamais vraiment fini. Il est vrai que nous pourrions toujours l'améliorer ou approfondir nos connaissances.

Dans notre cas, pour poursuivre ce projet, nous pourrions travailler sur la question des charbons qui provoquent un court-circuit. Nous pourrions essayer de trouver une solution à ce problème complexe. Nous pourrions également étudier la faisabilité de se servir de notre moteur en tant que générateur.

De plus, nous avons travaillé sur un moteur à courant continu. Il serait alors intéressant de rencontrer les élèves ayant construit la maquette du moteur à courant alternatif. Nous pourrions alors comparer ces deux fonctionnements et voir les avantages et les inconvénients de chacun.



#### 4. BIBLIOGRAPHIE

[1] Mikhaïl Kostenko et Ludvik Piotrovski, *Machines électriques*, Tome I, « Machines à courant continu, transformateurs », Éditions de Moscou (MIR), 1979

[2] lien internet :

<http://pagesperso-orange.fr/bernard.gillot/> (valide à la date du (20/06/2009)

<http://www.cpge-brizeux.fr/casiers/francoise/psi2007-2008/cours/convpuiss/ConvPuis2.pdf>  
(valide à la date du 20/06/2009).

[http://www.cpge-brizeux.fr/psi/physique/carnet0708/cours\\_et\\_td/](http://www.cpge-brizeux.fr/psi/physique/carnet0708/cours_et_td/) (valide à la date du 20/06/2009).

[http://sti.ac-orleans-tours.fr/spip/article.php3?id\\_article=383](http://sti.ac-orleans-tours.fr/spip/article.php3?id_article=383) (valide à la date du 20/06/2009).



