

# MiniBee

## U51-Projet Conception détaillée



Gabin TAUZIN

Lycée Louis Armand

**Lycée Louis Armand**

Lycée polyvalent-Lycée des métiers

94 Nogent sur Marne



## Sommaire

<i>I. Introduction</i> .....	3
1. Contexte .....	3
a) Présentation du projet .....	3
b) Cahier des charges.....	3
c) Problématique.....	4
d) Répartition des tâches.....	4
e) Organisation de la maquette numérique.....	4
f) Objectif .....	5
a) Motoréducteur.....	5
b) Moteur EMRAX 188.....	5
<i>II. Contraintes de conception</i> .....	6
2. Diagramme fast .....	6
3. Analyse de l'existant.....	6
<i>III. Schéma</i> .....	7
1. Schéma cinématique minimal .....	7
2. Schéma d'architecture .....	7
<i>IV. Synthèse de la conception préliminaire</i> .....	8
1. Choix des composants et des pièces à créer.....	8
a) L'axe.....	8
b) Plaque de fixation.....	11
a) Motoréducteur.....	11
b) Accouplement élastique.....	13
c) Les roulements.....	14
d) Boitier de roulements et chapeau.....	15
2. Maquette numérique .....	16
<i>V. Démarche de conception</i> .....	17
1. Assemblage des composants .....	17
2. Choix des matériaux .....	19
3. Démarche de cotation.....	20
a) Flux d'énergie .....	20
b) Graphe de contact.....	21
c) Chaîne de côte.....	21
d) Analyse préparatoire à la spécification du boitier de roulements.....	24

4. Dessin d'ensemble et éclaté du sous ensemble -Orientation des rotors-.....	25
5. Simulation.....	26
6. Devis de masse .....	29
VI. Conclusion.....	29

# I. Introduction

## 1. Contexte

### a) Présentation du projet

Le MiniBee est un aéronef à décollage et atterrissage vertical grâce à huit propulseurs électriques alimentés par une énergie hybride. (Un moteur à combustion (APU) fonctionnant au fuel entraîne une génératrice qui permet de charger les batteries et d'alimenter les moteurs à hélice). Le Mini Bee est décliné en plusieurs versions. L'étude de collaboration menée ici permettra de développer la version de type Ambulance.

Le système MiniBee est composé de :

- Un fuselage intégrant un cockpit ;
- Deux ailes démontables ;
- Dix rotors électriques dont quatre orientables ;
- Systèmes électroniques de commande et de sécurité ;
- Un train d'atterrissage.

Notre objectif est de développer un avion hybride à des fins médicales.

Le projet a été lancé en janvier 2015 pour étudier le transport aérien individuel mais est passé au transport médical en 2016.

Pas moins de 15 universités et une 10aine d'industriels suivent ce projet et collaborent afin de pouvoir le présenter à taille réelle au salon du Bourget en 2019.



### b) Cahier des charges

Cahier des charges - Mini Bee					
Exigences	Mot clé	Critères	Niveaux	Flexibilité	Commentaires
4.1. Pouvoir décoller et atterrir verticalement	Décoller	vitesse	V=7,6 m/s	F0	
	Atterrir	vitesse	V= 7,6 m/s	F0	
4.3. Avoir différentes vitesses	Vitesse de croisière	vitesse	V=220 km/h	F0	
	vitesse maximum	vitesse	V=300 km/h	F0	
4.4. Avoir une masse maximal	Masse maximal	masse	M≤1200 kg	F1	
4.5. Pouvoir embarqué une masse maximal	Masse maximal	masse	M≤400 kg	F1	
4.5.2. Pouvoir transporter des personnes	Transporter	nombre de siege pilote	1siege	F0	
		nombre de siege docteur	1siege	F0	
		nombre de brancard	1siege	F0	
	Personnes	nombre de personne	3 personnes	F0	
		masse des personnes	m= ?		a définir
4.6. Doit etre facilement pilotable	Pilotable	manche	type avion de ligne	F1	voir image en annexe
4.7. Avoir un rayon d'action minimal	Rayon d'action	distance	De600km	F0	
4.8. Avoir une plage d'altitude de	Plage d'altitude	distance	2000-4000 m	F1	
4.10. Avoir des hélices pivotant	Hélices	matériaux	Acier inoxydable		
		vitesse de rotation	$\omega = ?$		a définir
	pivot	vitesse de rotation	$\omega = 289 \text{ rad/s}$		
4.11. Pouvoir utilisé une energie hybride	Energie Hybride	utilisation de l'energie électrique et thermique	oui	F0	
4.11.1. Pouvoir utilisé du fuel comme carburant	Fuel	Quantité de fuel embarqué	Q= 300 L	F0	
4.11.2. Pouvoir utilisé une energie électrique	Energie électrique	Masse maximale des batteries	M≤90 kg	F1	
		moteur des rotors	EMRAX 108	F0	
4.12. Avoir un faible coût d'utilisation	Coût d'utilisation	entretien	oui	F0	
		consommation	faible	F0	
4.13. Résisté au milieu ambiant	Milieu ambiant	pluie	impermeabilité	F0	
		corrosion	non	F0	
		conditions adverses de turbulence	structurel	F0	
4.15. Avoir un fuselage en profilé	Profilé	Dimension	40'40'2 mm	F0	voir schema en annexe
		matériaux	aluminium	F0	
4.9. Ne doit pas dépassé le budget	Budget	Argent disponible maximal	4 000 000€	F0	

Grâce au cahier des charges établi précédemment, nous retrouvons la vitesse de rotation du pivot permettant la rotation des hélices pivotantes, ainsi que d'autres caractéristiques nécessaires comme la masse maximale pouvant embarquer dans le MiniBee, les vitesses de croisières et la vitesse maximum et tant d'autres.

Fig 1 : capture du cahier des charges

### c) Problématique

Tout le monde s'accorde aujourd'hui à dire que les systèmes de transports vont devoir relever un défi majeur au cours des prochaines décennies pour assurer durablement la mobilité et les déplacements des personnes. En effet, si la moitié de la population mondiale habite désormais en ville, les prévisions annoncent qu'en 2050, plus des 2/3 de la population mondiale résideront en ville.

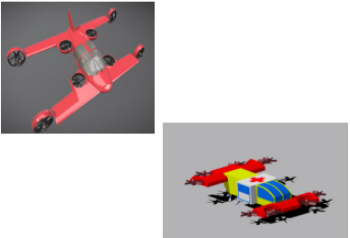
LUIS	Théo		Conception détaillée de l'implantation des rotors électriques
TAUZIN	Gabin		Conception détaillée du système d'orientation des rotors dans les ailes
PARTOUCHE	Mathias		Conception détaillée du fuselage et de son système de verrouillage

Fig 2 : différentes parties du projet

### d) Répartition des tâches

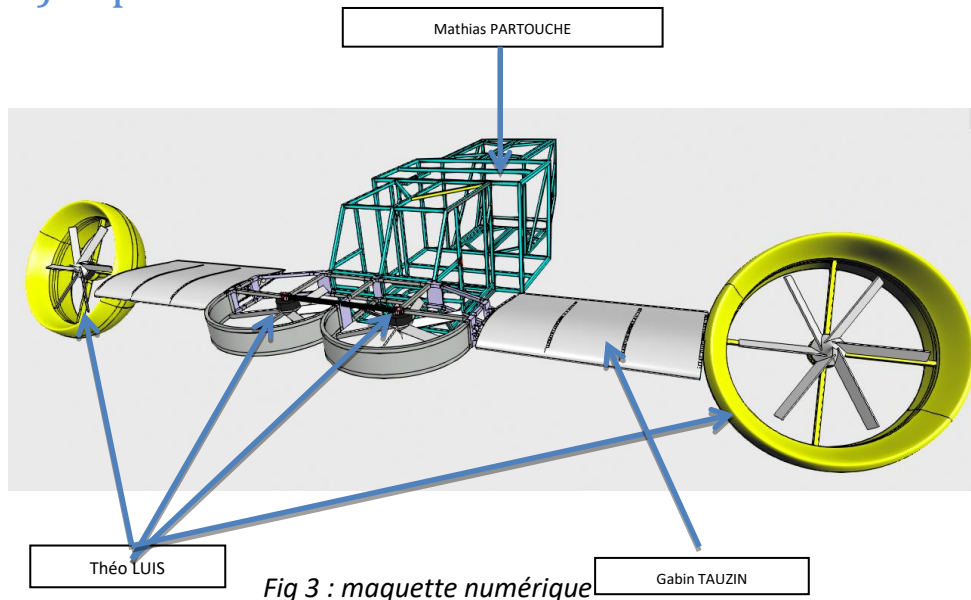


Fig 3 : maquette numérique

### e) Organisation de la maquette numérique

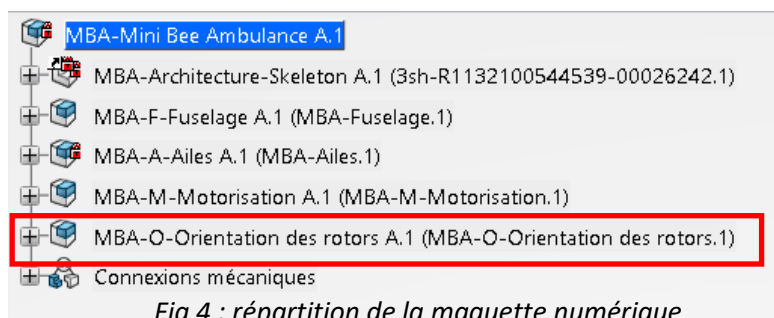


Fig 4 : répartition de la maquette numérique

La maquette numérique que nous avons à disposition est disposée en fonction des différents sous-ensembles du MiniBee. Nous pouvons donc, travailler chacun sur la maquette, en fonction de l'avancement du travail personnel. Cette organisation nous permet d'insérer de nouvelles pièces et de vérifier qu'elles soient conformes à nos attentes.

## f) Objectif

L'objectif est de collaborer avec l'entreprise Technoplane et des élèves de l'école d'ingénieurs SUPMECA, afin de concevoir un aéronef capable de voler à l'énergie hybride.

### Contraintes des composants

Pour répondre correctement à la mission qui m'a été attribué, je devais tout d'abord prendre en compte l'encombrement des ailes pour y pouvoir y insérer le système qui va permettre de diriger les quatre rotors en rotation grâce à un motoréducteur.

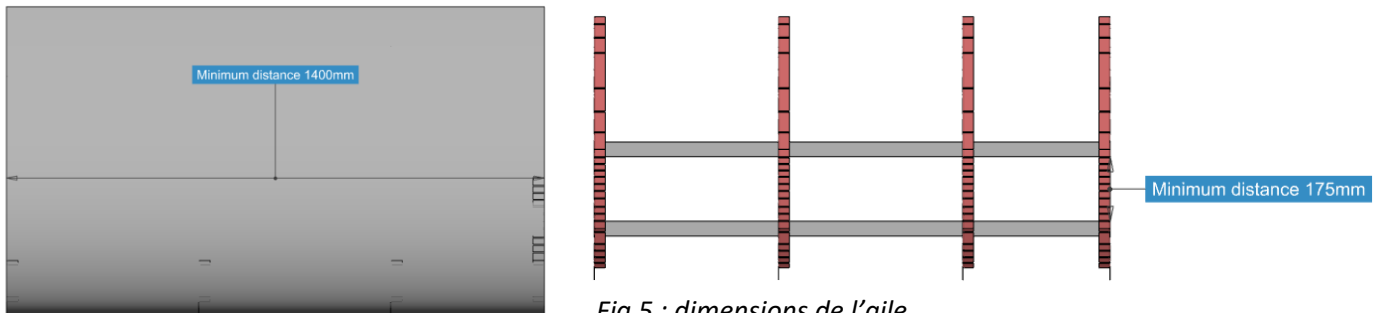


Fig 5 : dimensions de l'aile

## a) Motoréducteur

Également, le choix du motoréducteur pour le système d'orientation des rotors est imposé et nous sélectionnerons à l'aide de calcul, le couple du motoréducteur en fonction du cahier des charges, qui est de réaliser l'orientation de 90° en 3s.

