



CentraleSupélec

PROJET VTOL

TECHNOPLANE

AERONAUTICAL INNOVATION



Soutenance de Projet 13 Juin 2019

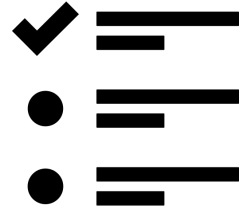
Benoit Flesselles

Matteo Lazzarini

Gireg Maury

Daniel Rondouin

Plan



- I- Présentation du projet
- II- Choix du moteur
- III- Dimensionnement semi analytique et résultats
- IV- Modèle Numérique
- V- Maquette Numérique

I- Présentation du projet

LE MINIBEE



HEMS (HELICOPTER EMERGENCY MEDICAL SERVICES)



TRANSPORT DE PASSAGER



UN VÉHICULE INNOVANT

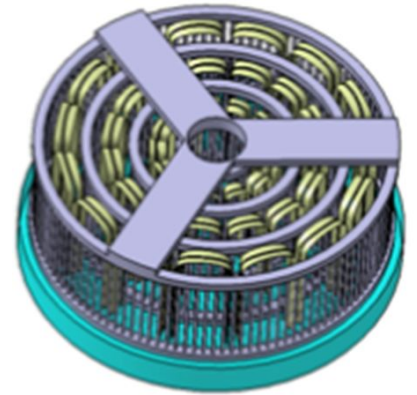
La demande du client



Notre mission

→ DÉVELOPPER UN MOTEUR
ASYNCHRONE INNOVANT POUR LES
4 HÉLICES CENTRALES

- IMPRIMABLE EN 3D ALU
- RESPECTANT LE CAHIER DES CHARGES



La demande du client

LE CAHIER DES CHARGES



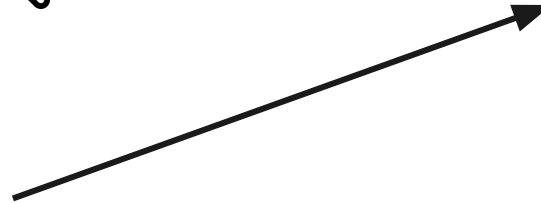
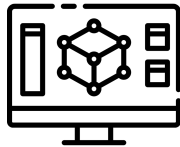
Critère	Exigence	Tolérance
Puissance fournie	10 kW	Les moteurs peuvent être empilés pour produire une puissance plus élevée.
Poids	< 12kg	Le plus léger possible.
Dimensions	Hauteur : 6cm Largeur : < 40cm	La hauteur est contrainte par le design du MiniBee. La largeur est contrainte par les capacités d'impression 3D.
Vitesse de rotation	2300 tours/min	Imposée par les pales (pas variable ; diamètre 1,4m)
Courant d'entrée	960 Hz triphasé 400V 32A	Imposé par l'installation génératrice. Ici dans le cas d'un moteur thermique Rotax 914 à 5800 tr/min couplé à un Emrax 228 en configuration génératrice.
Assemblage du moteur	Le moteur doit être imprimable en 3D aluminium	Plusieurs étapes de fabrication peuvent être tolérées (ajout de résine isolante sur la structure imprimée en 3D aluminium ?)

Objectif

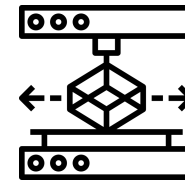
Évaluer la pertinence des technologies existantes et justifier le développement d'un nouveau moteur (**état de l'art**)



Modéliser et dimensionner le moteur



S'assurer de la **faisabilité** et de la **compétitivité** (coût - imprimable en 3D Alu)



Impression d'une première **maquette** idée en plastique



II- Choix du moteur

Quel type de moteur ?

