

# Rapport de projet Pix1

« Char DeDingue »

## IDENTITÉ DE L'ÉQUIPE :

Numéro d'équipe	1
Nom d'équipe	Char Léouf
Membres d'équipe	Lucie Mallet Nicolas Stas Lou Delattre Pacôme Manceaux Mathis Philippon Gauthier Gendreau
PRM (Project Roadmap Manager)	Thomas Cochet

# Projet Pix I

Promo 2024



ÉCOLE  
D'INGÉNIEURS  
PARIS-LA DÉFENSE

## Table des matières

1.	Présentation du projet .....	3
2.	Définition du problème.....	3
3.	Objectif du projet .....	3
4.	Etat de l'art sur le moteur .....	5
5.	Etape et présentation de la réalisation du moteur .....	12
6.	<i>Système de transmission</i> .....	15
7.	Présentation de votre système.....	24
8.	Obstacles et parcours.....	29
9.	La maquette .....	34
10.	Conclusion.....	35

# Projet Pix I

## Promo 2024



ÉCOLE  
D'INGÉNIEURS  
PARIS-LA DÉFENSE

### 1. Présentation du projet

#### 1. Contexte pédagogique du projet Pix1

Dans le cadre du projet Pix1 de l'ESiLV, nous avons été amenés à créer un char d'assaut miniature. Nous avons donc constitué notre équipe d'étudiants de première année afin de répondre à ce projet.

#### 2. Description de votre sujet et contexte : enjeux, stratégies...

Notre char doit répondre à un cahier des charges précis, qui sera détaillé plus tard. Tout dans ce char doit être fait de nos mains, pas le droit d'utiliser des pièces déjà faites.

### 2. Définition du problème

#### 1. Analyse et identification de la problématique du projet LéoLike

Le projet LéoLike a pour but de **créer un char d'assaut miniature en s'inspirant de Léonard de Vinci**. De cette problématique découle deux contraintes : la contrainte de taille ; le char doit être miniature ; et la contrainte de design. En effet, le char devant s'inspirer des œuvres de Léonard de Vinci, l'aspect visuel du char doit être pensé en conséquence.

#### 2. Décomposition du problème en sous problèmes

De la problématique précédente, nous avons créé des axes de travail. L'équipe s'est donc séparée dans un premier temps en sous-équipes travaillant chacune sur un système.

Le premier système est le moteur, l'objectif du premier semestre. Ensuite nous avons travaillé sur les systèmes intégrés au châssis (transmission du mouvement, action lors de la rencontre avec un obstacle) et le châssis lui-même. Enfin, nous avons travaillé sur le système de tir.

### 3. Objectif du projet

#### 1. Définir les résultats que le projet doit atteindre ainsi que les principales fonctionnalités du produit.

Le premier objectif est de faire avancer le char sur 1 mètre, puis de le faire reculer de 1 mètre de façon automatique, le tout en passant sur un dos d'âne.

Ensuite, le char doit réaliser une action lorsqu'il rencontre un obstacle plus grand que lui.

# Projet Pix I

## Promo 2024

Enfin, le char doit tirer une fléchette nerf sur une cible située à 1 mètre après une unique action de l'utilisateur.

### 2. Votre stratégie d'attaque

Pour mener notre projet à bien, nous avons décidé de tirer parti au maximum des capacités de l'impression 3D additive ; ayant des connaissances dans ce domaine. Nous avons opté pour une stratégie de prototypage rapide, réalisant plusieurs prototypes pour chaque système.

# Moteur

## 4. [Etat de l'art sur le moteur]

### 1. Recherche bibliographique

## 1 GENERALITES

Un moteur à courant continu est une machine électrique tournante transformant l'énergie électrique (courant continu) en énergie mécanique à travers diverses interactions électromagnétiques.

Une particularité de ce moteur est sa réversibilité, c'est-à-dire qu'ils peuvent tout aussi bien effectuer la transformation inverse, c'est-à-dire passer de l'énergie mécanique à l'énergie électrique (principe de la dynamo).

Leur fonctionnement s'est construit sur la loi de Lorentz, ou encore loi de Laplace lorsqu'elle est appliquée à un conducteur tel que le moteur.

Il existe divers types de moteurs à courant continu : le moteur à excitation parallèle (shunt), le moteur à excitation en série, le moteur à excitation séparée et le moteur à aimant permanent. Il existe un dernier modèle de moteur n'utilisant pas de balais, principal défaut des moteurs à courant continu ; on les nomme « brushless ». Pour des raisons matérielles (des aimants permanents nous ont été fournis avec une quantité limitée de fil de cuivre), nous nous concentrerons sur les moteurs à aimant permanent.

Dans le moteur à aimants permanents, le rotor et le stator sont constitués d'aimants dont les pôles identiques sont mis face à face afin de permettre le mouvement du moteur grâce au champ magnétique créé. Les pôles identiques se repoussent ce qui met le moteur en mouvement.

Un moteur à courant continu est principalement composé d'un inducteur ou stator, d'un induit aussi appelé rotor, d'un collecteur fixé à l'induit ainsi que de charbons aussi appelé balais qui alimentent l'induit par le collecteur sur lequel ils frottent.

La qualité du moteur, soit la régularité de l'entraînement, le couple ou encore la vitesse est en lien avec sa constitution :

- Nombre de pôles
- Nombre de faisceaux
- Nombre de spires dans un faisceau
- Choix des matériaux constituant l'ensemble

La vitesse de rotation du moteur est aussi liée à la tension d'alimentation.

# Projet Pix I

## Promo 2024

## 2 LES PARTIES D'UN MOTEUR

### 2.1 LE STATOR



L'inducteur est la partie stationnaire d'un moteur électrique. Le stator a pour fonction de créer un champ magnétique qui par interaction avec le champ magnétique des bobines du rotor produit le couple électromécanique. Le champ magnétique issu du stator est dit statorique.

Le stator se compose principalement :

De la carcasse,

Des paliers,

Des flasques de palier,

Des portes balais.

D'un ensemble de paires de pôles qui peuvent être des aimants permanents ou des électroaimants (bobines alimentées par un courant)

Pour augmenter la puissance d'un moteur, une piste est d'augmenter le nombre de paires de pôles afin de mieux utiliser la matière, de diminuer les dimensions d'encombrement et d'optimiser la pénétration du flux magnétique dans l'induit.

### 2.2 LE ROTOR

L'induit est la partie tournante du moteur.

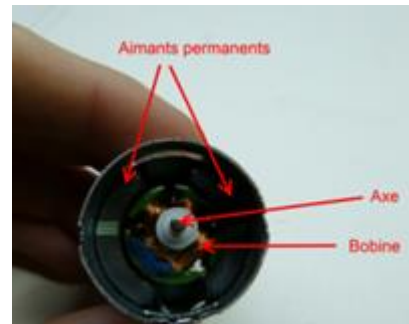
Il est constitué d'un enroulement de spires conductrices réunies en faisceaux, disposés de telle manière que lorsqu'un côté est soumis au pôle nord, l'autre est au pôle sud : les faisceaux sont tous reliés en série grâce aux lames du collecteur.

Le champ magnétique issu du rotor est qualifié de rotorique.

# Projet Pix I

## Promo 2024

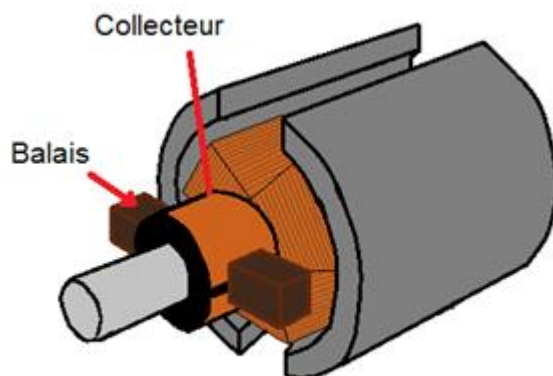
La variation du nombre de spires induit une variation de l'intensité de la force électromagnétique d'entraînement.



Le rotor est constitué :

- d'un axe ;
- d'une bobine entourée par une âme en fer doux ;
- de collecteurs (contacts) sur lesquels viendront frotter les balais.

### 2.3 LE COLLECTEUR



Le collecteur est une partie fixe du moteur électrique, fixé sur l'axe.

Sa principale fonction est de connecter le stator et le rotor et de servir de « pont », distribuant à la fois de l'électricité au stator, partie fixe, et au rotor, partie tournante, tâche qu'un fil électrique ne pourrait pas accomplir.

# Projet Pix I

## Promo 2024

Il existe deux grands types de collecteurs, les collecteurs à bagues rotatives et les collecteurs commutateurs rotatifs.

Les collecteurs à bagues rotatives sont des bagues continues, isolés de l'axe par un matériau isolant, là où la bague des commutateurs rotatifs sont coupés en trois morceaux et isolés entre eux. Un des morceaux servant de point d'entrée au courant, et l'autre de sortie.