**maxon motor**

driven by precision

**RE 50** Ø50 mm, Graphite Brushes, 200 Watt



Moteur

**Planetary Gearhead GP 62 A** Ø62 mm, 8-50 Nm



Réducteur

(Voir fiche technique en annexe)

## b) Moteur EMRAX 188

Après une conversation entre l'entreprise Technoplane et notre professeur, le choix du moteur pour les hélices est l'EMRAX 188 possédant les caractéristiques suivantes :

### CARACTÉRISTIQUES

Moteurs EMRAX 188 :

- Diamètre= 188mm
- Largeur= 77mm
- Puissance max= 60kW (à 6000tr/min)
- Couple Max= 90 N.m
- Puissance continue= jusqu'à 32kW
- Couple continue jusqu'à 50 N.m
- Rendement  $\eta = 0.98$
- Masse sèche= 6.8 kg (AC) / 7.0 kg (CC, LC)

(Air refroidi = AC Refroidi par liquide = LC Combiné refroidi = air + liquide refroidi = CC)



## II. Contraintes de conception

### 2. Diagramme fast

Afin de réaliser le système d'orientation des rotors, nous allons utiliser comme composants, un moteur, un réducteur, un axe résistant à la force de poussée et au moment de torsion qui lui seront appliqués, également un accouplement élastique permettant d'ajuster les déformations et des roulements, afin d'entraîner correctement l'arbre en rotation.

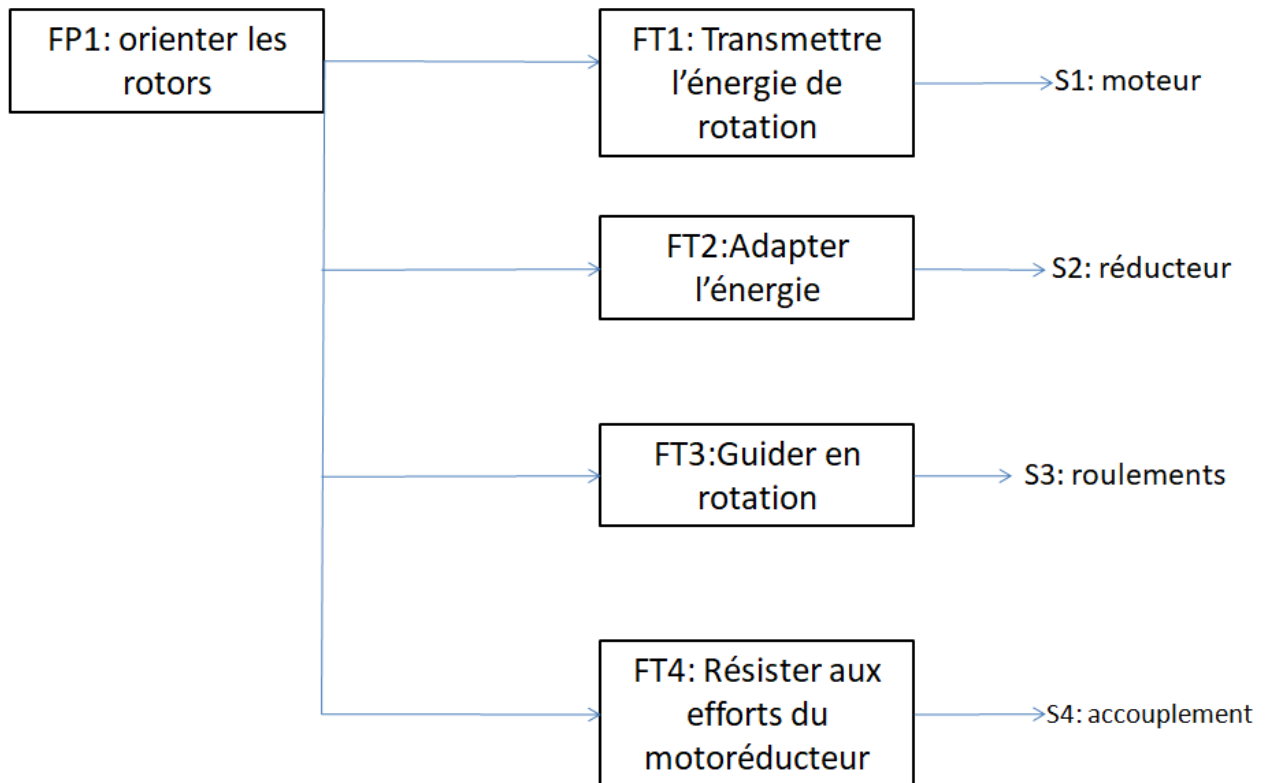


Fig 6 : représentation diagramme fast partiel

### 3. Analyse de l'existant

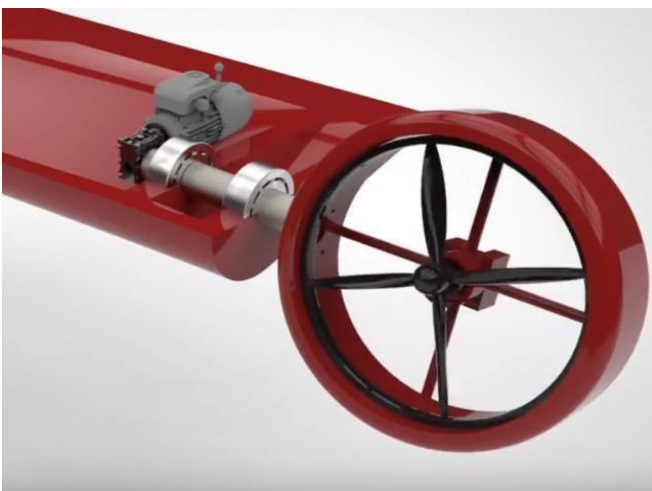


Fig 7 : capture vidéo MiniBee

Une courte vidéo sur le MiniBee a été réalisée par l'IUT du Havre sur YouTube, ce qui m'a permis de me familiariser avec ma partie qui est la conception du système d'orientation des rotors dans les ailes.

### III. Schéma

#### 1. Schéma cinématique minimal

Sur ce schéma cinématique minimal nous pouvons visualiser, l'aile et le motoréducteur (en noir) en liaison encastrement (E1). Celui-ci entrainera en rotation un axe (en bleu) qui est rattaché au carénage du rotor grâce à un encastrement (E2). Il est également composé d'un accouplement élastique (en violet).

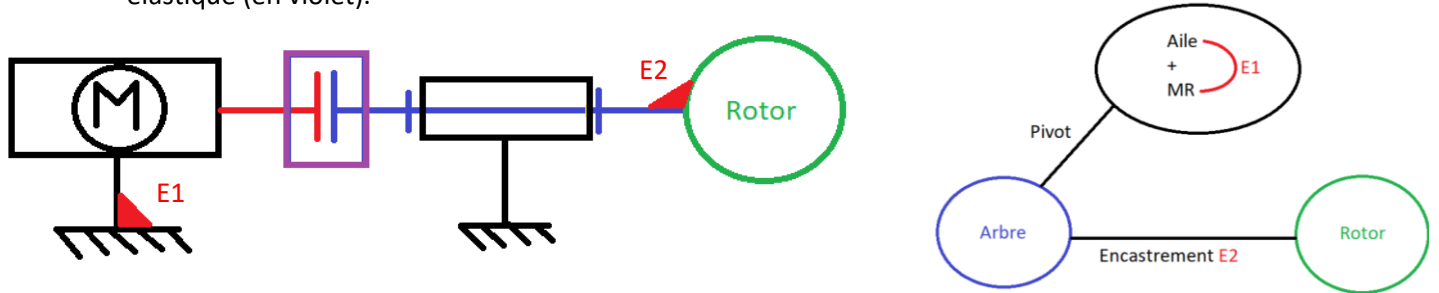


Fig 8 : schéma cinématique et graphe de liaison

#### 2. Schéma d'architecture

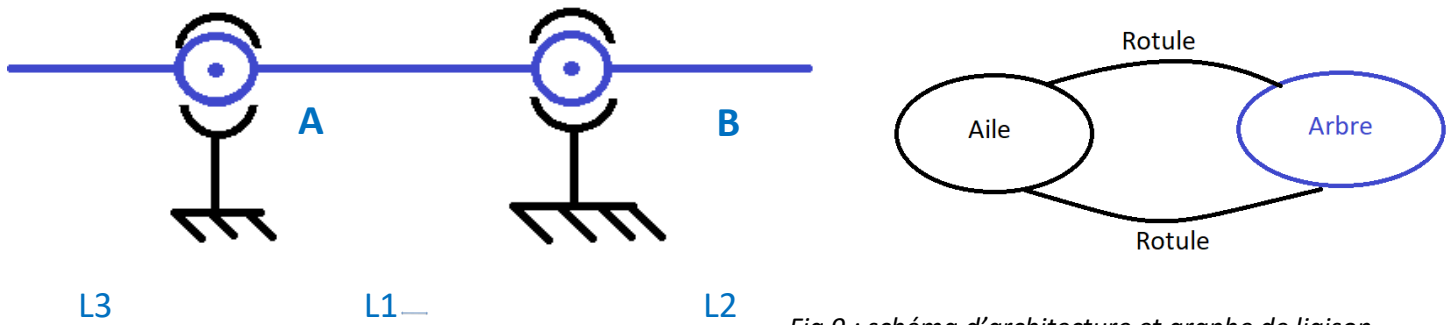


Fig 9 : schéma d'architecture et graphe de liaison

Suite aux efforts radiaux et axiaux important exercé sur l'arbre, l'utilisation de roulements coniques sont conseillés, et ce schématise par 2 rotules.