Asynchrones triphasés

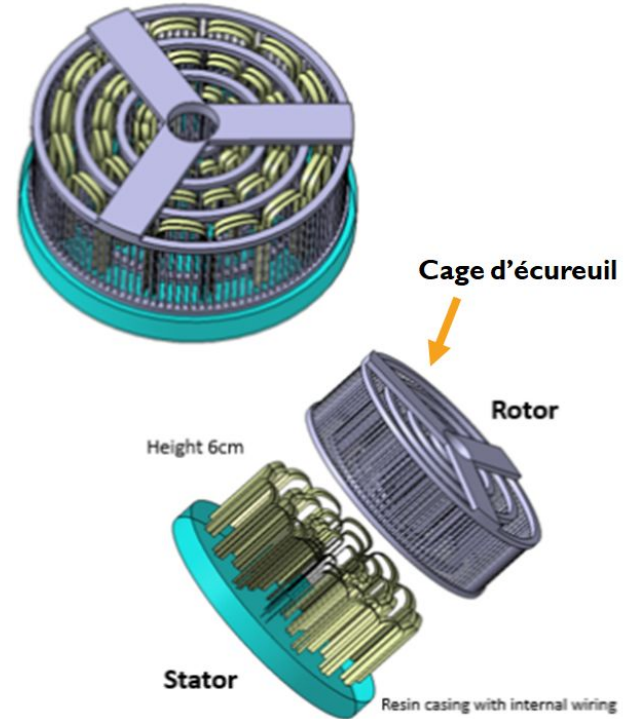
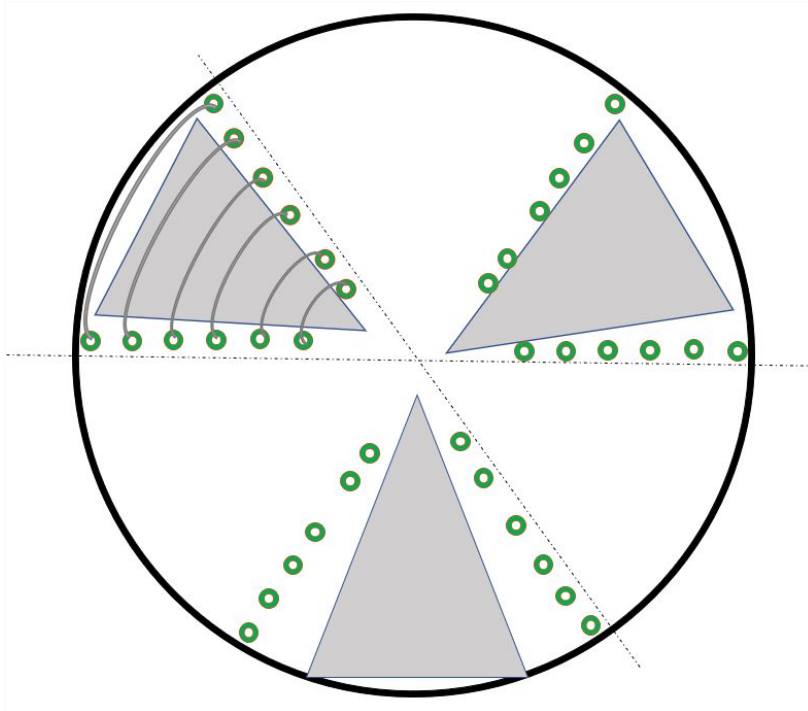
Puissance (kW)	10
Fréquence (Hz)	50
Vitesse (tr/min)	3000
Poids (Kg)	40
Prix	710€