Étant donné que le collecteur est rotatif, il n'est pas connecté par fils à la source de courant, mais par des balais, des connecteurs étant soit en Carbone, soit des lames de métal.

Le collecteur à courant continu a été inventé en 1869, et fait partie intégrante des moteurs électriques d'aujourd'hui, et évolue en parallèle des moteurs en eux même, devenant plus puissant et plus conducteur aux fils des années.

### 3 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR A COURANT CONTINU :

En plaçant une spire parcourue par un courant dans un champ magnétique, il apparaît un couple de forces. Ce couple de forces crée un couple de rotation qui fait dévier la spire d'environ 90 degrés par rapport au plan vertical, le sens du courant restant le même dans la spire, au cours de ce déplacement, le couple de rotation diminue constamment jusqu'à s'annuler après rotation de la bobine de plus ou moins 90 degrés. Il s'agit de la zone neutre.

Après celle-ci, le sens du courant doit être inversé simultanément dans chacune de ces spires. Cette inversion est réalisée par le commutateur qui assure la transmission du courant de la partie fixe à la partie tournante du moteur.

#### 3.1 LA LOI DE LAPLACE

Un conducteur traversé par un courant et placé dans un champ magnétique est soumis à une force dont le sens est déterminé par la règle des trois doigts de la main droite.

## 2. Etude théorique

### 1 DIFFERENTS MOTEURS A COURANT CONTINU

#### 1.1 MOTEUR A EXCITATION SEPARÉE OU INDÉPENDANTE :

Le bobinage inducteur des moteurs à excitation indépendante est raccordé à une alimentation à courant continu séparée. Par conséquent, le courant qui alimente l'inducteur est indépendant de celui qui alimente l'induit.

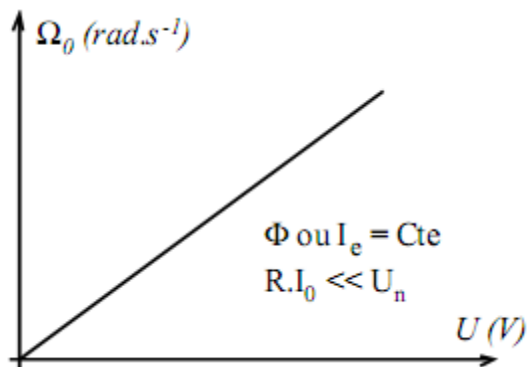
La caractéristique mécanique principale de ce moteur est la relation entre la vitesse de rotation et le couple moteur. En effet lorsque le courant d'induit augmente, le couple qui lui est proportionnel augmente ainsi que la chute de tension aux bornes de l'induit. Cette dernière fait chuter la force contre-électromotrice. Par conséquent, la vitesse diminue puisqu'elle est proportionnelle à la force contre-électromotrice. La vitesse étant inversement proportionnelle au flux, si le flux s'annule, la vitesse prendra des valeurs très élevées et le moteur aura tendance à s'emballer.

On doit donc prévoir un dispositif de protection du circuit inducteur.



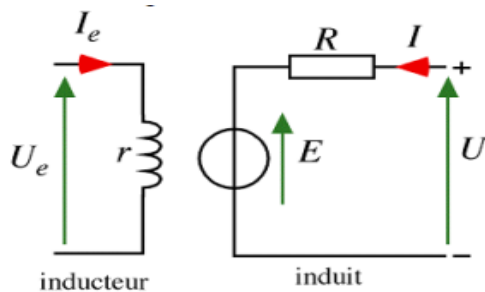
# Projet Pix I

Promo 2024



FONCTIONNEMENT A FLUX CONSTANT

Caractéristique vitesse =  $f(u)$



SCHEMA D'UN MOTEUR A  
EXCITATION INDEPENDANTE

## 1.2 MOTEUR A EXCITATION EN DERIVATION (SHUNT) :

Le moteur à excitation en dérivation est très répandu car il ne nécessite pas de source spéciale de courant d'excitation.

Dans un moteur à excitation en dérivation ou shunt, le circuit inducteur est branché en parallèle avec l'induit et il est de ce fait alimenté de la même tension.

On obtient donc l'équation suivante :

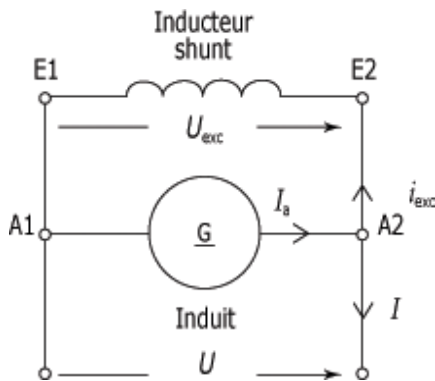
$$- U_i = U_e = U$$

Ce moteur a les mêmes caractéristiques que le moteur à excitation indépendante.

Le moteur à excitation shunt est utilisé sur des machines-outils démarrant à vide et sur des pompes de circulation.

# Projet Pix I

Promo 2024



SCHEMA D'UN MOTEUR A EXCITATION  
EN DERIVATION OU SHUNT

## 1.3 MOTEUR A EXCITATION EN SERIE :

Dans un moteur à excitation en série, le circuit inducteur qui produit le champ est raccordé en série avec l'induit. Par conséquent, le courant qui alimente l'inducteur est le même que celui qui alimente l'induit.

On obtient donc les équations suivantes :

$I_i = I_e = I$  et la tension d'alimentation  $U = U_i + U_e$ .

Le courant  $I$  d'excitation est donc identique au courant d'induit et le flux est proportionnel au courant d'induit.

L'avantage de ce type d'excitation réside dans le couple qui est maximal au démarrage du moteur.

Le moteur à excitation en série est adapté pour démarrer avec de grosses charges dont l'inertie est élevée. Il est notamment utilisé comme moteur d'entraînement des trains et des systèmes de traction à grande puissance.

## 1.4 MOTEUR BRUSHLESS OU MOTEUR SANS BALAIS :

Le moteur sans balais ou moteur brushless fonctionne en courant continu, mais une de ses particularités c'est qu'il ne contient aucun collecteur tournant et donc pas de balais non plus, d'où son nom. En revanche, un système électronique de commande doit assurer la commutation du courant dans les enroulements statoriques.

Le rôle du capteur et du système électronique est d'assurer l'auto-pilotage du moteur, c'est-à-dire l'orthogonalité du flux magnétique statorique par rapport au flux rotorique.

Le moteur brushless est surtout utilisé dans l'industrie, en robotique par exemple, mais il équipe également les disques durs et les graveurs DVD, il est très utilisé en modélisme et pour les systèmes de ventilation/climatisation automobile du fait de leur silence de fonctionnement.

## 2 AVANTAGES/INCONVENIENTS DU MOTEUR A COURANT CONTINU

### 2.1 AVANTAGES :

On retrouve de nombreux avantages au moteur à courant continu.

Le principal avantage du moteur à courant continu réside dans son adaptation simple aux moyens permettant de régler ou de faire varier sa vitesse, son couple et son sens de rotation. En effet, la commutation est réalisée mécaniquement, ce qui simplifie considérablement le contrôleur.

Le moteur à courant continu offre la capacité de régler facilement sa vitesse à l'aide d'un gradateur et il produit un couple très régulier.

Enfin, le faible coût du moteur à courant continu à aimants permanents est l'une des principales raisons de sa popularité, notamment pour des applications à faible demande en puissance où le prix du contrôleur est un enjeu majeur.

### 2.2 INCONVENIENTS :

Malgré certains avantages que l'on vient de voir, le moteur à courant continu a également des inconvénients.

Le principal inconvénient du moteur à courant continu vient de la liaison entre les balais ou « charbons » et le collecteur rotatif. En effet, pour assurer un bon contact entre les balais et le collecteur, la pression de contact entre les deux doit être importante, surtout à des vitesses élevées. On a donc les balais qui s'usent, sont sensibles aux contaminants extérieurs et doivent être changés régulièrement.

Un second problème peut apparaître sur ce type de moteur : le défretage. Ce problème limite les vitesses d'utilisation de ces moteurs lorsque le rotor est bobiné. En effet si le moteur tourne à une vitesse trop élevée, la force centrifuge peut endommager le système de fixation des bobinages autour du rotor.

Pour remédier à ces problèmes, on utilise de plus en plus de moteurs brushless, « moteurs à courant continu sans balais » ou moteurs sans balais.

Le collecteur est une partie fixe du moteur électrique, fixé sur l'axe.

## 3. Etude de faisabilité

Dans notre cas :

Les collecteurs à bagues rotatives sont utilisés dans des moteurs et circuits électriques en alternatif alors que les commutateurs rotatifs sont utilisés dans les moteurs à courant continu, nous utiliserons donc un commutateur rotatif.