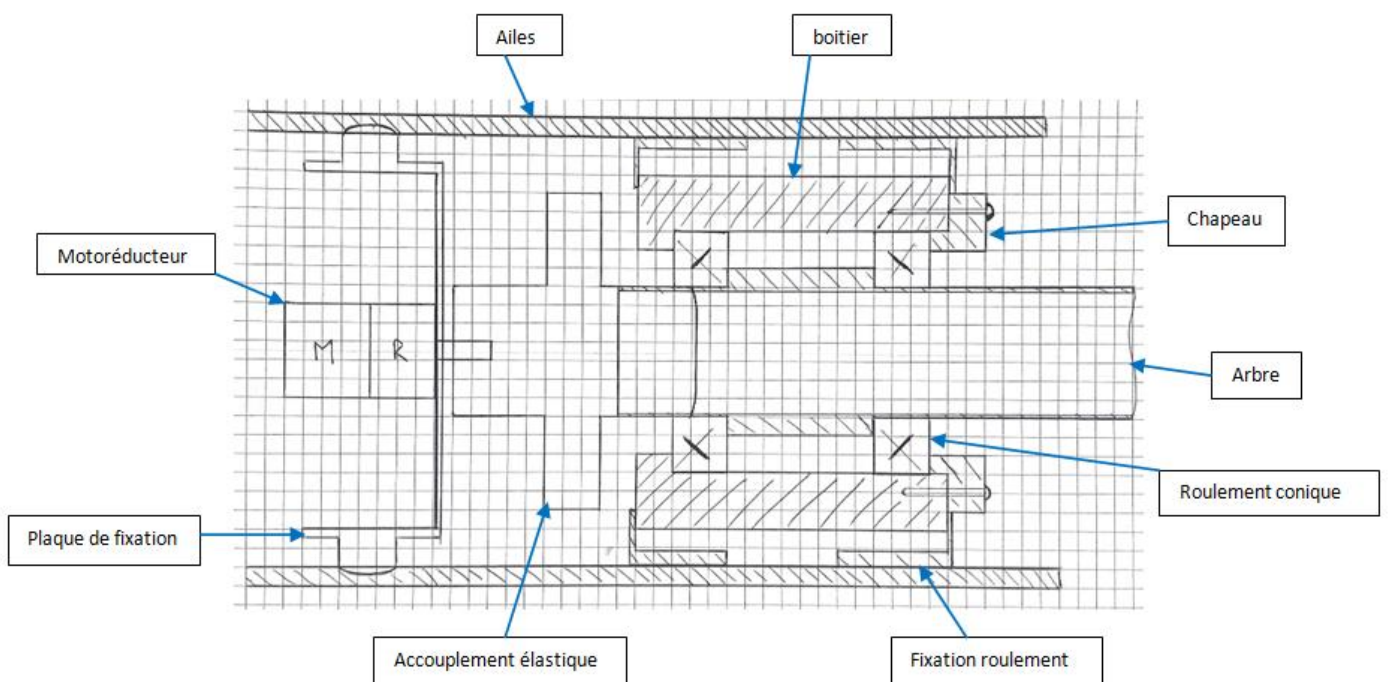


Fig 10 : croquis



## IV. Synthèse de la conception préliminaire

### 1. Choix des composants et des pièces à créer

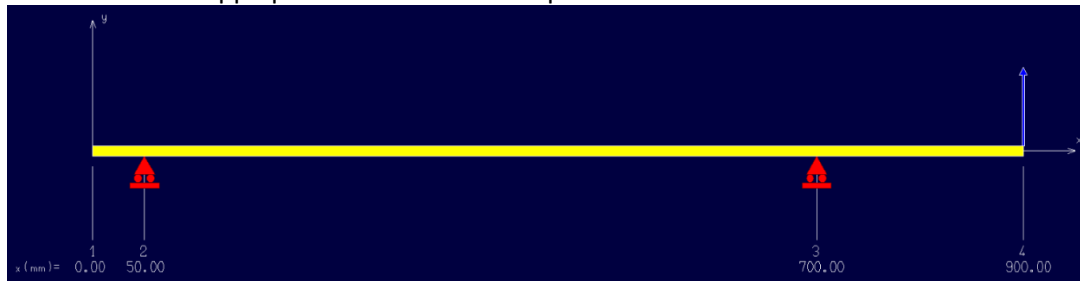
#### a) L'axe

Afin d'entraîner le rotor en rotation, la conception d'un axe est nécessaire. Mais pour cela je dois déterminer le diamètre et la section de l'axe.

Les différentes étapes :

- Appliquer un matériau : Acier inoxydable
- Définir la longueur de l'axe : 900mm
- Appliquer une force de poussée : 2200N (force produite par les hélices lors du décollage vertical)

J'ai donc pour cela réalisé une première simulation sur logiciel Flexion, en rentrant les différentes étapes ci-dessus et en appliquant une section rond plein.



Pour améliorer la simulation, j'ai utilisé l'option déformée, afin qu'on puisse apercevoir la déformation de l'axe en ayant appliqué la force de poussée de 2200N.

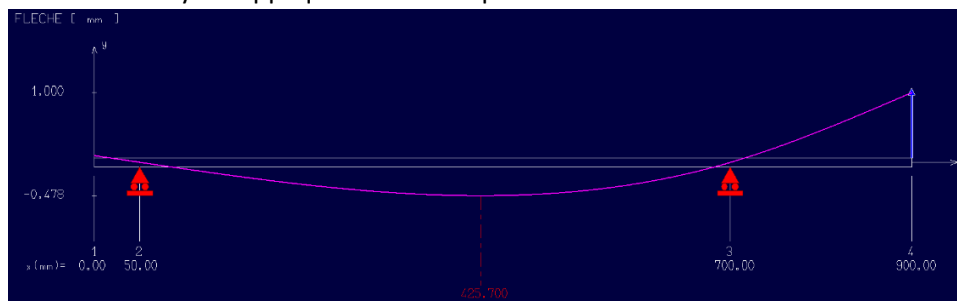


Fig 11 : étude flexion

Ensuite grâce à la fonction Optimisation du logiciel, j'ai pu obtenir la section minimum pour résister aux efforts appliqués suivant les limites de pente et de flèches maximales demandées.

Optimiser	
Quitter	Limites Section droite Calculer
Section :	Rond plein
	D = 39.43 (mm)
Flèche maximale :	1.0004
Pente maximale :	0.320
Contrainte maximale :	73.09
Itération :	42
	Limites
	1.000 mm
	1.000 degrés
	800.00 MPa

Le poids de cet axe serait de 8.635kg. Il y aura 4 systèmes d'orientation dans le MiniBee donc un total de 34.54kg.

Calcul de la masse de cet axe :

Diamètre (mm)	39.5
Longueur (mm)	900
Volume (mm <sup>3</sup> )	$=(\pi*(19.75^2)*900)$ $=1102875.73$
Volume (m <sup>3</sup> )	$=1102875.73 / 10^9$ $=0.00110$
Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	7850
Masse (kg)	8.635

Pour pouvoir définir mon axe correctement je dois appliquer un moment de torsion de 69000N.mm dû au motoréducteur. Mais sur logiciel Flexion, il n'est pas possible d'appliquer des moments. Donc pour cela je dois recommencer mon étude sur le logiciel Ossature, en reprenant les mêmes données trouvées sur le logiciel Flexion.

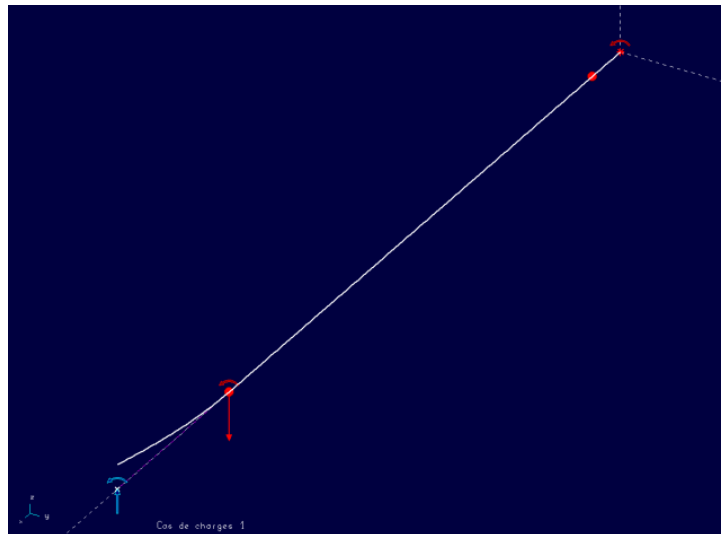


Fig 12 : étude ossature

Désormais, je dois réaliser une étude de Von Mises afin de vérifier si l'axe résiste bien aux efforts qui lui sont appliqués.

### Résultats Von Mises rond plein :

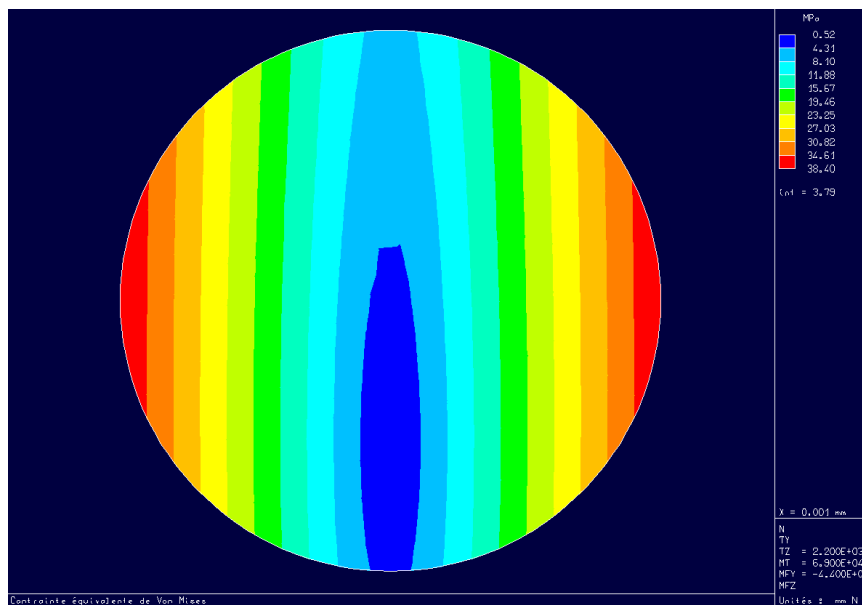


Fig 13 : Von Mises rond plein

On peut donc constater grâce à cette étude, que l'axe résiste bien aux déformations entraînées par le moment de torsion et la force de poussée (38.02MPa).

Toujours sur logiciel ossature, je réalise une nouvelle étude permettant d'alléger l'assemblage. Pour cela je décide de choisir un axe à section creuse de diamètre 60mm, d'épaisseur 2mm et de longueur 300mm.

Pour cela, je recommence la même procédure qu'avant, en modifiant la section et j'obtiens le résultat suivant :

### Résultat Von Mises rond creux :

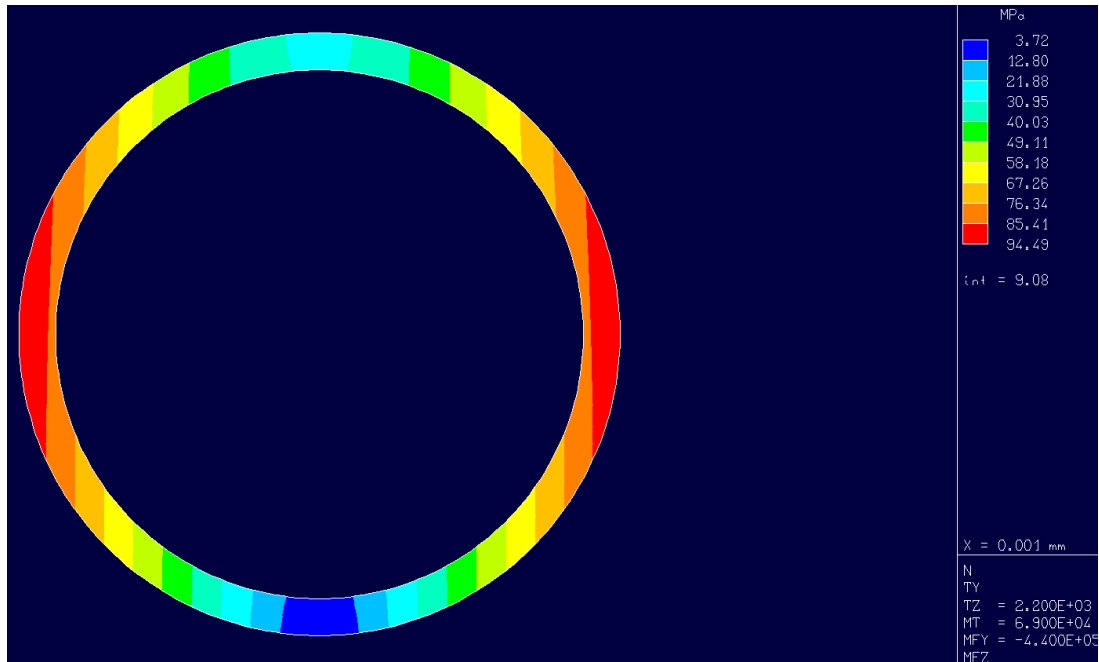


Fig 14 : Von Mises rond creux

On s'aperçoit grâce à la contrainte de Von Mises, que l'axe à section creuse sera plus sollicité sur les extrémités gauche et droite, et la contrainte est plus élevée (94.43MPa). Malgré ce résultat élevé, je décide donc de réaliser un axe de rotation à section creuse, qui permettra d'optimiser le poids de l'axe.