Synchrones triphasés

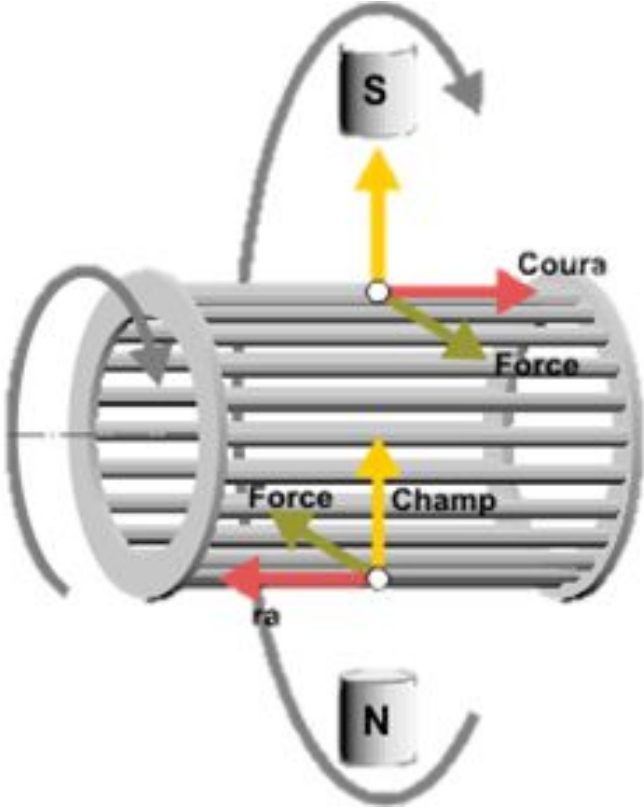
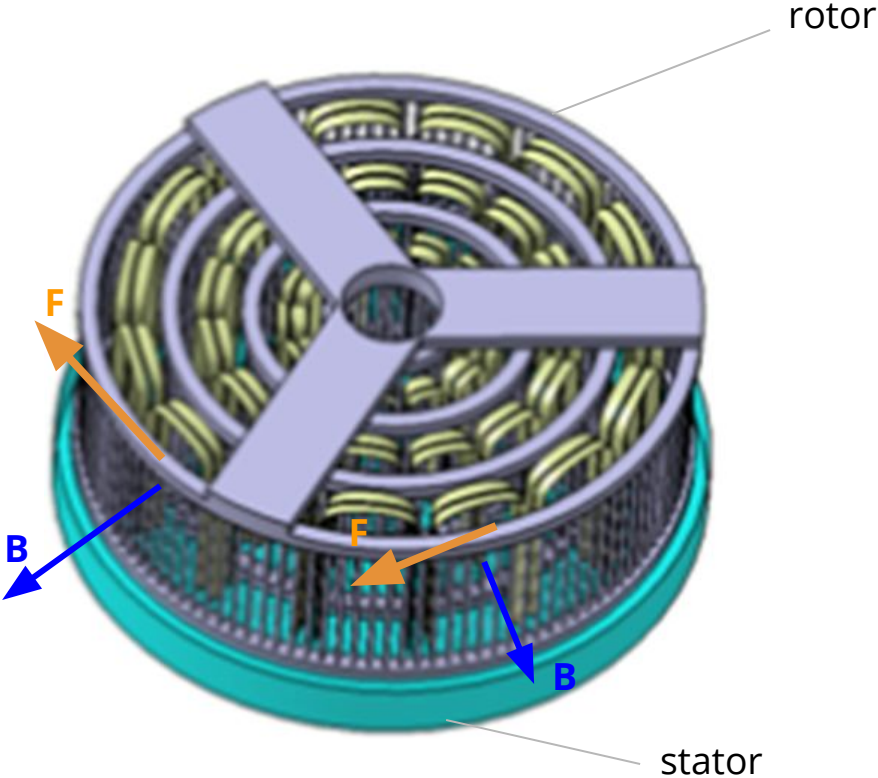
	Emrax 188	REX 30	REX 50
Puissance	15-30 kW	8-20 kW	15-28 kW
RPM max	7000	2700	4500-2800
Poids (Kg)	7	5,2	7,9
Couple	50 nm	Non spécifié	Non spécifié
Tension (V)	400/230	63	120
Prix	>3000€	Sur devis	Sur devis

Concept

- Coeur ferromagnétique trop lourd
 - On remplace ces derniers et leurs bobinages par des cages et des spires.