# Projet Pixl

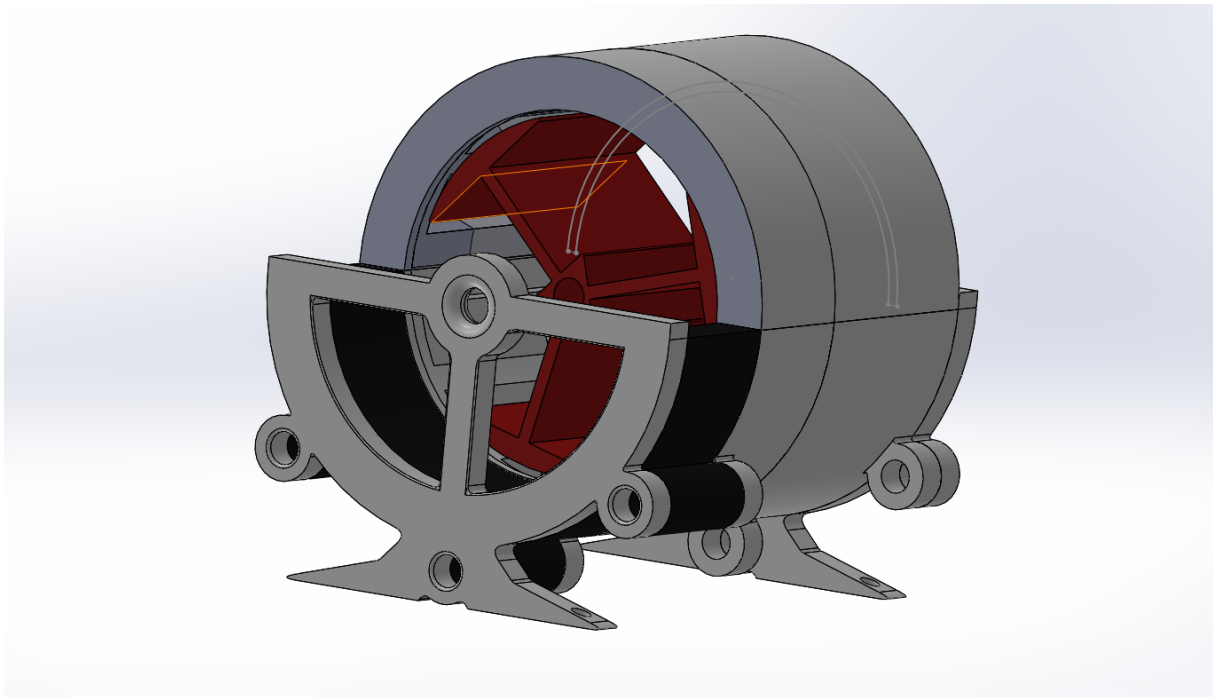
## Promo 2024

Les collecteurs sont généralement faits en cuivre, mais pour cause de manque de matériel et de temps, celui utilisé dans notre moteur est fait de fer, moins conducteur mais plus pratique d'utilisation et à l'accès immédiat.

### 5. [Etape et présentation de la réalisation du moteur ]

1. Présenter le déroulement de la fabrication du moteur.

La première étape de la fabrication du moteur fut la conception. Nous avons commencé à prototyper un premier moteur, de dimension assez grande afin de comprendre le fonctionnement et valider nos techniques de fabrication.

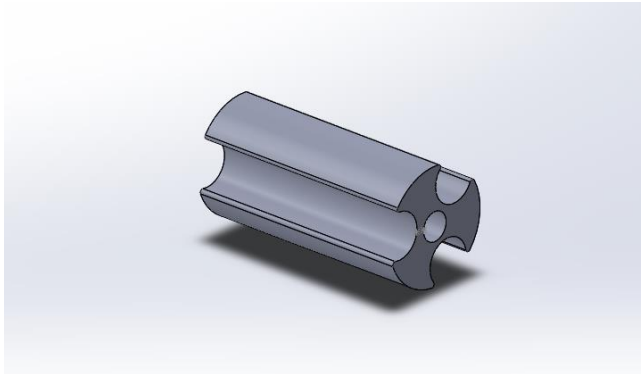


Une fois ce prototype réalisé, nous avons analysé ses forces et ses faiblesses afin de réaliser le moteur qui sera intégré au char.

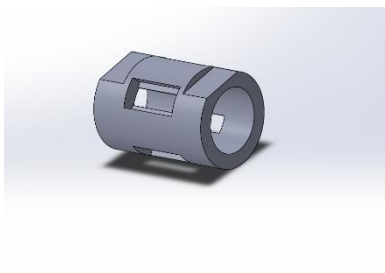
Tout d'abord le Rotor, nous l'avons modélisé sur Solid Works puis imprimé en PLA. Il est plus robuste mais surtout beaucoup plus petit que le prototype 1. On a ensuite enroulé 10m de fil de 0.4mm sur chaque bobine.

# Projet Pix I

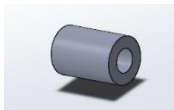
## Promo 2024



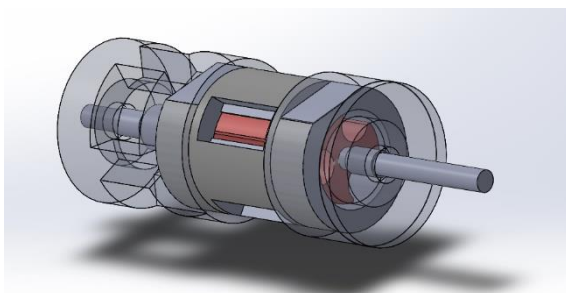
Après, nous avons modélisé et imprimé le Stator, qui comporte 4 aimants de 5kg de force chacun.



Et enfin voici la bague du collecteur.



L'assemblage de la partie fonctionnelle ressemble donc à cela (nous avons modélisé et imprimé des capots ici en transparent afin de protéger le mécanisme).



# Projet Pix I

## Promo 2024



### 2. Les problèmes rencontrés

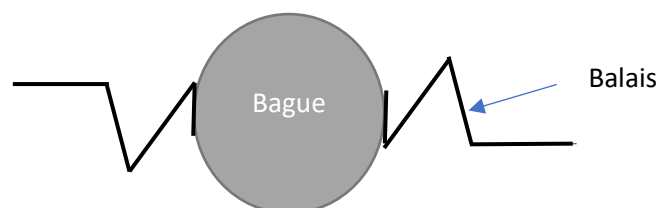
Lors de l'élaboration des moteurs, la principale difficulté aura été le collecteur. Il fallait trouver des lamelles et une bague assez solide pour ne pas casser et suffisamment souple pour assurer un bon contact et le moins de frottements possible.

### 3. Les solutions apportées

Nous avons opté pour du scotch métallique sur la bague du collecteur. Cette solution n'est peut-être pas la meilleure car le scotch s'abîme rapidement, mais il est bien conducteur. Nous avons donc imprimé et fabriqué plusieurs bagues afin de la changer quand cela est nécessaire. On estime qu'il faut la changer au bout de 10 minutes de fonctionnement cumulé.

Les balais ont été réalisés à partir d'aluminium de canette. Une bande a été pliée en accordéon afin d'utiliser l'élasticité du matériau pour appliquer une pression constante sur la bague et assurer un contact optimal. Les balais sont à changer en même temps que la bague.

Schéma du collecteur :



# Projet Pix I

## Promo 2024

Le moteur a été pensé pour se démonter facilement afin de changer toutes ces pièces, le processus se fait en moins de 3 minutes.

#### 4. Les tests effectués

Nous avons en premier effectué un test de rotation à vide. Nous avons calculé avec un tachymètre une rotation de 1200 tours par minute.

Ensuite nous avons regardé quelle masse le moteur pouvait soulever et nous avons trouvé 360g.

Enfin, nous avons testé sa stabilité dans le temps. Les 3 premières minutes de fonctionnement, le moteur est stable, mais après, notamment à cause des échauffements, le rendement baisse.

#### 5. La validation

Lors de l'évaluation du moteur ; celui-ci a respecté les attentes du jury qui l'a donc validé.

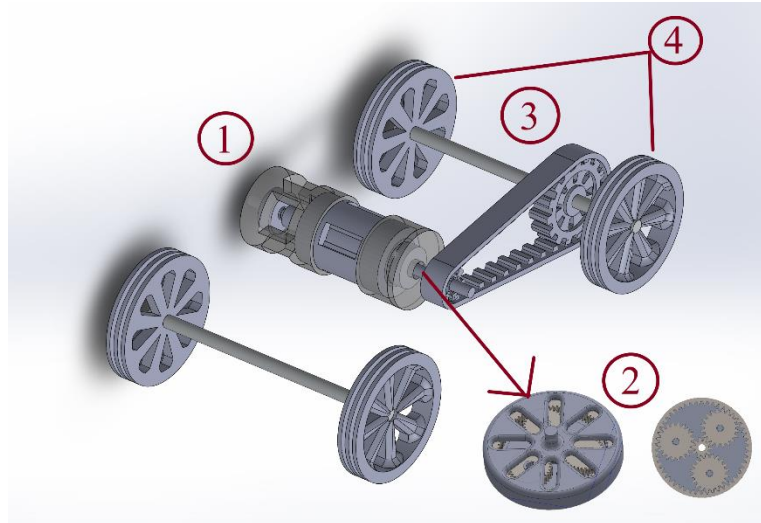
# Système technique

## 6. *Système de transmission*

1. Présenter un schéma qui comprend l'ensemble des mécanismes situés entre le moteur et les roues motrices.

# Projet Pix I

## Promo 2024



Ce schéma représente le système de transmission de notre char. Au centre, se trouve notre moteur [1] et, à sa sortie, est relié un réducteur de vitesse planétaire [2] (**rapport réduction : 7**). Ce dernier est lui-même lié à un système de deux engrenages avec une courroie dentée [3] (**rapport réduction : 11**). Le système entraîne l'axe de rotation sur lequel sont fixées les roues avant motrices [4] (**rapport réduction total :  $7 * 11 = 77$** ).