### *Modélisation de l'axe*

Pour réaliser l'axe en CAO, j'ai commencé tout d'abord par réaliser son esquisse en appliquant les contraintes de longueur et de diamètre.

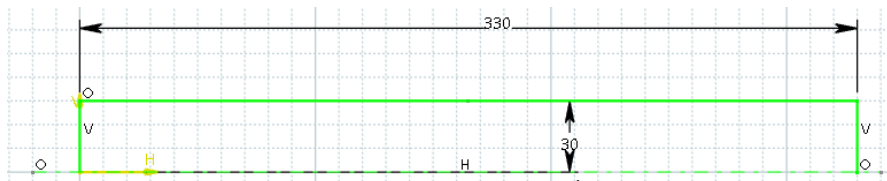


Fig 15 : esquisse arbre

Ensuite j'ai réalisé la pièce en révolution afin d'obtenir un cylindre. Enfin j'ai effectué une poche, afin d'obtenir un axe creux.

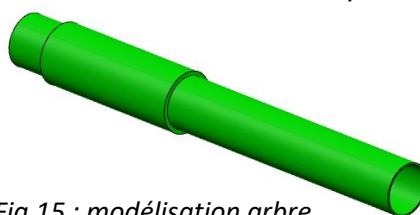


Fig 15 : modélisation arbre

## b) Plaque de fixation

Pour pouvoir maintenir l'assemblage sur l'aile, une plaque de fixation est nécessaire. J'ai tout d'abord pris en compte les dimensions séparant les profilés mais également le rayon du moteur afin de centrer celle-ci.

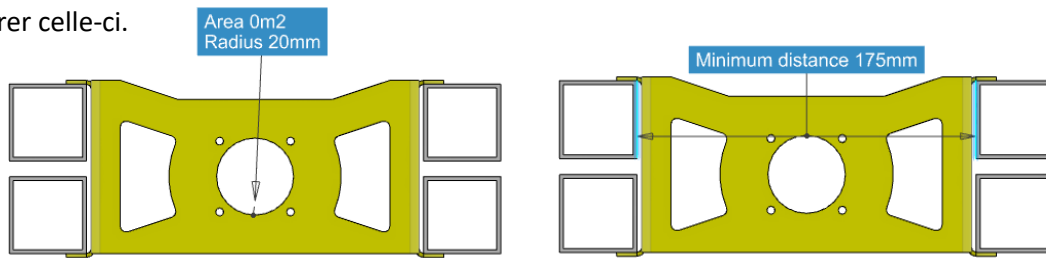


Fig 16 : plaque de fixation

De plus la création de languettes, permettent la fixation sur les profilés qu'on viendra souder par la suite. Mais lors de la création de ces languettes, j'ai pu m'apercevoir qu'il y avait une collision entre ces languettes et les profilés c'est pour cela que j'ai du adapter la longueur de la plaque de fixation afin d'éviter les collisions. Ces plaques de fixation sont créées grâce à une plieuse. Pour m'assurer du bon maintien de la plaque de fixation sur le motoréducteur, je décide de la visser à l'aide de quatre vis M5X12.

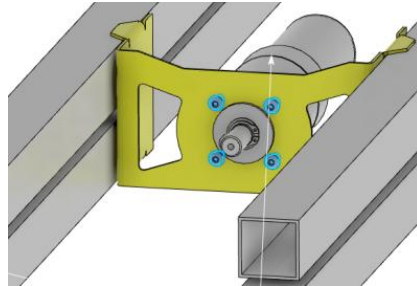


Fig 17 : vue de la plaque dans l'aile

## a) Motoréducteur

Afin de connaître quel type de motoréducteur utiliser, je me suis dirigé sur la maquette numérique où j'ai pu être renseigné sur les références du moteur et du réducteur utilisés.

Ces choix me permettront de trouver la bonne combinaison de motoréducteur afin de répondre au cahier des charges :

- Réaliser les 90° en moins de 3 secondes ;
- Posséder un couple moteur important, pour faire pivoter les rotors.

### Combinaison RE50 70V avec un réducteur 100 :1 :

	<b>Moteur électrique</b>	<b>Transmission</b>																																								
	$\eta_m =$	$kt =$																																								
	$\eta_m =$	$\eta_t =$																																								
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; text-align: center;"> <tr><td style="background-color: #0056b3; color: white;">Pe</td><td style="background-color: #0056b3; color: white;">146,1 W</td></tr> <tr><td style="background-color: #0056b3; color: white;">U</td><td style="background-color: #0056b3; color: white;">70 V</td></tr> <tr><td style="background-color: #0056b3; color: white;">I</td><td style="background-color: #0056b3; color: white;">2,1 A</td></tr> </table>	Pe	146,1 W	U	70 V	I	2,1 A	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; text-align: center;"> <tr><td style="background-color: #ff0000; color: white;"><math>\eta_m</math></td><td style="background-color: #ff0000; color: white;">0,89</td></tr> </table>	$\eta_m$	0,89	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; text-align: center;"> <tr><td colspan="2" style="background-color: #008000; color: white;">Maxon RE50</td></tr> <tr><td colspan="2" style="background-color: #008000; color: white;">389092</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">Pm</td><td style="background-color: #008000; color: white;">130,1 W</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">Nm</td><td style="background-color: #008000; color: white;">2760 tr/mn</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;"><math>\omega_m</math></td><td style="background-color: #008000; color: white;">289,0 rad/s</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">Cm</td><td style="background-color: #008000; color: white;">0,45 N.m</td></tr> </table>	Maxon RE50		389092		Pm	130,1 W	Nm	2760 tr/mn	$\omega_m$	289,0 rad/s	Cm	0,45 N.m	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; text-align: center;"> <tr><td colspan="2" style="background-color: #008000; color: white;">Maxon GP62</td></tr> <tr><td colspan="2" style="background-color: #008000; color: white;">110504</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">kt</td><td style="background-color: #008000; color: white;">0,0100</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;"><math>\eta_t</math></td><td style="background-color: #008000; color: white;">0,7</td></tr> <tr><td style="background-color: #008000; color: white;">rt</td><td style="background-color: #008000; color: white;">100</td></tr> </table>	Maxon GP62		110504		kt	0,0100	$\eta_t$	0,7	rt	100	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%; text-align: center;"> <tr><td style="background-color: #800000; color: white;">Pr</td><td style="background-color: #800000; color: white;">91,0 W</td></tr> <tr><td style="background-color: #800000; color: white;">Nr</td><td style="background-color: #800000; color: white;">27,6 tr/mn</td></tr> <tr><td style="background-color: #800000; color: white;"><math>\omega_r</math></td><td style="background-color: #800000; color: white;">2,9 rad/s</td></tr> <tr><td style="background-color: #800000; color: white;">Cr</td><td style="background-color: #800000; color: white;">31,50 N.m</td></tr> </table>	Pr	91,0 W	Nr	27,6 tr/mn	$\omega_r$	2,9 rad/s	Cr	31,50 N.m
Pe	146,1 W																																									
U	70 V																																									
I	2,1 A																																									
$\eta_m$	0,89																																									
Maxon RE50																																										
389092																																										
Pm	130,1 W																																									
Nm	2760 tr/mn																																									
$\omega_m$	289,0 rad/s																																									
Cm	0,45 N.m																																									
Maxon GP62																																										
110504																																										
kt	0,0100																																									
$\eta_t$	0,7																																									
rt	100																																									
Pr	91,0 W																																									
Nr	27,6 tr/mn																																									
$\omega_r$	2,9 rad/s																																									
Cr	31,50 N.m																																									

Fig 18 : première étude moteur

Cette combinaison a un couple trop insuffisant pour faire pivoter les rotors, il faut donc un rotor plus important.

**Combinaison RE50 70V avec un réducteur 236 :1 :**

						Zm	176		
						Zr	41553		
Pe	132,3 W			Pm	108,5 W	kt	0,004	Pr	75,9 W
U	70 V	$\eta_m$	0,82	Nm	2470 tr/mn	$\eta_t$	0,7	Nr	10,5 tr/mn
I	1,89 A			$\Omega_m$	258,7 rad/s	rt	236,1	$\Omega_r$	1,1 rad/s
				Cm	0,42 N.m			Cr	69,32 N.m

Fig 19 : deuxième étude moteur

Cette combinaison possède un couple important, mais le nombre de rotations par minute de l'axe de sortie est trop juste.

Pour donner suite aux conseils des professeurs, ce motoréducteur est imposé.

J'ai dû par la suite réaliser un calcul de la loi de vitesse en triangle, afin de déterminer le nombre de secondes qu'il faut à cette combinaison pour réaliser les 90° désirés. On peut apercevoir que pour faire 90°, il faut environ 3 secondes. Donc il respecte le cahier des charges.