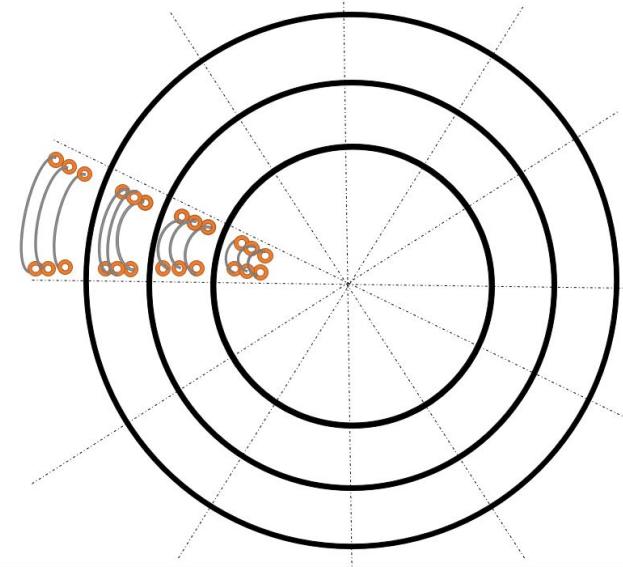
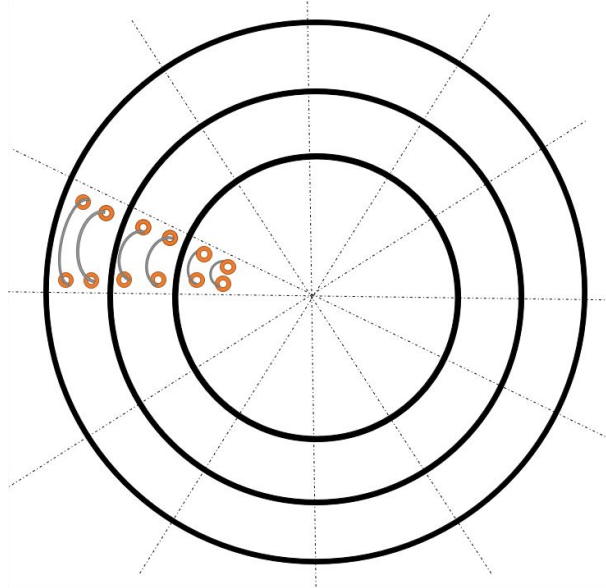
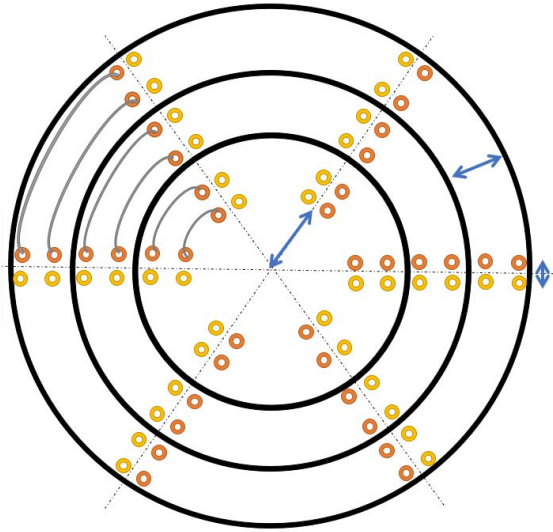


Fonctionnement



Démarche Itérative

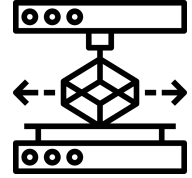
Trop peu de spires pour le couple voulu. (proportionnel au carré du nombre de spires)



Trop peu de pôles pour atteindre la vitesse de rotation voulue.