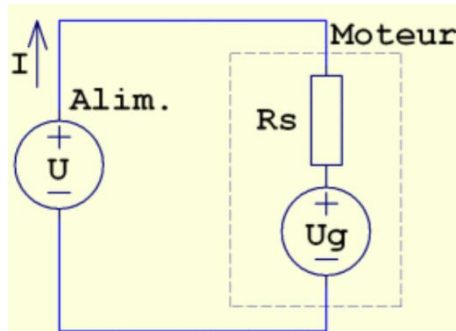
2. Note de calcul (équations de la littérature) :
  - i. Diminution de la vitesse de rotation
  - ii. Augmentation du couple

Equations classiques du moteur CC avec aimants permanents



# Projet Pix I

Promo 2024



Le schéma représente une modélisation électrique simplifiée d'un moteur à courant continu avec aimants permanents, alimenté par un générateur de tension  $U$ . Le couple moteur est proportionnel à l'intensité du courant qui le traverse. Le coefficient de proportionnalité est la constante de couple  $K_C$ .

Le schéma électrique équivalent du moteur comprend une résistance  $R_s$  en série et un générateur développant à ses bornes une f.c.e.m (force contre-électromotrice) proportionnelle à la vitesse. Le coefficient de proportionnalité est égal à la constante de couple  $K_C$ . La résistance  $R_s$  représente principalement la résistance ohmique de l'induit (aussi, secondairement, la résistance de contact balais-collecteur). L'alimentation se faisant en courant continu, on négligera l'inductance  $L$  de l'induit. On obtient plusieurs équations de cette modélisation :

$$C = K_C \cdot I$$

$C$  (en N.m) est le couple généré sur le rotor,  $I$  (en A) l'intensité du courant, et  $K_C$  (en N.m/A) la constante de couple du moteur.

$$U_G = K_C \cdot \omega$$

$U_G$  (en V) est la f.c.e.m développée dans l'induit et  $\omega$  (en rad/s) la vitesse angulaire.

(Vitesse angulaire du moteur :  $\omega = \theta \cdot f \cdot 10$  avec  $\theta$  en radians,  $f$  en Hz et  $\omega$  en rad/s)

$$C_A = C - C_F - K_F \cdot \omega$$

Pour obtenir le couple  $C_A$  (en N.m) disponible sur l'arbre, il faut déduire de  $C$  divers termes de pertes : un couple de frottement  $C_F$  et un couple  $K_F \cdot \omega$  correspondant à un frottement visqueux.

Loi des mailles :

$$U = R_s \cdot I + K_C \cdot \omega$$

# Projet Pix I

Promo 2024

A partir de ces équations, on peut montrer que la vitesse à vide  $\omega_0$  (en rad/s) du moteur (vitesse pour un couple sur l'arbre égale à 0) est fonction linéaire de la tension d'alimentation  $U$ .

$$\omega_0 = \frac{U - U_0}{K_c} \cdot \frac{1}{1 + f} \quad \text{avec} \quad U_0 = R_s \cdot \frac{C_f}{K_c} \quad \text{et} \quad f = \frac{R_s \cdot K_f}{K_c^2}$$

En fonctionnement à charge, la vitesse du moteur diminue linéairement avec la charge.

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - x) \quad \text{avec} \quad x = \frac{C_A}{C_B}$$

Le courant peut aussi s'exprimer en fonction de la charge.

$$I = \frac{U}{R_s} \cdot x + I_0 \cdot (1 - x)$$

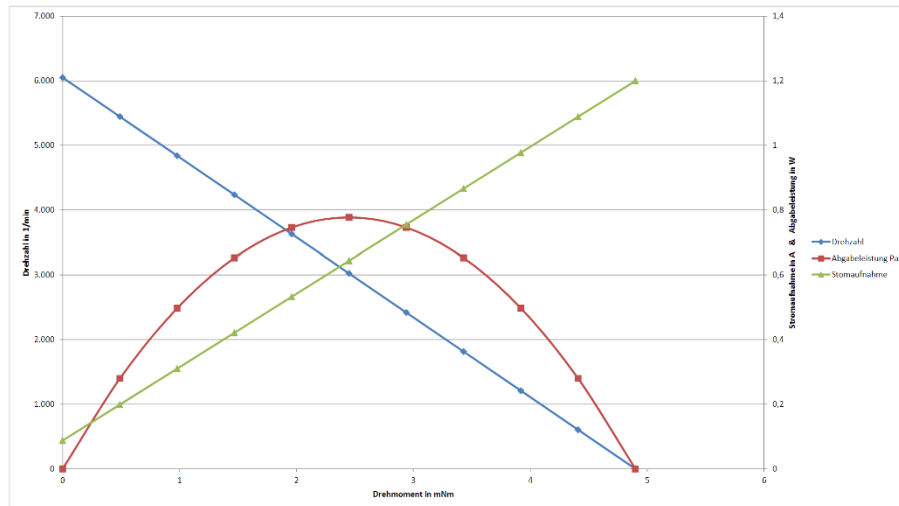
On peut de même déterminer la puissance mécanique restituée sur l'arbre en fonction de la charge et la vitesse. Sa courbe représentative prend la forme d'une parabole et on peut déterminer son maximum

$$P_R = C_A \cdot \omega = C_B \cdot \omega_0 \cdot x \cdot (1 - x) \quad \text{avec} \quad P_{MAX} = \frac{C_B \cdot \omega_0}{4}$$

Il nous faut donc tracer les courbes caractéristiques de notre moteur (évolution de la vitesse, courant et puissance en fonction de la vitesse du moteur) et déterminer le rendement maximum. Exemple avec les courbes du moteur fourni par les professeurs :

# Projet Pix I

Promo 2024



Soit 
$$P_A = \frac{U^2}{R_s} \cdot x + U \cdot I_0 \cdot (1-x)$$
 la puissance électrique (en W) absorbée par le moteur.

Le rendement  $\rho = P_R / P_A$  est le rapport de la puissance mécanique restituée divisée par la puissance électrique absorbée.

Avec le couple et la vitesse du moteur correspondants au rendement maximum, on déterminera ensuite le rapport de réduction nécessaire pour notre système de transmission. Il nous faudra un couple et une vitesse suffisants aux roues pour remplir les conditions de réalisation du char (masse de 1kg) et les obstacles (pente).

- Présenter les équations mathématiques que vous allez utiliser pour diminuer la vitesse de rotation et augmenter le couple avec justification

# Projet Pix I

## Promo 2024



ÉCOLE  
D'INGÉNIEURS  
PARIS-LA DÉFENSE

4. Présenter une application numérique et pratique des calculs sur votre propre moteur et de ces équations

3&4)

Maintenant nous allons réaliser les calculs concernant directement notre moteur en vous présentant à chaque fois les équations mathématiques. On prend des paramètres maximums pour s'assurer du bon fonctionnement du char par la suite.

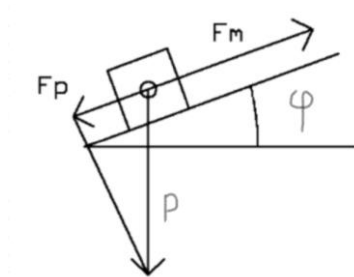
On <b><u>néglige les frottements</u></b> et on prévoit donc une certaine marge de manœuvre
en prenant <b><u>un angle et une masse importante</u></b> .
On prend une <b><u>accélération faible</u></b> pour éviter d'augmenter
excessivement le couple nécessaire.

Paramètres choisis			
Masse du tank :	m =	1	kg
Diamètre des roues :	d =	0,0595	m
Accélération maximale :	a =	0,005	m/(s*s)
Angle de la plus grande pente à franchir :	$\phi$ =	30	deg

Déterminons le couple que devront exercer les roues avant motrices afin de trouver le rapport de réduction que l'on doit appliquer au couple moteur.

# Projet Pix I

## Promo 2024



*Schéma du tank sur une pente pour le bilan des forces*

On calcule le **poids du tank** :  $P = m \cdot g$  [N]

A.N :  $P = 9.81$  N

**Projetons le poids** dans l'axe du tank sur une pente  $\phi$  :  $F_p = P \cdot \sin(\phi)$  [N]

A.N :  $F_p = 4,905$  N.