Phase	Type de mvt	Temps (s)	Vitesse angulaire (rad/s)	Accélération angulaire (rad/s <sup>2</sup> )	Position angulaire (rad)
1	Mvt uniformément accéléré	0	0	0,77	0
		0,713636364	0,55	0,77	0,19625
		1,427272727	1,1	0,77	0,785
2	Mvt uniforme	1,427272727	1,1	0	0,785
		1,427272727	1,1	0	0,785
		1,427272727	1,1	-0,77	0,785
3	Mvt uniformément décéléré	2,140909091	0,55	-0,77	1,37375
		2,854545455	0	-0,77	1,57

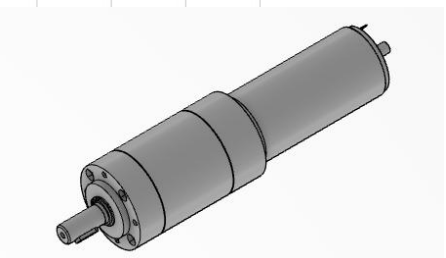
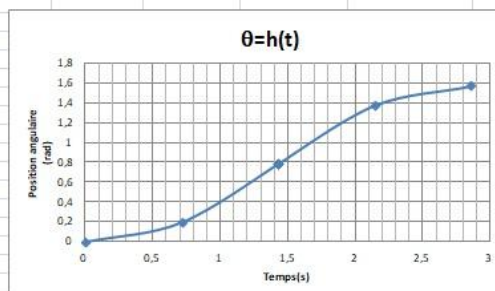
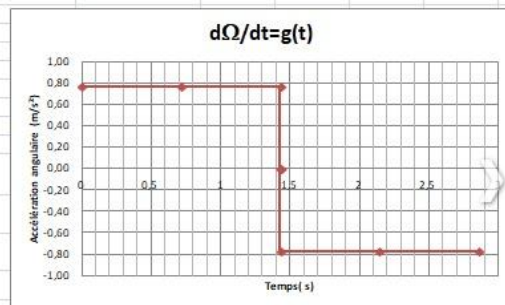
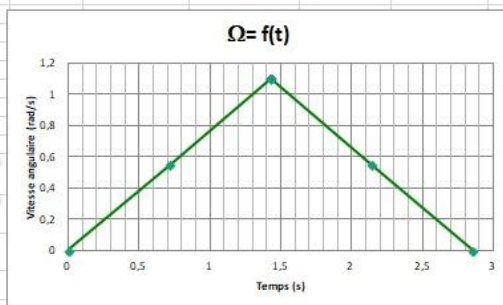
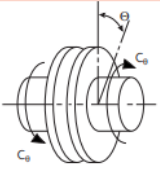
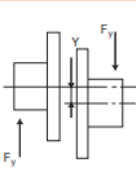
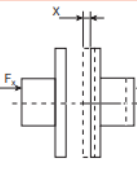
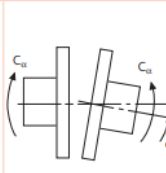


Fig 20 : loi de vitesse en triangle

## b) Accouplement élastique

Les simulations sur logiciels Flexion et Ossatures m'ont permis de constater que l'axe va subir des déformations. Plus particulièrement, un désalignement entre l'axe et le moteur provoqué par les défauts de pente. C'est pour cela qu'on ajoutera un accouplement élastique au système afin d'absorber ces défauts de pente. Après étude de la maquette numérique mise à notre disposition, j'ai pu apercevoir qu'un accouplement de la marque STARFLEX a été utilisé. Donc j'ai décidé de l'étudier.

Tout d'abord il existe 4 types d'accouplements élastiques :

Rigidité torsionnelle ou polaire	Rigidité radiale	Rigidité axiale	Rigidité conique
			
$K_t$ Couple de torsion Angle de torsion $\frac{C_t}{\theta}$ exprimée en m.kN/radian	$K_r$ Effort radial Décalage radial correspondant exprimée en m.kN/radian	$K_x$ Effort axial Déformation axiale correspondante exprimée en daN/mm	$K_{\alpha}$ Couple de désalignement Désalignement angulaire exprimée en m.kN/radian

Sur le système de rotation, nous voulons corriger un défaut conique sans que le couple transmet par le moteur soit affecté.

TORSION	**	**	***	*
RADIAL	***	*	**	*
AXIAL	emboitement	emboitement	***	**
CONIQUE	**	*	***	**
	MINIFLEX* p.293	MPP* p.297	JUBOFLEX* p.301	STARFLEX* p.309

De ces quatre types d'accouplements élastiques, le STARFLEX est le plus adapté. Il autorise un décalage conique sans affecter le couple produit par le moteur.

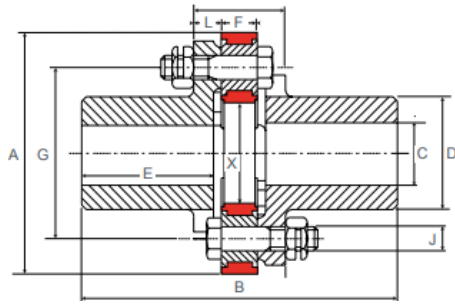
\* Élasticité torsionnelle  
  \* Élasticité radiale  
  \*\* Élasticité axiale  
  \*\* Élasticité conique



### Description

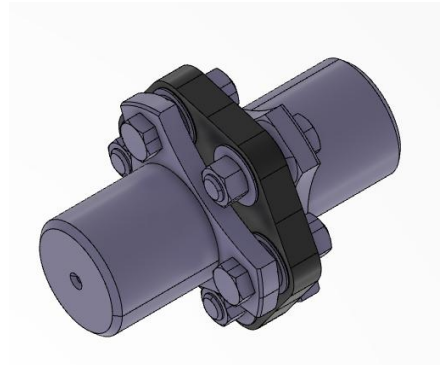
- Élément élastique :
  - ① Bobines métalliques reliées entre elles par des écheveaux en fils de rayonne.
  - ② Caoutchouc naturel enrobant l'ensemble ①, de forme hexagonale.
- Manchon :
  - ③ Acier forgé.

(Voir annexe)



Enfin je décide de choisir l'accouplement élastique de référence 635302 car l'alésage max est identique à celui de l'axe choisi précédemment, ce qui me permettra d'encastrer l'axe sur l'accouplement élastique grâce à une presse ou autre.

Réf.	Couple nominal TCN (N.m)	Couple maxi (N.m)	Vitesse maxi (tr/mn)	Alésage C (mm)		A (mm)	B (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	H (mm)	J (mm)	K (mm)	L (mm)	M (mm)	X* (mm)	Poids (kg)
				mini	max													
635100	50	100	6 000	-	30	78	80	43	32	12	50	32	-	-	8	7,8	20	1,3
635301	100	200	5 500	-	30	94	115	42	40	15	65	37	10	-	11	-	28	1,6
635302	200	400	5 000	-	40	120	158	56	66	18	85	46	12	-	14	-	40	3
635303	400	800	4 500	-	48	140	171	68	70	21	100	55	14	-	17	-	44	5,5
635304	800	1 600	3 500	-	60	178	222	90	93	26	132	68	16	-	21	-	66	12
635105	1 600	3 200	2 800	-	100	232	280	126	110	32	170	102	14	32	35	20	86	36
635106	3 200	6 400	2 400	-	110	268	340	142	123	42	190	130	16	37	44	24	94	50
635107	6 000	12 000	2 000	-	145	330	424	184	160	48	240	136	16	37	44	24	120	97



### c) Les roulements

Afin de réaliser la liaison pivot correctement, je devais implanter dans mon assemblage des roulements. Lors d'un entretien avec mes professeurs, le choix d'un roulement à rouleaux coniques a été retenu. En effet, ils sont conçus pour supporter des charges combinées, c'est-à-dire, des charges radiales et axiales qui agissent en même temps. Ce type de roulement possède également de bonnes caractéristiques comme :

- Faible frottement
- Longue durée de service
- Séparables et interchangeables

Les types de roulements Comparaison des aptitudes	Aptitude aux charges			Vitesse limite de rotation N.Dm <sup>3/4</sup> (lub. à la graisse)			Défaut d'alignement admissible entre arbre et logement				
	radiale	axiale									
Types	faible	moyen	bonne	faible	moyen	bonne	faible	moyen	dévié	0 - 10'	1/2°-3°
Roulement à billes à contact radial	●									●	
Roulement à billes à contact radial à deux rangées de billes	●									●	
Roulement à billes à contact oblique										●	
Roulement à billes à contact oblique à deux rangées de billes										●	
Roulement à rotule sur billes											●
Roulement à rouleaux cylindriques										●	
Roulement à rouleaux coniques										●	
Roulement à rouleaux sphériques											●
Butée à billes										●	
Butée à rouleaux sphériques											●

(1) N.Dm : N = vitesse de rotation en tr/mn, Dm = diamètre moyen roulement =  $\frac{d+D}{2}$   
En lubrification à l'huile, la vitesse limite est augmentée d'environ 35 %.

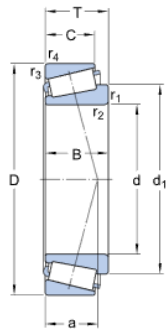
**Roulements à deux rangées de billes, à rotule dans la bague extérieure**

- Ces roulements supportent des charges radiales moyennes et des charges axiales faibles.
- Ils conviennent pour de grandes fréquences de rotation.
- Ils sont utilisés lorsque l'alignement précis des paliers est difficile.

Déversement admissible : 1,5° à 3°



Je me suis donc par la suite dirigé sur le site SKF me permettant de choisir le roulement convenant au mieux à mon système. Je devais prendre en compte le diamètre de l'arbre mais également la hauteur de l'arbre. Je devais également penser pendant le choix du roulement à la mise en position et au maintien en position sur l'arbre.



d	60	mm
D	85	mm
T	17	mm
$d_1$	≈ 73.8	mm
B	17	mm
C	14	mm
$r_{1,2}$	min. 1	mm
$r_{3,4}$	min. 1	mm
a	15.452	mm

## d) Boitier de roulements et chapeau

Par la suite je devais trouver une solution pour fixer les roulements sur l'arbre, c'est pour cela que je me suis tourné vers un boitier de roulement réalisé en usinage. Pour créer le boitier de roulements, je me suis basé sur les dimensions d'encombrements de l'habillage de l'aile, pour éviter toutes collisions.

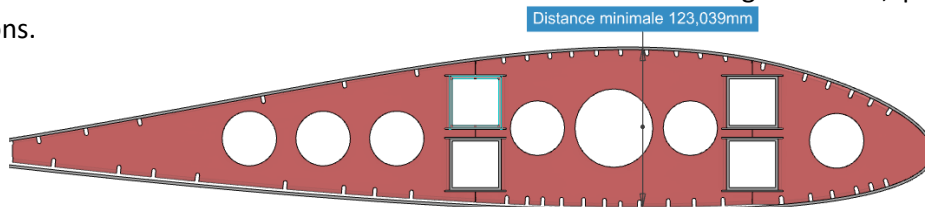


Fig 21 : encombrement aile

Pour donner suite à cette nouvelle conception, je devais revoir l'esquisse de l'arbre de guidage en rotation en rajoutant des épaulements. Grâce aux dimensions des roulements, j'ai pu déterminer l'esquisse du boitier qui me permettra de maintenir les roulements sur l'arbre et par la suite la réaliser en révolution. Également on viendra fixer un chapeau à l'aide de trois vis M5X18 sur le boitier afin de bien maintenir les roulements.

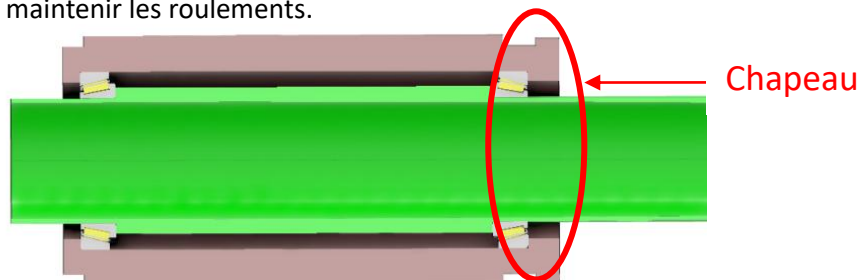


Fig 22 : vue en coupe boitier roulements et chapeau

Enfin, je reprends la solution de la plaque de fixation du motoréducteur afin de souder le boitier sur les profilés.