$$N = \frac{F}{n_p}$$

Impression 3D Alu

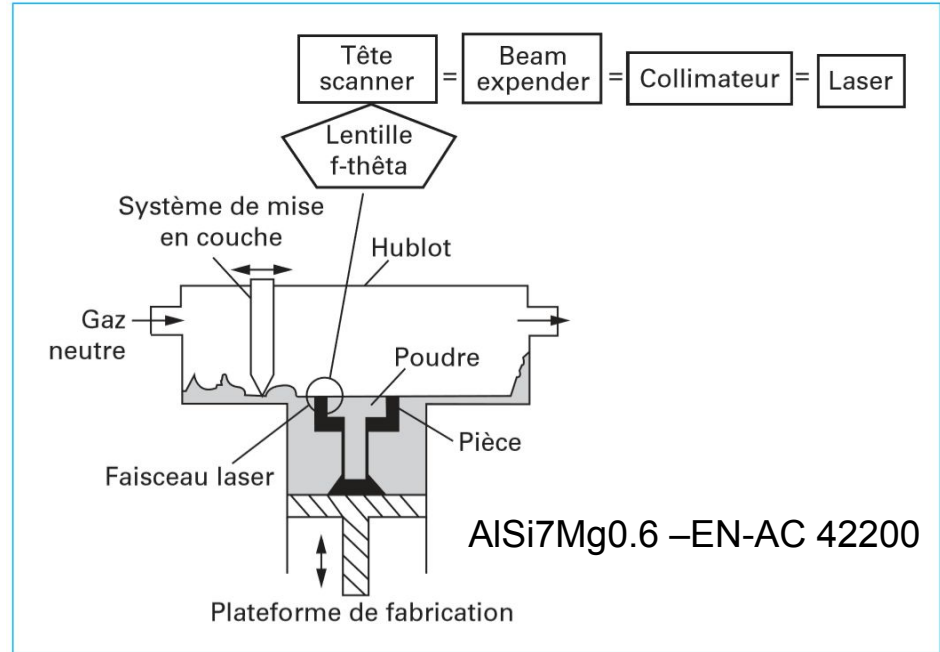


Pourquoi l'aluminium ?

- Poids
- Rigidité

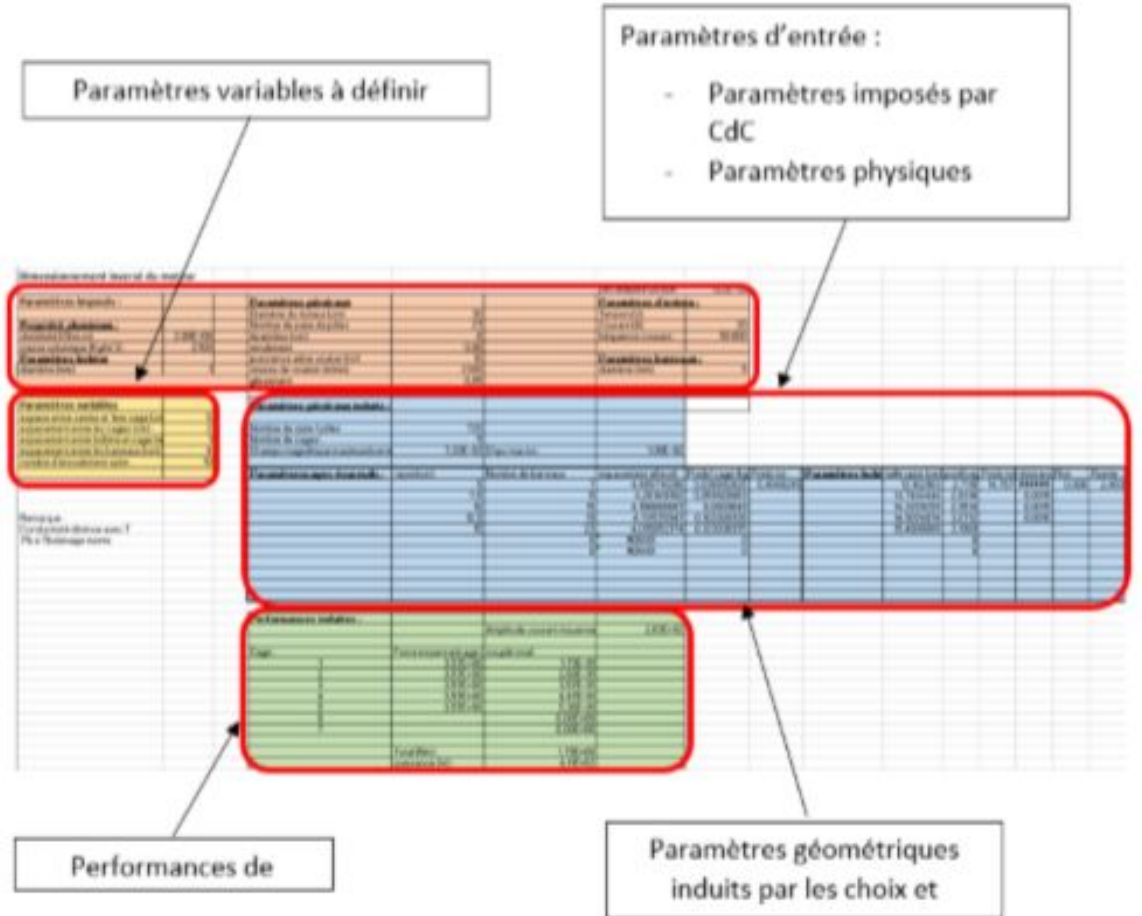
Pourquoi l'impression 3D ?