## 5. ANNEXES

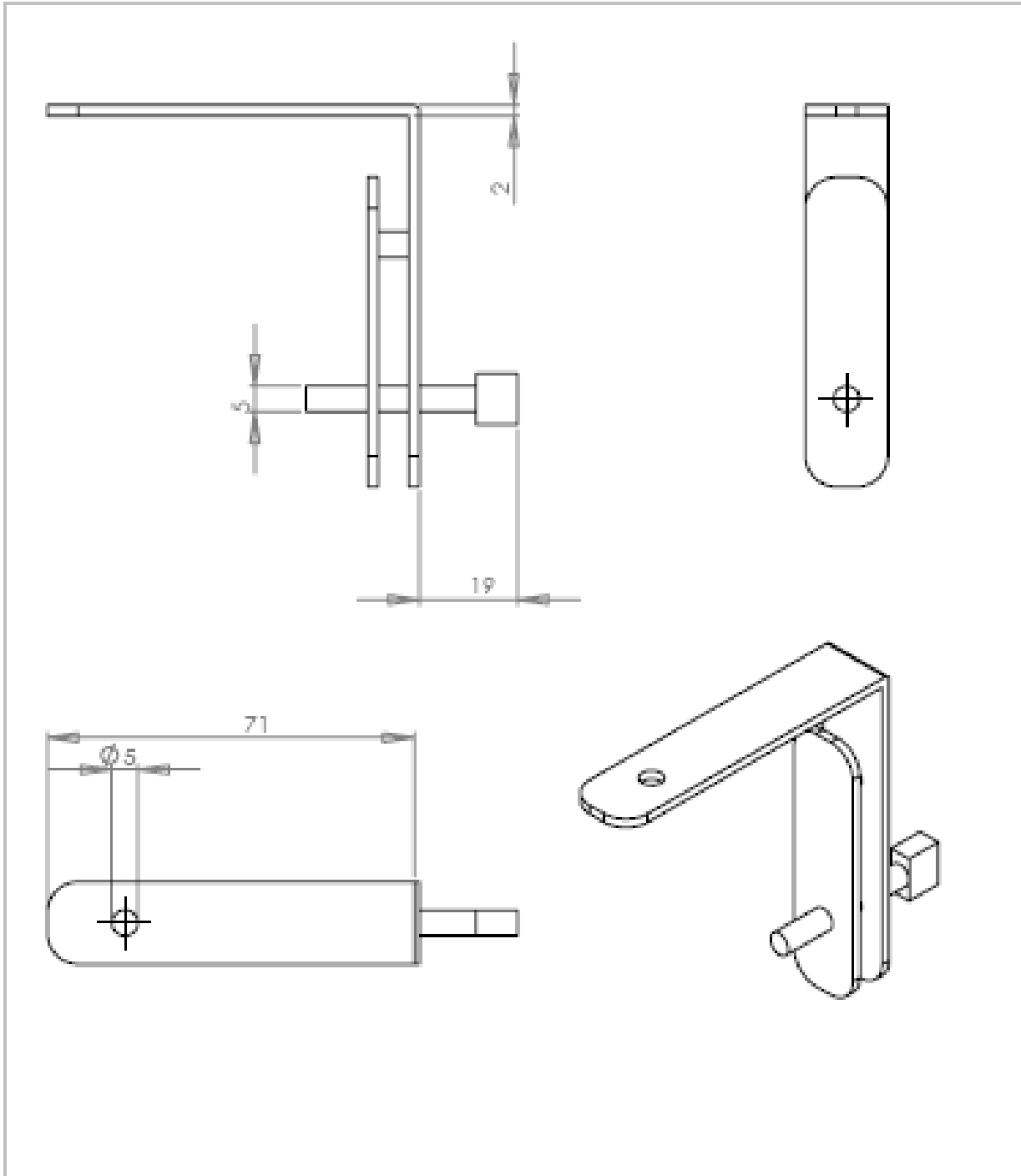
### 5.1. Plans de conception

Nous avons utilisé le logiciel SolidWorks, logiciel de Conception assisté par Ordinateur, afin de réaliser des plans de conception.

Voici la liste des plans de conception que vous pouvez voir ci-dessous :