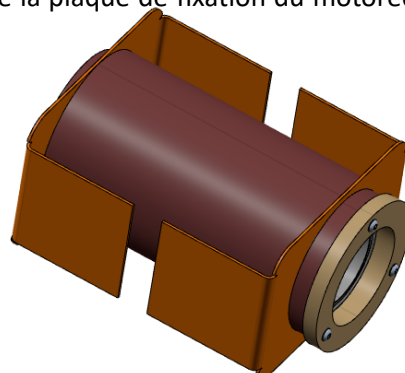
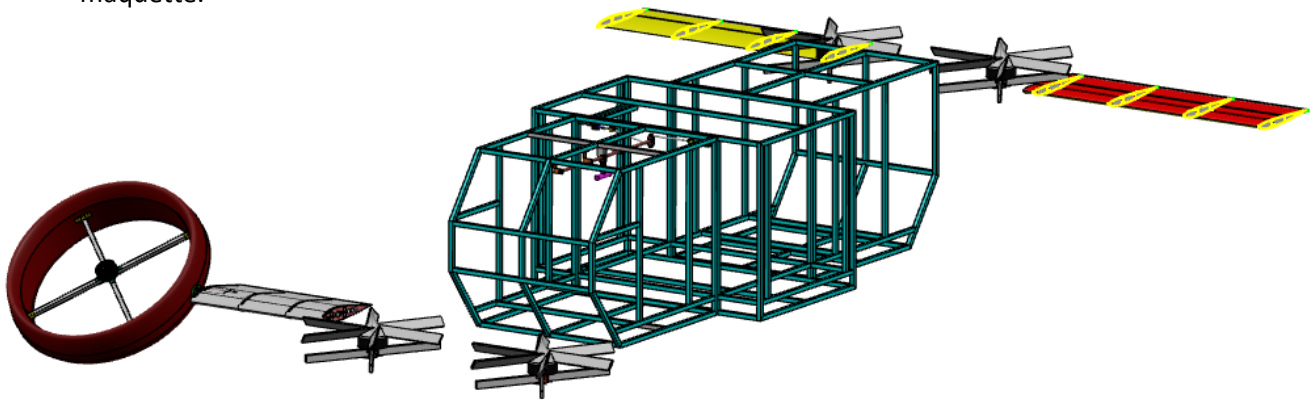


Fig 23 : modélisation plaque roulement



## 2. Maquette numérique

Nous avons à notre disposition une maquette numérique à notre disposition où nous pouvons chacun travailler sur sa partie et y implanter les nouvelles modifications afin de faire évoluer la maquette.



*Fig 24 : maquette numérique du MiniBee*

Pour la réalisation de ma problématique je travaillerai sur l'aile avant droite du MiniBee, me permettant de vérifier mes pièces en temps réel avec la partie motorisation du MiniBee.



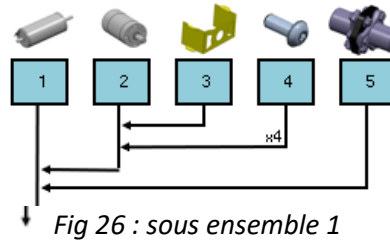
*Fig 25 : Vue iso de l'aile*

# V. Démarche de conception

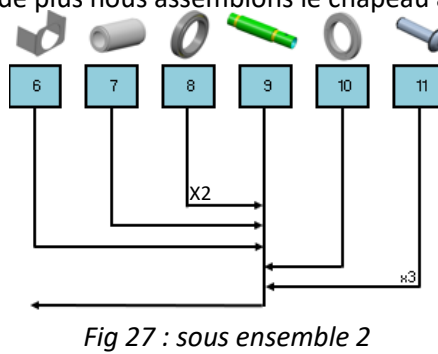
## 1. Assemblage des composants

Afin de mieux comprendre le montage des composants, j'ai réalisé une gamme de montage composée de deux sous ensembles permettant une meilleure compréhension du système.

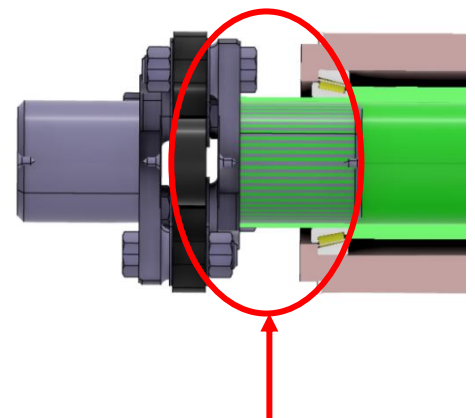
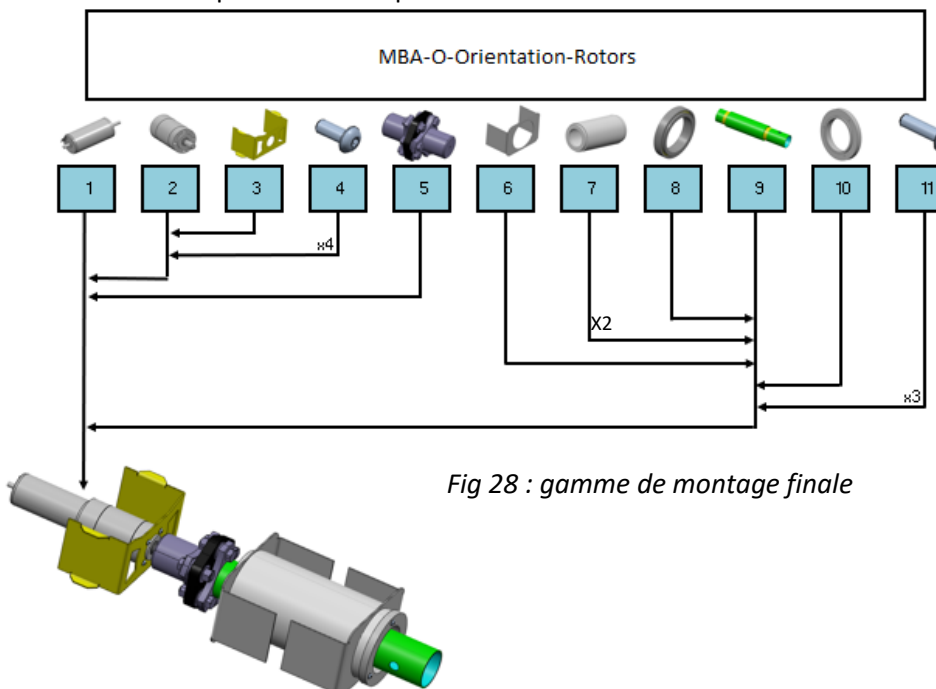
Dans un premier temps, nous allons nous occuper de la partie du motoréducteur. Comme le montre la gamme de montage ci-dessous, nous allons dans un premier temps venir assembler la plaque de fixation au réducteur grâce à quatre vis M5X12. Ensuite nous assemblons cet ensemble au moteur, pour enfin y implanter l'accouplement élastique.



Dans un second temps, nous venons à assembler les roulements à l'arbre de guidage. Ensuite nous assemblons le boîtier de roulement sur cet ensemble. Par la suite, nous rendons solidaire les plaques de fixation du boîtier à l'ensemble, de plus nous assemblons le chapeau ainsi que les trois vis M5X18.



Enfin nous assemblons le premier sous ensemble au deuxième grâce à un encastrement entre l'arbre et l'accouplement élastique et nous obtenons le résultat final.



Encastrement réalisé à la presse entre l'accouplement élastique et l'arbre de guidage

Avec le logiciel de CAO 3DEXPERIENCE, j'ai pu également réaliser une gamme de montage, grâce à l'application Manufactured Item Definition. Pour la réaliser je me suis aidé de la gamme de montage faite sur excel.

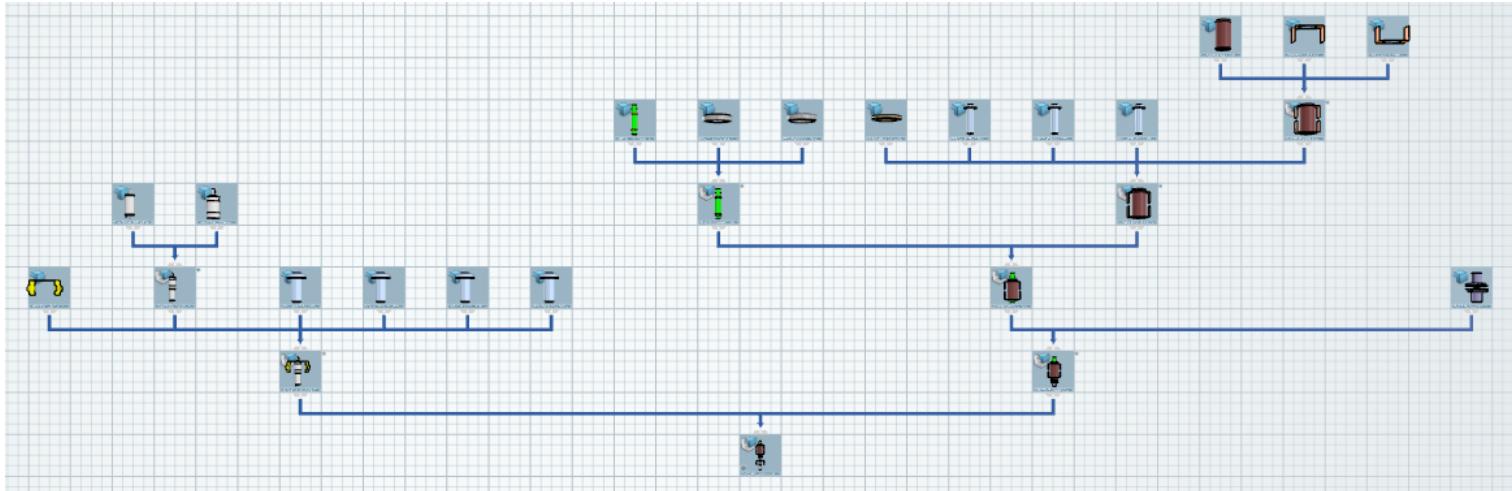
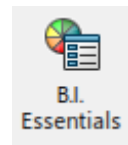


Fig 29 : gamme de montage 3DEXPERIENCE

L'avantage de réaliser une gamme de montage sur 3DEXPERIENCE est, que nous pouvons vérifier que toutes les pièces sont bien incorporées dans cette gamme grâce à l'outil B.I Essentials.



Lorsque nous sélectionnons cet outil, nous avons la possibilité de vérifier plusieurs critères. Ici nous vérifions l'état d'achèvement de l'article manufacturé.

On peut donc apercevoir les cases ci-dessous vertes, ça veut dire qu la gamme de montage est bien composé de tous les éléments qui l'a compose.

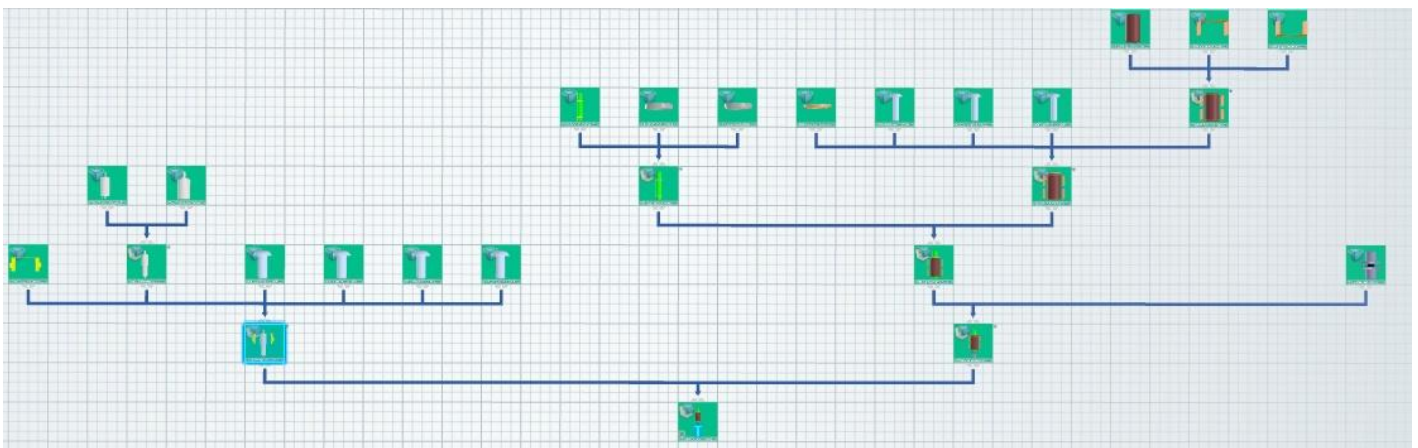


Fig 30 : vérification gamme de montage

## 2. Choix des matériaux

Dorénavant je devais appliquer les bons matériaux sur les éléments à fabriquer, composant mon assemblage. Pour cela je me suis basé sur les conditions du cahier des charges qui impose que le matériau du MiniBee doit résister à un milieu ambiant, c'est-à-dire, à la pluie (impermeabilité), conditions adverses de turbulence (structurel) et à la corrosion. Tout en pensant à l'optimisation de la durée de vie du produit.