- Forme innovante
- Série limitée



III- Le dimensionnement

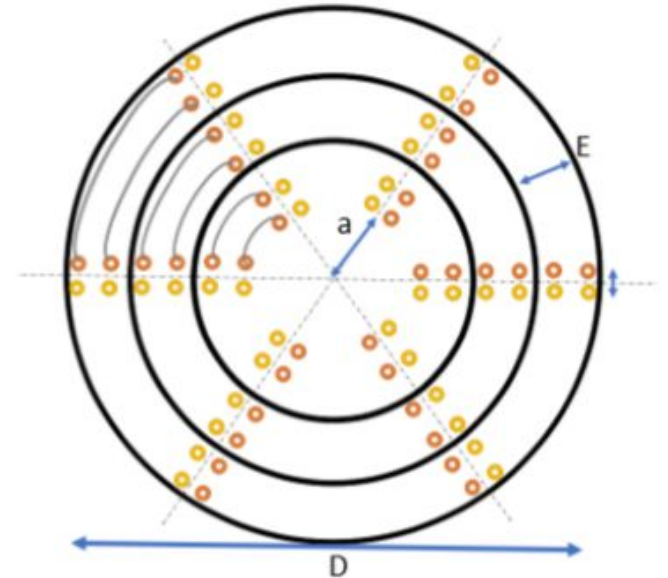
Dimensionnement analytique :



Méthode :

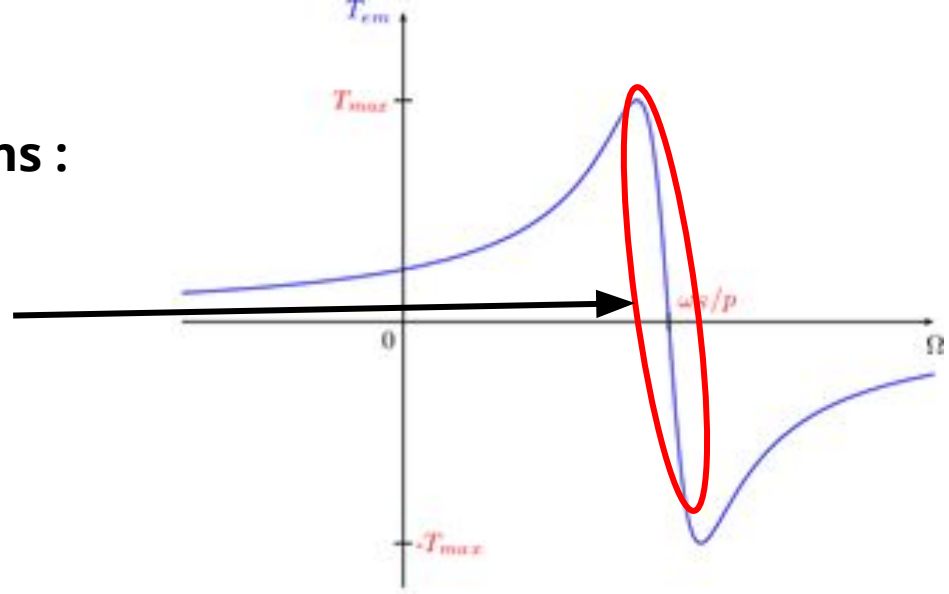
- **Hypothèses** (géométriques, électromagnétiques)
- **Paramétrage**

Paramètres d'entrée		Paramètres variables	
D	Diamètre du moteur (cm)	E	Ecart entre 2 cages (cm)
L	Epaisseur du moteur (cm)	esp	Espace entre spire et cage (mm)
E_p	Epaisseur des barreaux (mm)	a	Distance centre-le spire (cm)
σ	Résistance linéique (Ohm.m)	e	Espace entre les barreaux (cm)
I	Courant d'entrée (A)	N_r	Nombre d'enroulement en spires
ρ	Masse volumique aluminium (kg/m^3)	ep	Epaisseur des spires (mm)
g	Glissement		
ω	Fréquence du courant (rad/s)	p	Nombre de pôles