Nous recherchons désormais  $F_m$  la **force exercée par le moteur**. On utilise le principe fondamental de la dynamique (PFD) dans l'axe de la pente :  $m \cdot a = F_m - F_p$ .

Ainsi on a  $F_m = m \cdot a + F_p = m \cdot a + P \cdot \sin(\phi)$  [N]

A.N :  $F_m = 4,91$  N.

Ce résultat correspond au **couple que devront exercer les roues**  $C_r = 146,0725$  mN.m.

Après étude des caractéristiques de notre moteur, on a déterminé que son **efficacité maximum** est atteinte pour un couple  $C_m = 1,897$  mN.m avec un régime de

# Projet Pix I

## Promo 2024



ÉCOLE  
D'INGÉNIEURS  
PARIS-LA DÉFENSE

944 tours/min.

L'augmentation du couple correspond quant à elle à la différence entre le couple moteur et le couple lié aux roues. Donc :  $A_c = C_m - C_r$ .

On peut donc calculer **l'augmentation du couple** pour notre moteur :

$$A_c = C_m - C_r = 1,897 - 146,0725 = -144,1755 \text{ mN.m.}$$

Le **rapport de réduction** entre le moteur et les roues est  $R = C_r / C_m = 77,00185$ .

On peut calculer la **vitesse maximale du tank**  $V_t$  avec ce rapport de réduction et une **vitesse de rotation** du moteur. On rappelle que  $V_m = 944$  tours/min.

$$V_r = V_m / R = 12,25945 \text{ tours/min.}$$

$$V_t = V_r * d * \pi / 60 = 2,29154 \text{ m/min.}$$

La diminution de la vitesse de rotation représente la différence entre la vitesse du tank  $V_t$  et la vitesse des roues  $V_r$ . Donc on a :  $D_{\text{rotation}} = V_t - V_r$ .

On peut donc calculer la **diminution de la vitesse de rotation** :

$$D_{\text{rotation}} = V_t - V_r = 2,29154 - 12,25945 = -9,96791 \text{ tours/min.}$$

### 5. Étude de transmission de couple

Nous avons choisi la courroie comme méthode de transmission. En réfléchissant à d'autres moyens (comme par exemple un système de chaîne d'engrenages), nous nous sommes rendu compte que ceux-ci apportaient des problématiques supplémentaires sur notre moteur comme des frottements trop importants, une moins bonne efficacité (de réduction de la vitesse ou d'augmentation de couple) ou encore la chaîne d'engrenages est très peu modulable.

Ce moyen de transmission que nous avons choisi, la courroie, est donc la plus adaptée à notre situation. De plus c'est une méthode très pratique car on peut adapter les espacements des engrenages sans trop de difficultés.

# Projet Pix I

## Promo 2024

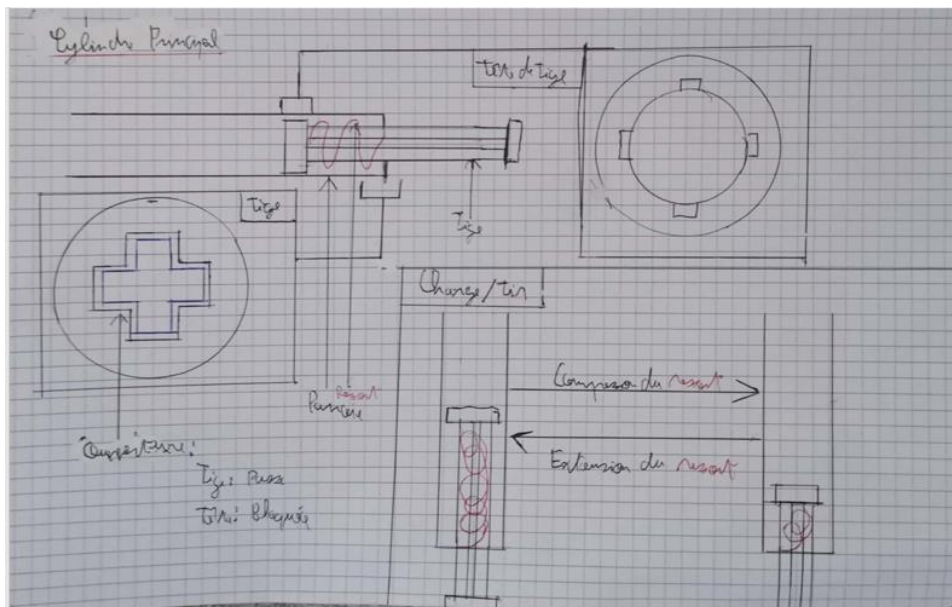
Enfin nous avons choisi le système de transmission de traction avec 2 roues motrices à l'avant. Nous avons choisi 2 roues motrices et non 4 car cela permet plus de vitesse et demande moins de couple, avec les résultats qu'on a obtenu suite aux calculs il nous paraît plus avantageux de choisir cette option. De plus un système de transmission de traction permet un rendement de transmission supérieur à la propulsion ou à la propulsion intégrale.

## Modélisation du système

### 7. Présentation de votre système

- 1- Dessin sur papier à la main : côté fonctionnement (avec explication de votre dessin)

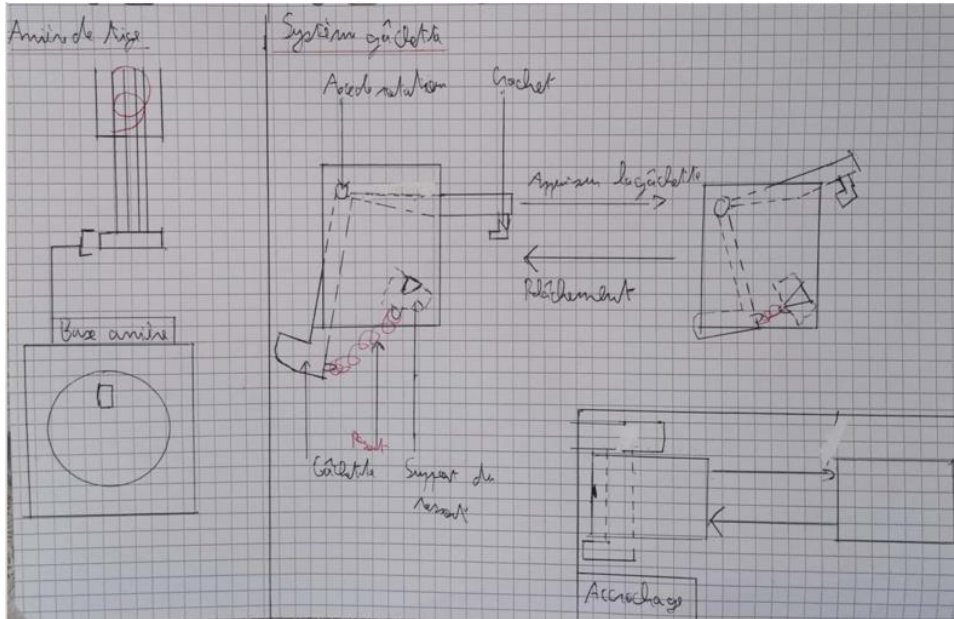
Canon:



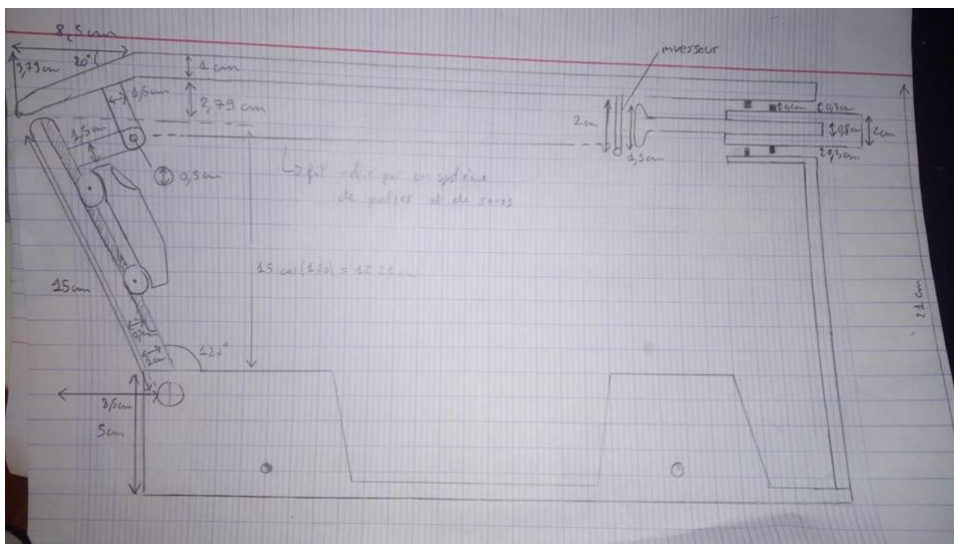


# Projet Pixl

## Promo 2024

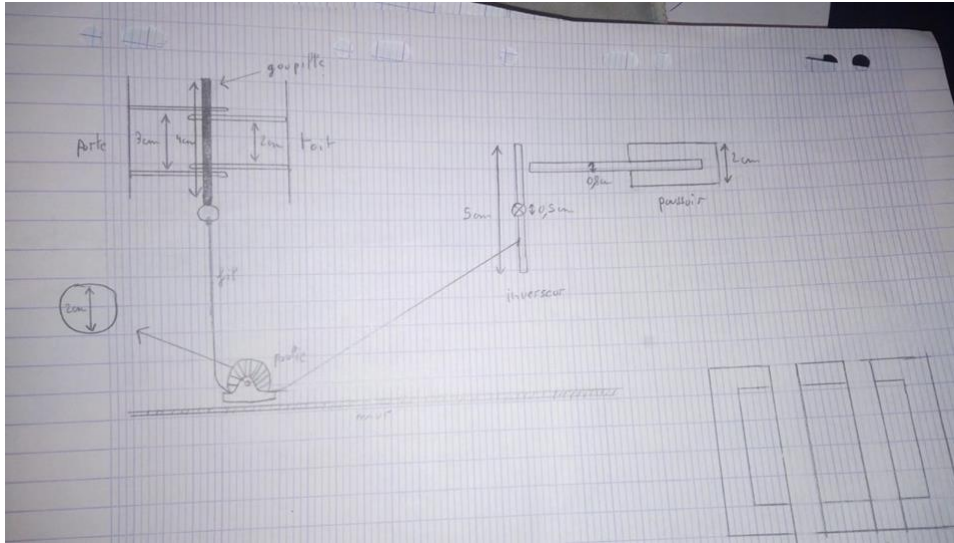


Action :



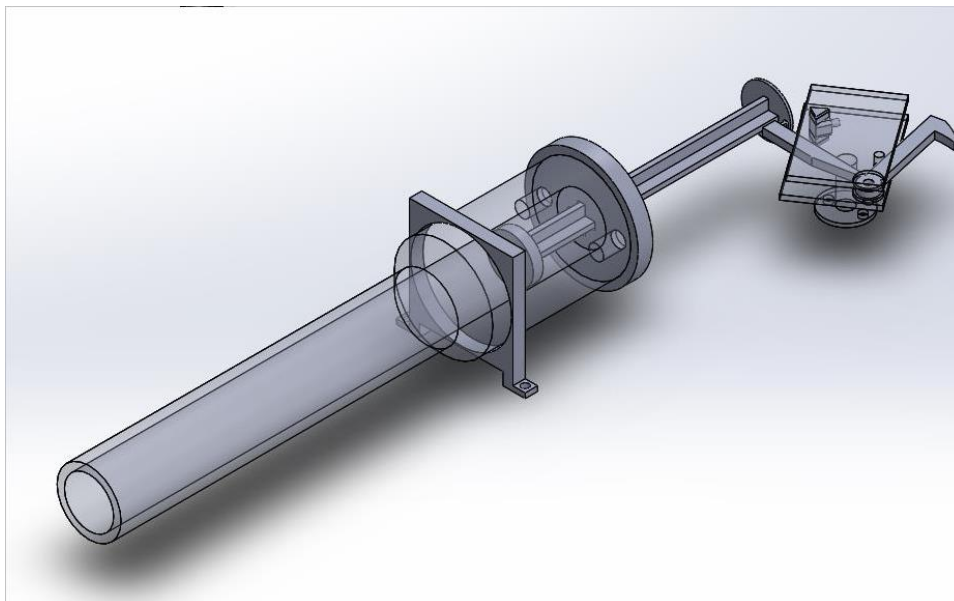
# Projet Pixl

## Promo 2024



- 2- Maquette SolidWorks (captures d'écran des maquettes réalisées avec explications détaillées)

Canon:



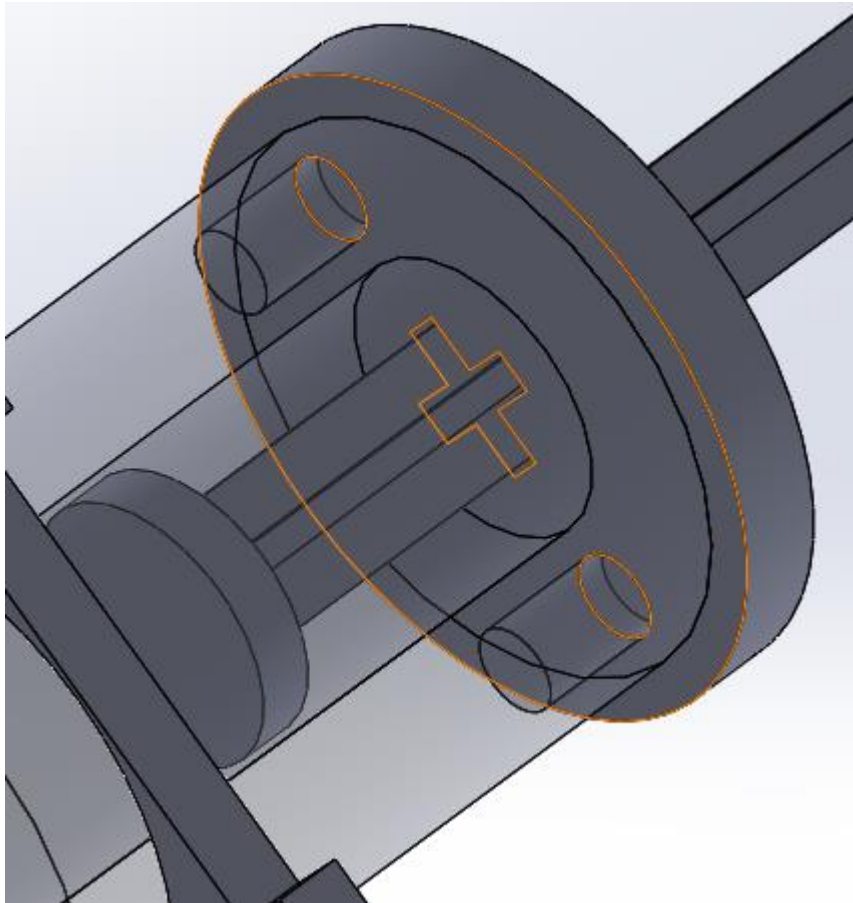
Le canon marche via un système de ressort, comprimé puis relâché pour effectuer un tir.

# Projet Pixl

## Promo 2024



ÉCOLE  
D'INGÉNIEURS  
PARIS-LA DÉFENSE



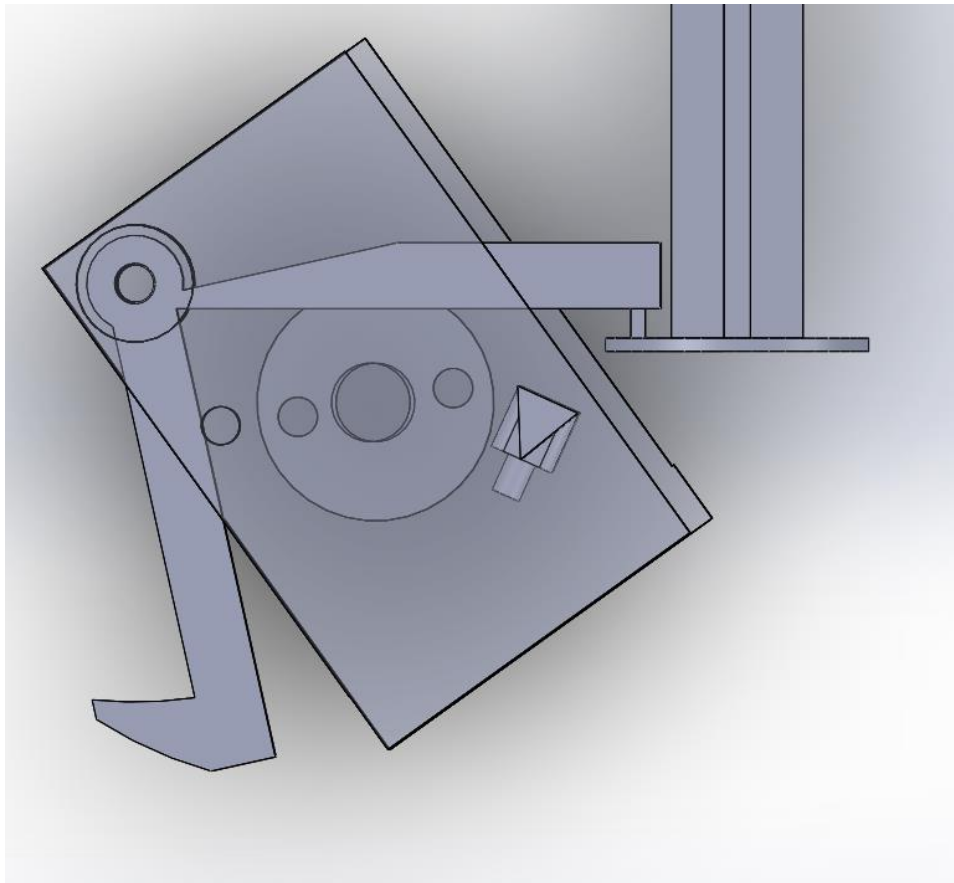
Le ressort est comprimé par la plateforme interne, qui est gardée strictement droite par une tige à laquelle elle est attachée et se retrouve bloquée par l'arrière du canon.