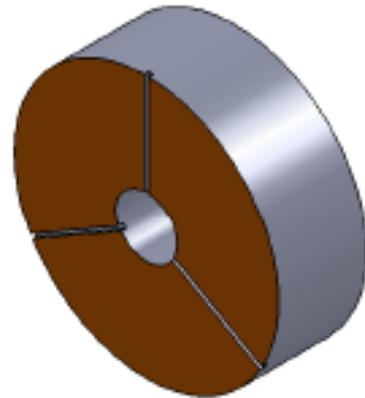
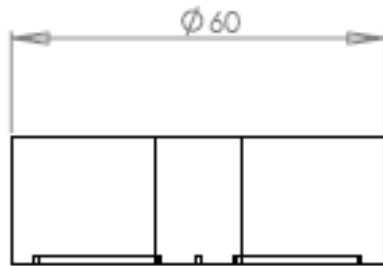
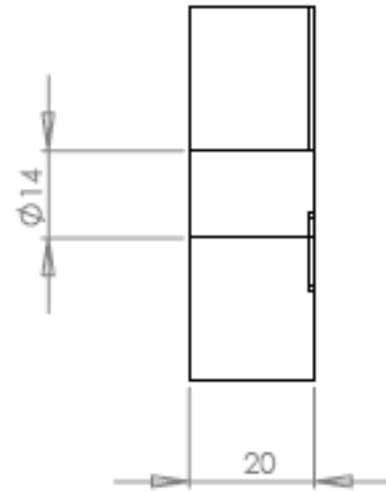
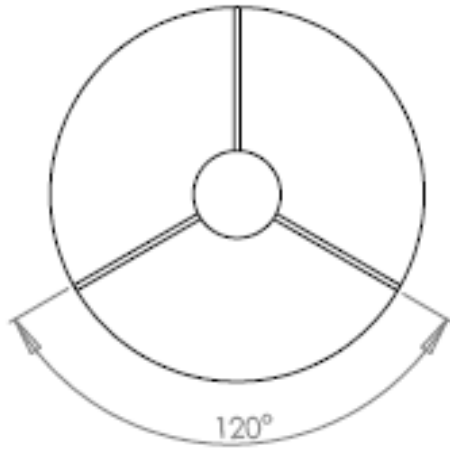
- ❖ plan des balais
- ❖ plan des collecteurs
- ❖ plan du rotor
- ❖ plan de l'assemblage vu de dessus
- ❖ plan de l'assemblage vu de biais