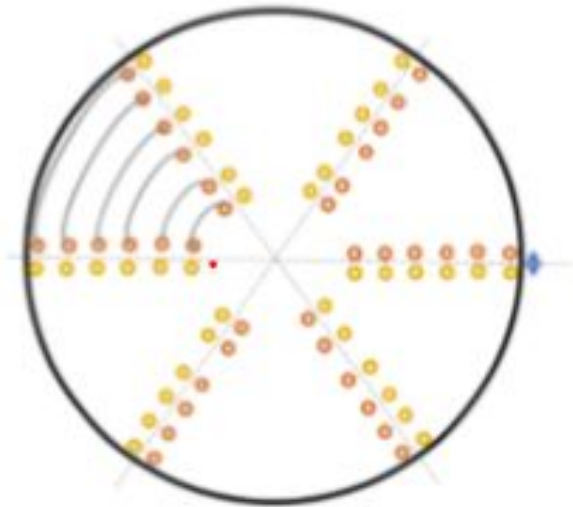


- Équations et simplifications :

$$F \sim (Bo)^2 gw$$



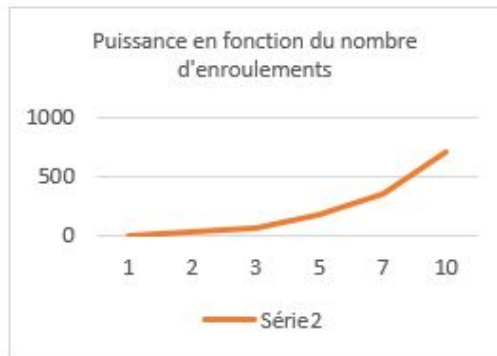
- Vérifications :



2,7 kg

Résultats :

- Influence des paramètres :



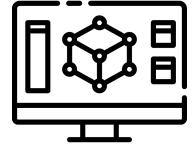
- Performances obtenues :



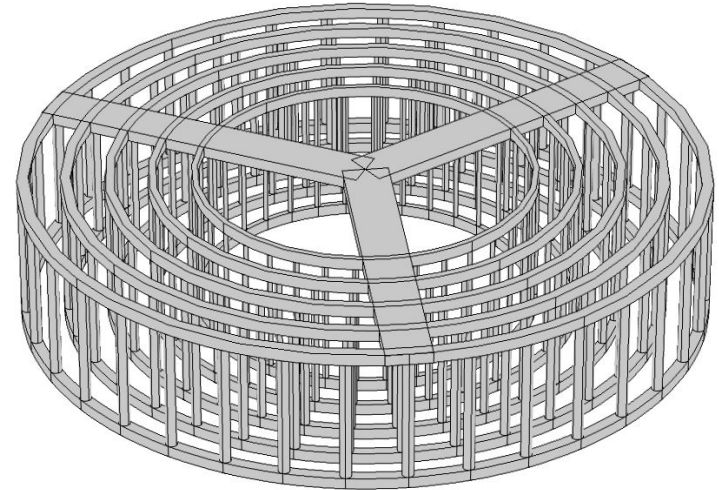
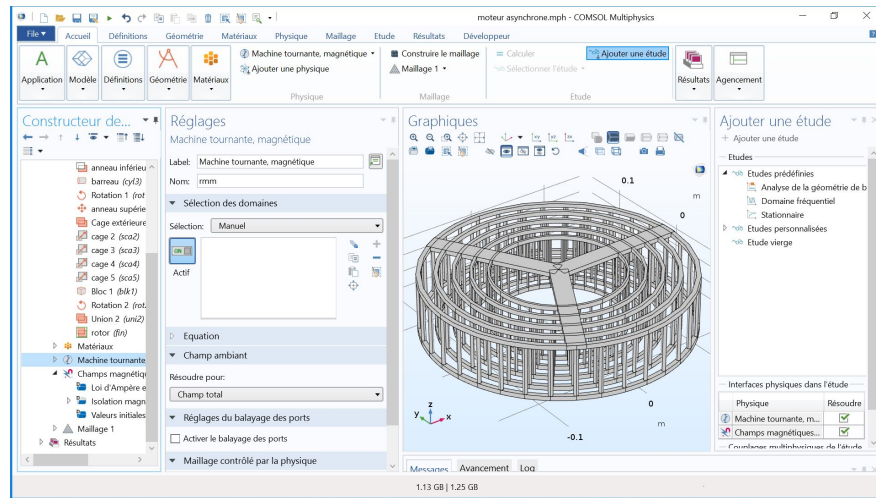
	<u>Notre moteur</u>	<u>Moteur de référence</u>	<u>Objectif</u>
<u>Poids (Kg)</u>	11,87	40	< 10 kg
<u>Puissance</u>	200W	10 kW	10 kW
<u>Prix(€)</u>	/	700 €	<3000€