Tout d'abord pour les éléments de tôlerie, j'ai appliqué de l'aluminium 7175T6, ou autrement appelé tôle d'aluminium avec une masse volumique de  $2810 \text{ Kg/m}^3$ , une limite élastique de 525 MPA pour les composants:

- Plaque de fixation
- Plaques de roulements

### Price

Price	ⓘ	* 3,4	-	3,61	EUR/kg
Price per unit volume	ⓘ	* 9,49e3	-	1,01e4	EUR/m <sup>3</sup>

### Physical properties

Density	ⓘ	2,78e3	-	2,81e3	kg/m <sup>3</sup>
---------	---	--------	---	--------	-------------------

Fig 31 : étude CES sur l'aluminium  
(voir fiche technique en annexe)

Ce matériau répond bien au cahier des charges, car l'alumine qui se forme sur la partie extérieure du métal est une couche protectrice qui empêche l'oxydation d'aller plus loin dans la matière. Et a un coût de 3.4€/kilo.

Ensuite pour les composants :

- Boitier roulements
- Chapeau
- Vis M5X12
- Vis M5X18
- Arbre de guidage

je devais prendre en compte le milieu ambiant, ainsi que la résistance du matériau par rapports aux efforts exercés sur les composants. Donc j'ai décidé d'appliquer de l'Inox 316L avec une masse volumique de  $7960 \text{ Kg/m}^3$ , car c'est un matériau qui est très sollicité pour les écrous, les visseries, les goupilles grâce à ça forte résistance à la corrosion, mais également sont prix est de 5€ / kilo ce qui serait rentable par rapport à la durée de vie des composants par la suite.

### Propriétés générales

Masse Volumique	ⓘ	7,6e3	-	8,1e3	kg/m <sup>3</sup>
Prix	ⓘ	* 5,02	-	5,46	EUR/kg
Date de première utilisation ("-" signifie "Avant Jésus Christ")	ⓘ	1915			

Fig 32 : étude CES sur l'acier  
(voir fiche technique en annexe)

### 3. Démarche de cotation

#### a) Flux d'énergie

Pour réaliser le flux d'énergie de l'assemblage, j'ai d'abord réalisé une simulation sur le logiciel Pylvot, en prenant en compte le montage des roulements, ici en X, l'arbre et les épaulements, ainsi que le boîtier de roulements et son chapeau. Une fois ceci représenté sur le logiciel Pylvot, j'ai pu appliquer les différents efforts qu'on retrouve sur l'ensemble et nous obtenons le résultat suivant.

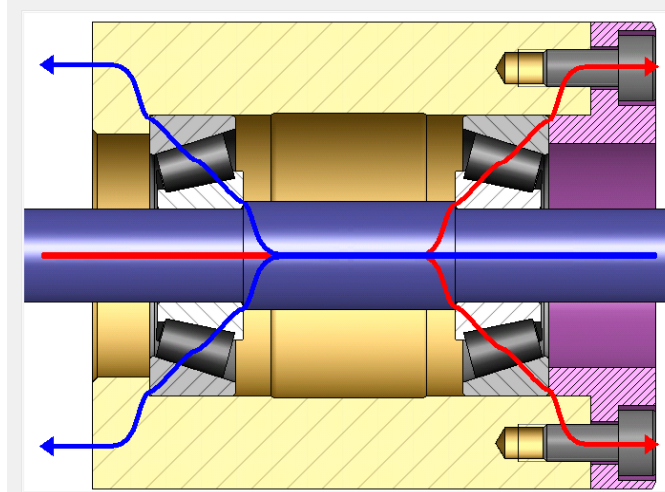
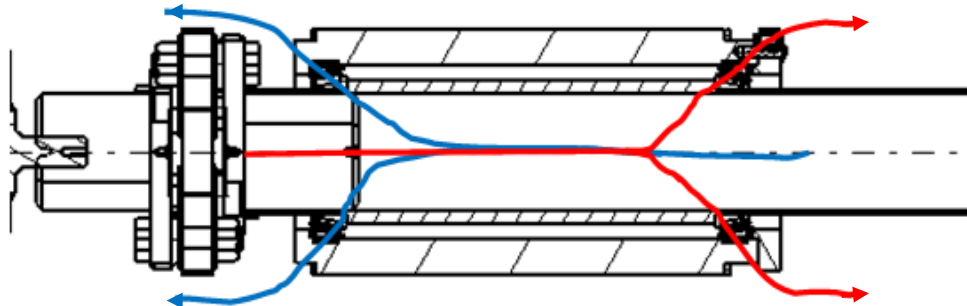


Fig 33 : étude Pylvot

Une fois la simulation validée, je peux retranscrire les résultats obtenus sur une vue en coupe de l'assemblage. Et nous obtenons :



→ Rotation horaire du moteur :  $90^\circ$

→ Rotation antihoraire du moteur :  $-90^\circ$

Fig 34 : flux d'énergie

## b) Graphe de contact

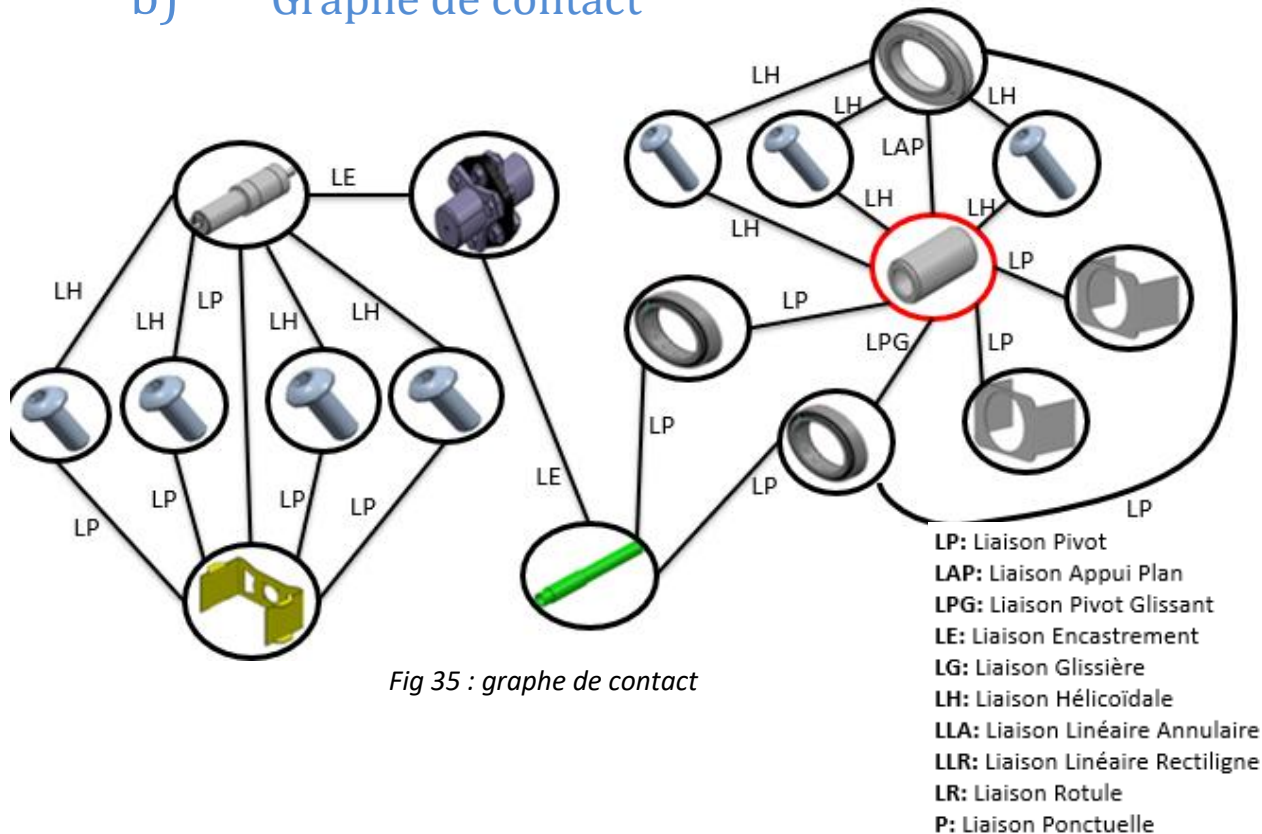


Fig 35 : graphe de contact

La pièce encadrée en rouge est le boîtier de roulement, et c'est sur cette pièce que je me baserai pour ma démarche de cotation.