# Projet Pixl

Promo 2024



ÉCOLE  
D'INGÉNIEURS  
PARIS-LA DÉFENSE



Un crochet vient s'insérer dans la base arrière de la tige, lié à une gâchette, appuyer sur celle-ci et comprimer le ressort présent dans le mécanisme, vient enlever le crochet et enclenche le tir.

Pour recharger, on tire la tige et on vient la bloquer en insérant le crochet du système de gâchette, qui est maintenue détendue par un autre ressort.

Lorsque l'on appuie sur la gâchette, le crochet, lié à celle-ci, se retire, et le ressort présent dans le tube du canon se détend, entraînant la propulsion du projectile.

# Objectif du LéoLike

## 8. | Obstacles et parcours |

1. Identification des problèmes vis à vis des objectifs finaux (obstacle, parcours et action)

### Pour le canon :

Dans le cadre de la cible sur laquelle il faut tirer, il faut un canon suffisamment puissant pour tirer à un mètre sans trop alourdir le char.

Dans le canon en lui-même, il fallait minimiser les frottements internes qui pourraient dévier le projectile et créer un design pouvant s'activer en une seule action pour ne pas gêner celles à notre disposition.

Il faut aussi inverser le sens du moteur au bout de 1 mètre, donc créer un système pour compter la distance.

### Pour l'action :

Pendant le parcours, notre tank doit effectuer une action lors de sa rencontre avec un mur.

Nous avons choisi de faire un système avec une porte qui s'ouvre à l'arrière du char et une personne descend sur une moto et avec la Joconde dans ses bras.

Nous avons rencontré quelques problèmes pour que cette action fonctionne.

Le premier problème était de savoir comment déclencher l'action, puis comment ouvrir la porte et enfin comment faire passer le fil à l'intérieur du char sans toucher aux autres mécanismes.

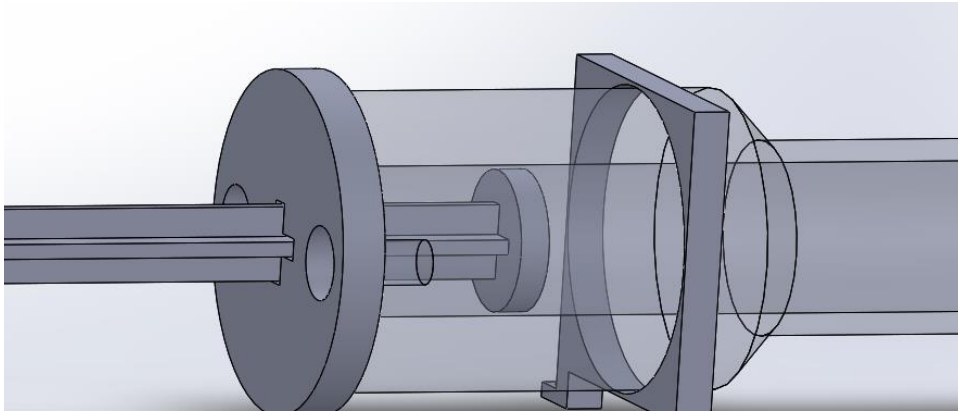
2. Proposer des solutions par apport aux problèmes

### Pour le canon :

Nous avons alors pensé à un canon à ressort, compromis entre une puissance de feu adéquate pour une cible à un mètre et le poids.

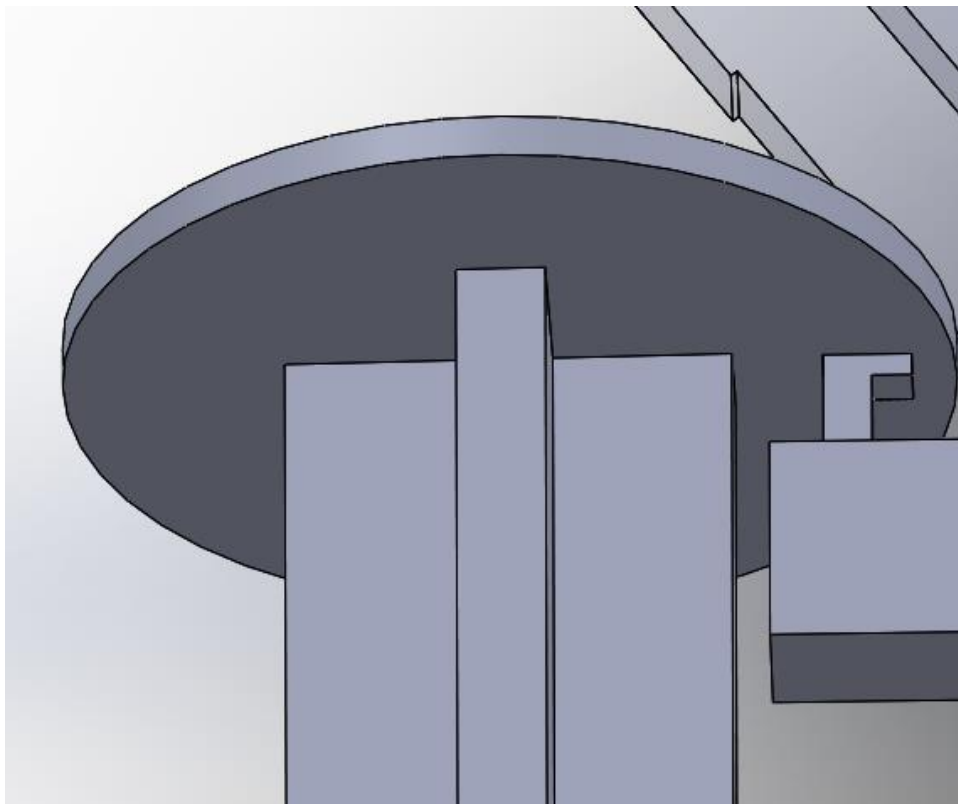
# Projet Pix I

## Promo 2024



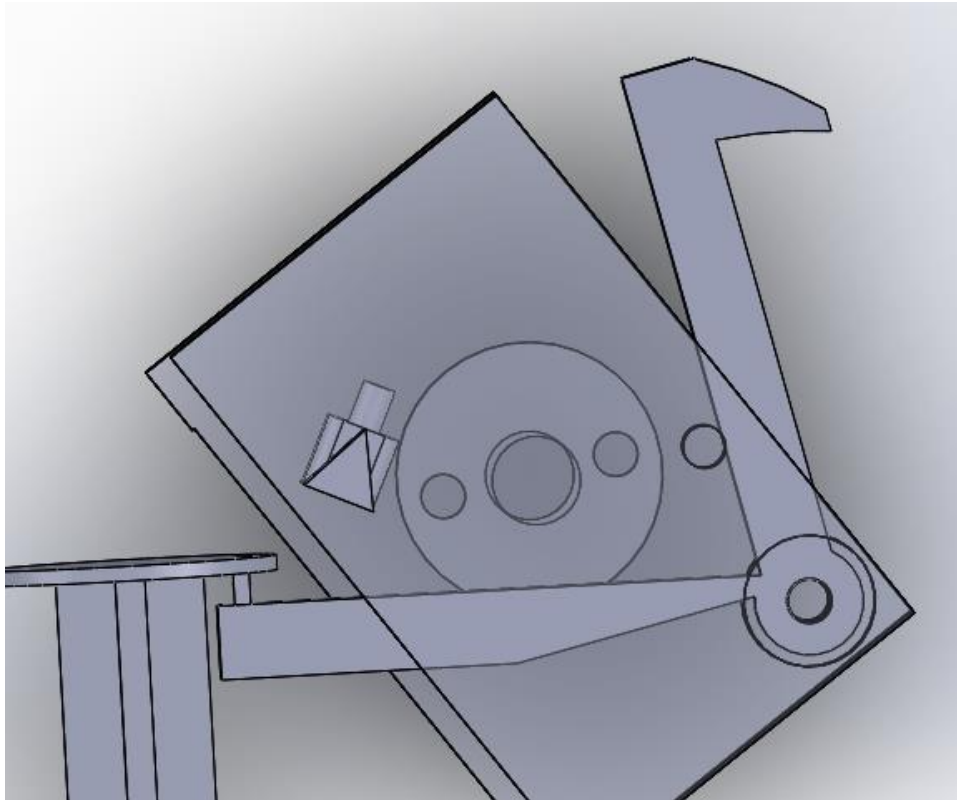
La plateforme étant gardée strictement droite par la tige, lors du tir, toute l'énergie de la détente du ressort serait alors bien relâchée dans le sens du tir.