<p><b>PROPRIÉTÉ ABSOLUMENT CONFIDENTIELLE</b>          THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF INSA ROUEN. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF INSA ROUEN IS PROHIBITED.</p>			DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: FRACTIONAL & ANGULAR MATCHES: BEND 3 TWO PLACE DECIMALS: 0.02 THREE PLACE DECIMALS: 0.005	<table border="1"> <tr><th>DESIGN</th><th>DATE</th></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> </table>	DESIGN	DATE																	
	DESIGN	DATE																					
			MATERIAL:																				
			FINISH:																				
NEXT ASST:	USED ON:																						
APPLICATION:	DO NOT SCALE DRAWING																						
				<table border="1"> <tr><th>REV</th><th>DESCRIPTION</th><th>DATE</th></tr> <tr><td>A</td><td> </td><td> </td></tr> </table>	REV	DESCRIPTION	DATE	A			balaïs	INSA											
REV	DESCRIPTION	DATE																					
A																							

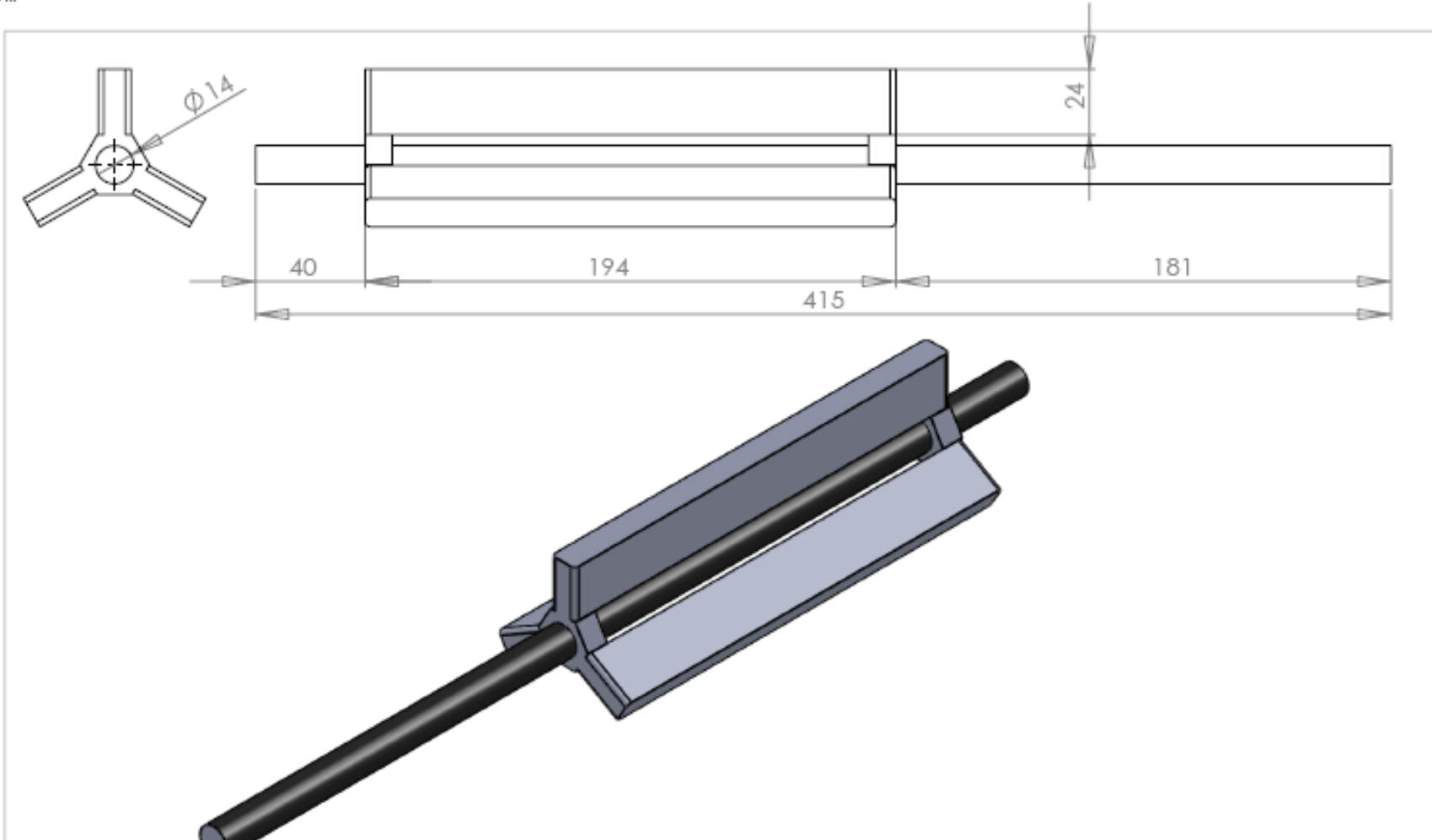




<p><b>PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL</b>          THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF &lt;INSERT COMPANY NAME HERE&gt;. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF &lt;INSERT COMPANY NAME HERE&gt; IS PROHIBITED.</p>				DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: FRACTIONAL $\pm$ ANGULAR: MACH $\Delta$ BEND $\Delta$ TWO PLACE DECIMAL $\pm$ THREE PLACE DECIMAL $\pm$		NAME	DATE
				MATERIAL		DRAWN	
				FINISH		CHECKED	
		NET ASSY	USED ON			ENG APPR.	
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING		COMMENTS:			
						SEE DWG. NO. <b>A</b>	REV.
						collecteur	
						SCALE: 1:1	SHEET 1 OF 1







PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL  
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS  
 DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF  
 <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY  
 REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE  
 WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF  
 <INSERT COMPANY NAME HERE> IS  
 PROHIBITED.

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE			
		DIMENSIONS ARE IN INCHES		DRAWN		TITLE:		
		TOLERANCES:		CHECKED				
		FRACTIONAL ±		ENG APPR.				
		ANGULAR: MACH ± BEND ±		MFG APPR.				
		TWO PLACE DECIMAL ±		Q.A.				
		THREE PLACE DECIMAL ±		COMMENTS:				
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				SIZE	DWG. NO.	REV
		MATERIAL				<b>A</b>	<b>rotor</b>	
NEXT ASSY		USED ON				SCALE: 1:5		WEIGHT:
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING				SHEET 1 OF 1		