IV] Modèle numérique

Modèle numérique

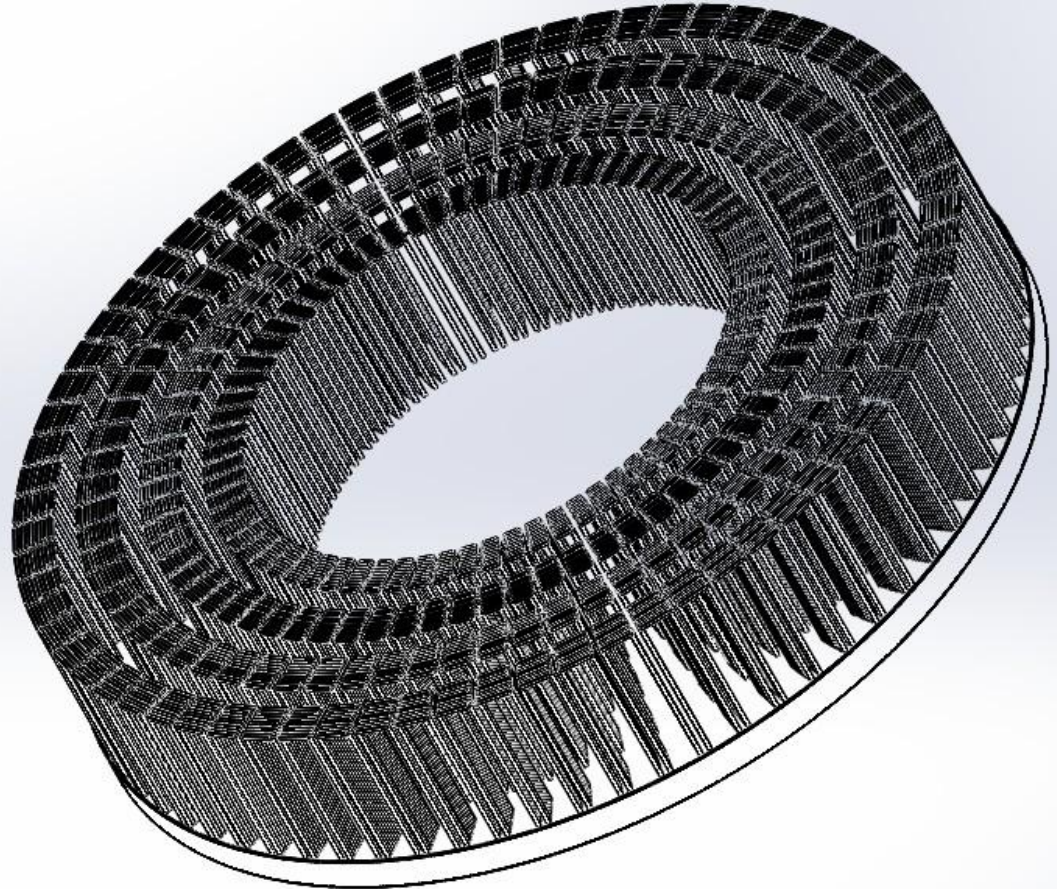


- Choix du logiciel COMSOL Multiphysics
- Résolution par éléments finis



Modèle CAO

- 108 spires par triplet de pôles
- 2592 spires au total
- Support pour Impression 3D





Des questions ?