Quant à l'action, le canon serait rechargé avant le début de la présentation, de manière à n'avoir à effectuer qu'une unique action pour l'activer, appuyer sur la gâchette.



# Projet Pix I

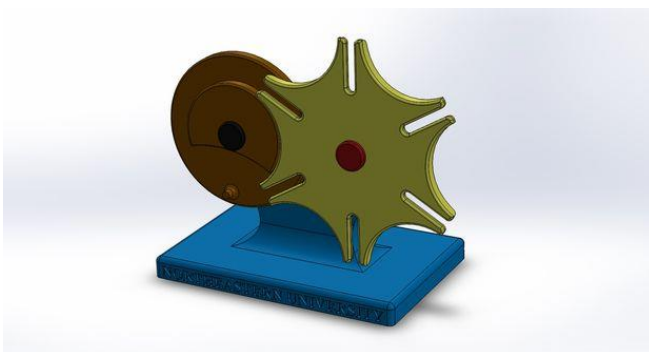
Promo 2024



Maintenue détendue par un ressort, appuyer sur celle-ci et comprimer le ressort entraîne l'enlèvement du crochet, ce qui entraîne le tir.

Pour l'inversion du sens de marche, nous avons utilisé un inverseur de courant, permettant de changer la polarité du moteur et donc le faisant tourner dans le sens inverse.

Pour compter les distances, nous avons utilisé une roue de Genève, permettant de compter les rotations.



Ainsi, à chaque tour de roue du char, l'engrenage passe un cran. Lorsque l'engrenage a fait un tour, il enclenche l'inverseur de courant et donc tourne dans l'autre sens.



# Projet Pix I

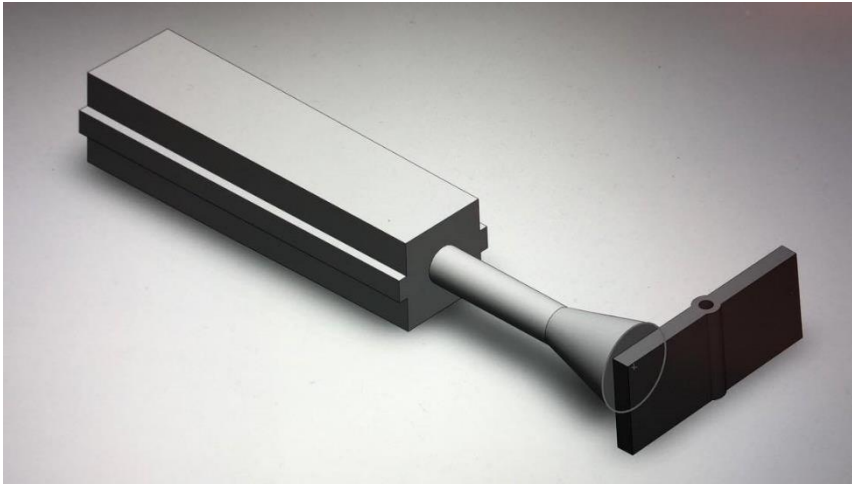
## Promo 2024



ÉCOLE  
D'INGÉNIEURS  
PARIS-LA DÉFENSE

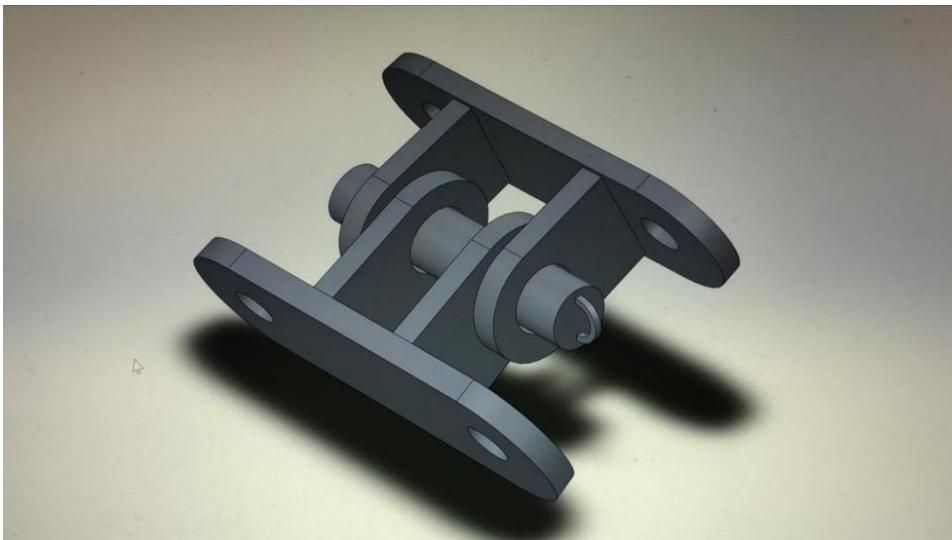
### Pour l'action :

Pour déclencher l'action et ouvrir la porte, nous avons pensé à un système avec une goupille. Il y aurait un bouton présent à l'avant du char et le fait de rentrer dans le mur pousse le bouton.



Une fois le bouton appuyé, le poussoir tape dans l'inverseur. L'inverseur est relié à un fil : le fil est donc tiré et active la goupille, ce qui devrait permettre d'ouvrir la porte.

Voici une modélisation de la goupille :



L'autre problème majeur serait de trouver un moyen de faire passer le fil dans tout le tank sans toucher aux autres mécanismes.



# Projet Pix I

## Promo 2024



ÉCOLE  
**D'INGÉNIEURS**  
PARIS-LA DÉFENSE

Pour cela, nous avons pensé mettre une ou plusieurs poulies sur les murs pour pouvoir faire passer le fil où on le souhaite. Ainsi on peut les placer dans des endroits stratégiques qui ne gênent pas. De plus, le fil prend très peu de place et est assez flexible donc on peut facilement le faire passer entre deux mécanismes.

### 3. Validation de votre solution

Lors de tests avec un premier canon, nous avons trouvé la distance de tir satisfaisante avec un modèle moins précis et moins puissant.

# Modélisation du LéoLike

## 9. | La maquette |

1. Faites une représentation 2D de votre LéoLike final prévu
2. Décrivez les matériaux que vous allez utiliser pour chaque pièce du LéoLike  
Presque l'intégralité du LéoLike sera imprimé en PLA (sauf les tiges de rotation qui seront en aluminium et la courroie qui sera en filament flex).  
Pour donner un aspect esthétique, toute la coque du char sera recouverte de petites lamelles de bois utilisées en maquettisme, donnant l'impression qu'il a été assemblé en bois.



3. Décrivez design et dimensionnement

Le Char a été pensé pour correspondre directement aux dimensions données. Il tient tout juste dans la boîte ; pas besoin de le monter ou de le démonter. Nous nous sommes basés sur des chars modernes afin de donner à notre Léo Like une forme contemporaine avec un revêtement du temps de Léonard De Vinci. L'élévation à l'arrière du char est due à la zone où se trouvera la moto pour l'action à l'encontre d'un obstacle.

4. Justifiez votre inspiration de l'époque de de Vinci et les deux œuvres Léonard de Vinci dont vous vous êtes inspiré

Bien sûr, nous nous sommes inspirés du tank de de Vinci. Nous en avons principalement gardé l'aspect « planches de bois » à l'extérieur. Nous avons ensuite voulu rendre hommage à l'inventeur avec l'action à l'encontre de l'obstacle puisque lorsque la porte s'ouvre, la moto descend et une personne s'enfuit dessus avec la joconde, faisant écho au vol de la joconde. Aussi, la visée du canon est un buste de Léonard.

# Conclusion

## 10. Conclusion

Indiquer les principaux enseignements que vous avez retirés de ce projet tant au niveau technique (connaissances techniques...) qu'au niveau de la gestion d'un projet en équipe (travail en équipe, communication, organisation et répartition des tâches).

Ce projet nous a apporté de nombreuses connaissances techniques mais également de travail de groupe.

Tout d'abord il nous a permis de connaître le fonctionnement d'un moteur à courant continu et de réfléchir au moyen d'en construire un. On a appris comment modéliser des pièces ou faire des assemblages sur un logiciel de modélisation (Solidworks). Ce projet nous a également beaucoup fait réfléchir sur les systèmes de transmission entre roues et moteur, comment faire avancer notre char ou comment déclencher une action lorsque le char rentre dans un mur.

Au niveau du travail de groupe on a retenu qu'il est nécessaire d'avoir une bonne communication au sein de l'équipe pour être plus efficaces et ne pas refaire deux fois la même chose. C'est important de se répartir les tâches : que chacun fasse la partie où il est le plus à l'aise et surtout de s'entraider si quelqu'un est en difficulté pour mieux réussir.