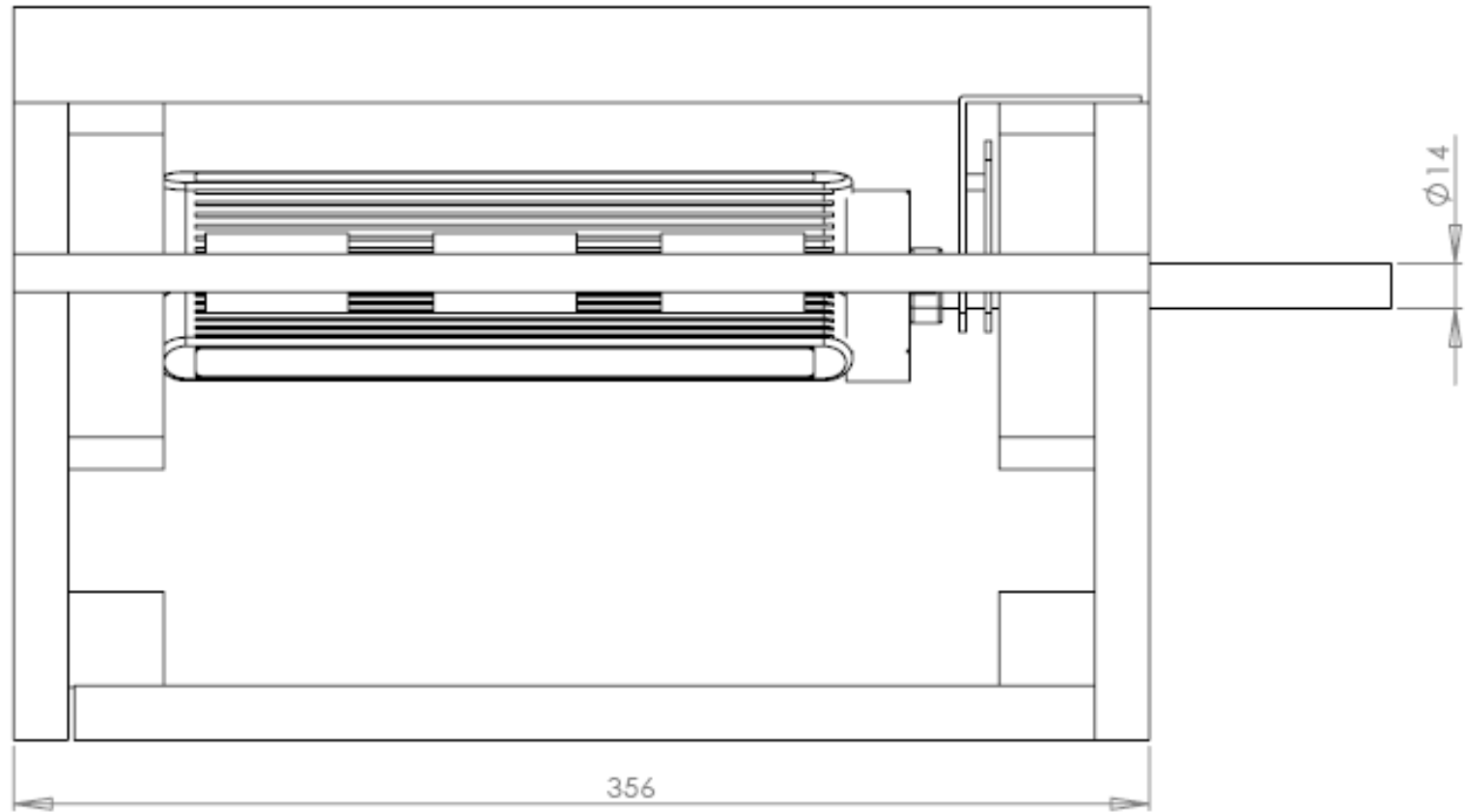
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL  
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS  
 DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF  
 <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY  
 REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE  
 WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF  
 <INSERT COMPANY NAME HERE> IS  
 PROHIBITED.

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE
		DIMENSIONS ARE IN INCHES		DRAWN	
		TOLERANCES:		CHECKED	
		FRACTIONAL ±		ENG APPR.	
		ANGULAR: MACH ± BEND ±		MFG APPR.	
		TWO PLACE DECIMAL ±		G.A.	
		THREE PLACE DECIMAL ±		COMMENTS:	
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:			
		MATERIAL:			
		FINISH:			
NEXT ASSY	USED ON				
APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING			

TITLE:		SIZE	DWG. NO.	REV
		<b>Assemblage 1</b>		
SCALE: 1:10		WEIGHT:	SHEET 1 OF 1	

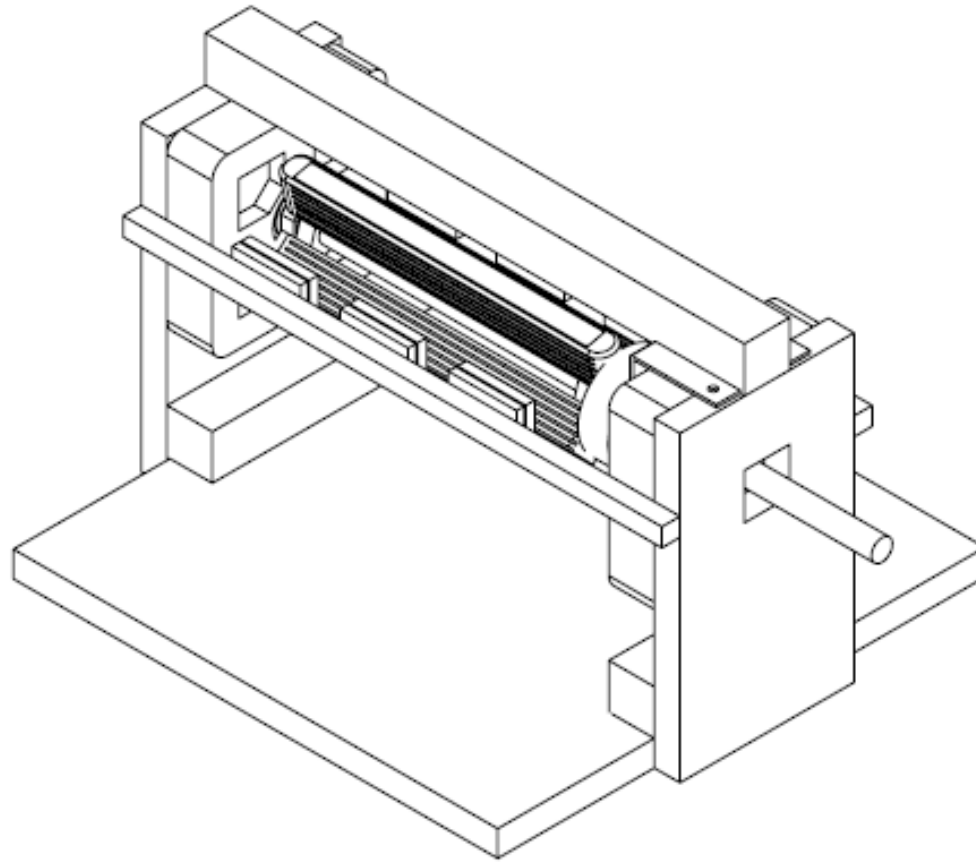
5

4

3

2

1



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL  
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS  
 DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF  
 <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY  
 REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE  
 WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF  
 <INSERT COMPANY NAME HERE> IS  
 PROHIBITED.

		UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:		NAME	DATE	
		DIMENSIONS ARE IN INCHES	DRAWN			TITLE:
		TOLERANCES:	CHECKED			
		FRATIONAL $\pm$	ENG APPR.			
		ANGULAR: MACH $\pm$ BEND $\pm$	MFG APPR.			
		TWO PLACE DECIMAL $\pm$	G.A.			
		THREE PLACE DECIMAL $\pm$	COMMENTS:			SIZE DWG. NO. REV
		INTERPRET GEOMETRIC TOLERANCING PER:				<b>Assemblage 1</b>
		MATERIAL				SCALE: 1:10 WEIGHT: SHEET 1 OF 1
		FINISH				
	NEXT ASSY	USED ON				
	APPLICATION		DO NOT SCALE DRAWING			

5

4

3

2

1

## 5.2. Propositions de sujets de projets

Nous pensons que l'amélioration de notre maquette pourrait être un sujet de projet pour l'année prochaine. En effet, notre moteur pourrait sans doute tourner à plus faible tension, si nous avons plus de temps pour le perfectionner. De plus, nos successeurs pourraient essayer de trouver une solution durable pour les creux de séparation qui se remplissent de graphite.

Ensuite, Yoann suggérerait d'étudier les systèmes sans contact, tel que les bornes de la TCAR, qui permettent de valider son titre de transport.

Enfin, nous pensons qu'il serait intéressant de laisser les élèves proposer des sujets avant le début de l'EC. Nous sommes conscients que cette idée peut être difficilement réalisable d'un point de vue logistique. Mais il est vrai que certains élèves pourraient avoir de très bon sujets, qui leurs tiennent à cœur. Dans cette optique, il paraît envisageable, qu'au moment des vœux concernant le choix du sujet, qu'il y ait un projet « sujet libre » que les élèves mettraient en premier vœu avec l'intitulé du sujet qu'ils veulent traiter. Ainsi, les professeurs pourraient valider, ou pas, ce sujet de projet. Dans le cas d'un rejet, l'élève serait affecté à un projet d'un vœu inférieur.