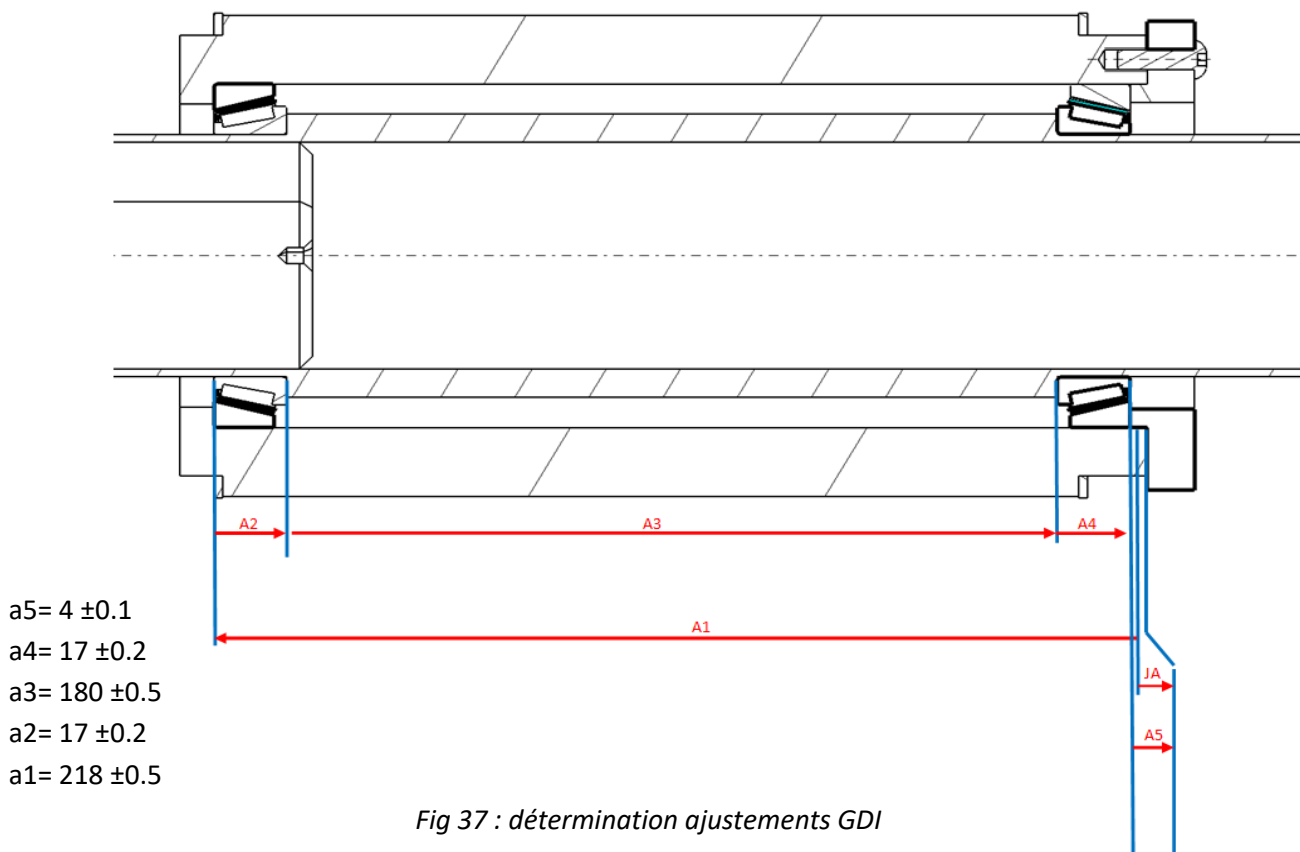
## c) Chaîne de côtes

Afin de bien positionner le boîtier de roulements sur l'arbre et qu'il soit bien fonctionnel, je devais établir une chaîne de côtes afin de calculer le jeu entre le boîtier et le chapeau, pour être sûr que le chapeau soit en contact avec le roulement et non pas avec le boîtier. Si le cas inverse arrive, le roulement ne sera pas bien maintenu en position et n'assurera pas son rôle.

Pour commencer je dois déterminer les écarts pour les éléments usinés. Donc pour cela je me suis dirigé sur le Guide du Dessinateur Industriel et je me suis basé sur une classe de précision moyenne.

Classe de précision	Dimensions linéaires					Angles cassés			Dimensions angulaires			
	0,5 à 3 inclus	3 à 6	6 à 30	30 à 120	120 à 400	Rayons - chanfreins			Dimension du côté le plus court			
						0,5 à 3 inclus	3 à 6	> 6	Jusqu'à 10	10 à 50 inclus	50 à 120	120 à 400
f (fin)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1°	± 30'	± 20'	± 10'
<b>m (moyen)</b>	<b>± 0,1</b>	<b>± 0,1</b>	<b>± 0,2</b>	<b>± 0,3</b>	<b>± 0,5</b>	<b>± 0,2</b>	<b>± 0,5</b>	<b>± 1</b>	<b>± 1°</b>	<b>± 30'</b>	<b>± 20'</b>	<b>± 10'</b>
c (large)	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 0,4	± 1	± 2	± 1° 30'	± 1°	± 30'	± 15'
v (très large)	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 0,4	± 1	± 2	± 3°	± 2°	± 1°	± 30'

Fig 36 : écarts éléments usinés GDI



Pour calculer le jeu, la formule est la suivante :

$$JA = -a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 - a_6$$

Jeu maxi :

$$\begin{aligned}
 J_{MAXI} &= -a_{1MINI} + a_{2MAXI} + a_{3MAXI} + a_{4MAXI} + a_{5MAXI} \\
 &= -217.75 + 17.1 + 180.25 + 17.1 + 4.05 \\
 &= 0.75
 \end{aligned}$$

Jeu mini :

$$\begin{aligned}
 J_{MINI} &= -a_{1MAXI} + a_{2MINI} + a_{3MINI} + a_{4MINI} + a_{5MINI} \\
 &= -218.25 + 16.9 + 179.75 + 16.9 + 3.95 \\
 &= -0.75
 \end{aligned}$$

Grâce à cette chaîne de côtes, je peux choisir les ajustements qui s'appliquent au boîtier de roulements mais également à l'arbre de guidage. Pour choisir le bon ajustement, je me suis aidé du Guide du Dessinateur Industriel.

Tout d'abord pour la mise en position et le maintien en position des roulements sur l'arbre de guidage :

15.25 Principaux ajustements				Arbres*	H 6	H 7	H 8	H 9	H 11
Pièces mobiles l'une par rapport à l'autre	Pièces dont le fonctionnement nécessite un grand jeu (dilatation, mauvais alignement, portées très longues, etc.).			c				9	11
	Cas ordinaire des pièces tournant ou glissant dans une bague ou palier (bon graissage assuré).			d				9	11
	Pièces avec guidage précis pour mouvements de faible amplitude.			e		7	8	9	
Pièces immobiles l'une par rapport à l'autre	Démontage et remontage possible sans détérioration des pièces	L'assemblage ne peut pas transmettre d'effort	Mise en place possible à la main	f	6	6-7	7		
			Mise en place au maillet	g	5	6			
	Démontage impossible sans détérioration des pièces	L'assemblage peut transmettre des efforts	Mise en place à la presse	h	5	6	7	8	
			Mise en place à la presse ou par dilatation (vérifier que les contraintes imposées au métal ne dépassent pas la limite élastique)	js	5	6			
				k	5				
				m		6			
				p		6			
				s			7		
				u			7		
				x			7		

Fig 38 : détermination ajustements GDI

Grâce à cette recherche j'ai pu déterminer que pour le montage des roulements sur l'arbre de guidage, je devais utiliser une presse.

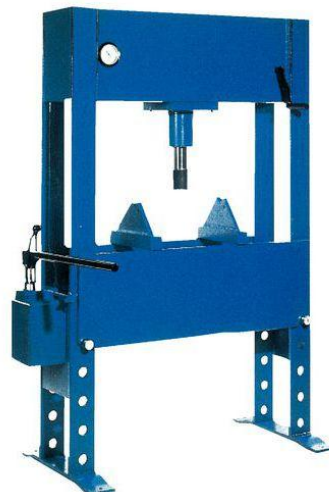


Fig 38 : presse fonctionnelle



## d) Analyse préparatoire à la spécification du boîtier de roulements

Une fois la chaîne de côtes et le jeu fonctionnel validé, je pouvais dorénavant me consacrer à la création de la cotation GPS du boîtier de roulement. C'est pour ça que j'ai établi une feuille Excel regroupant les fonctions techniques, les surfaces ou groupe de surfaces fonctionnels et autre.

Analyse des antériorités fonctionnelles et fou de position			Antériorités			Caractéristiques		
IDENTIFICATION DES SURFACES DU MODELE	Fonction Technique Assurée	Surfaces ou groupes de surfaces	Primaire	Secondaire	Tertiaire	Intrinsèques	De Contact	
	Mise et maintien en position du chapeau							
	Mise en position chapeau	SC2	surface cylindrique	SC1	perpendicularité			Ø85mm H7
	Appui Plan	SC1	surface plane					planéité
	maintien en position du chapeau	GC1	3 trous à 120°	SC1	perpendicularité			
	Mise en position du roulement gauche							
	Pivot glissant	SC2	Surface cylindrique	SC5	coaxialité			planéité
	Appui plan	SC3	Surface plane	SC1	parallèle et distant			planéité
	mise en position roulement droite							
	pivot glissant	SC2	surface cylindrique	SC5	coaxialité			
	mise en position plaques roulements							
	Pivot glissant	SC5	surface cylindrique	SC1	perpendicularité			Ø85mm H7
	Appui Plan	So4	Surface plane	SC1	parallèle et distant			

Fig 39 : boîtier de roulement

Grâce à ce tableau Excel je peux enfin établir le plan de définition de cette pièce.

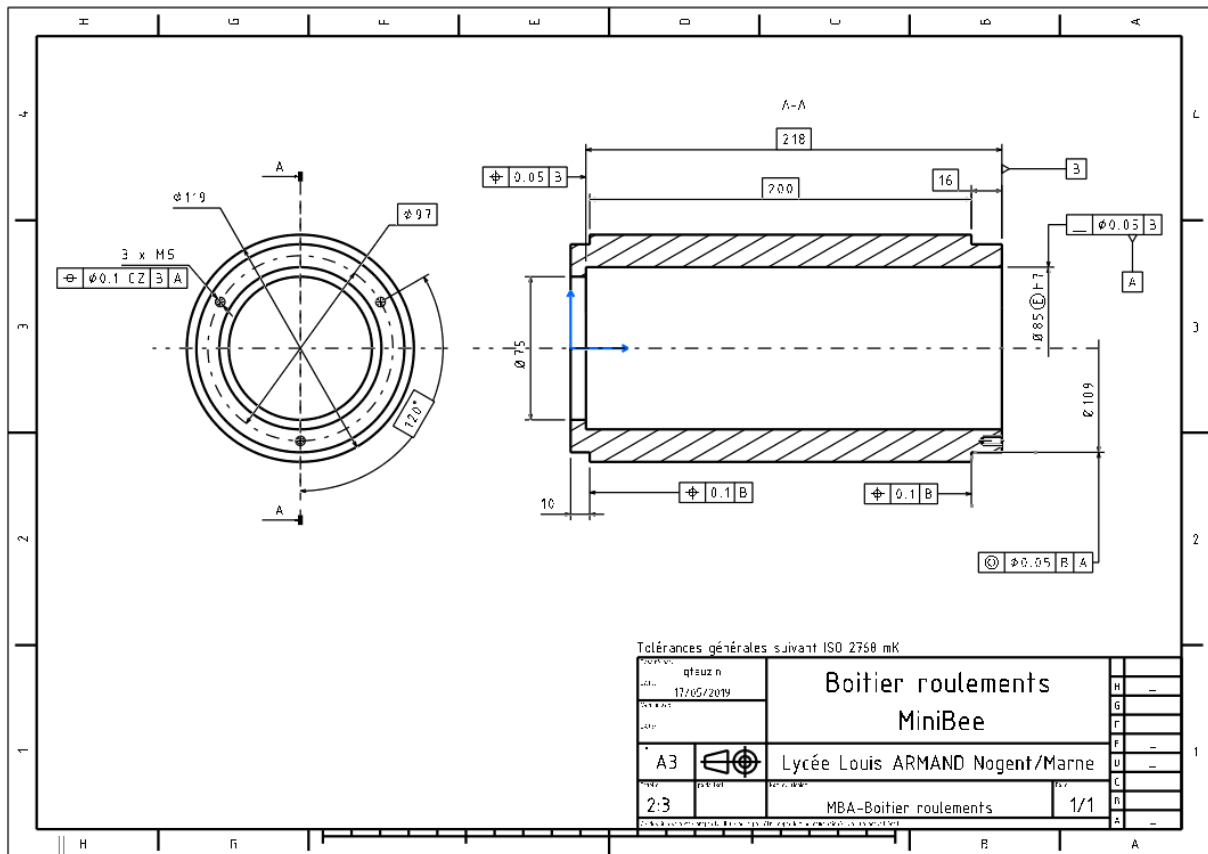


Fig 40 : cotation GPS

(Voir dossier annexe nom fichier : MBA\_Orientation\_Cotation)

## 4. Dessin d'ensemble et éclaté du sous ensemble -Orientation des rotors-

Après avoir réalisé la chaîne de cotation je peux maintenant réaliser le dessin d'ensemble et l'éclaté de l'assemblage du système d'orientation des rotors du MiniBee.

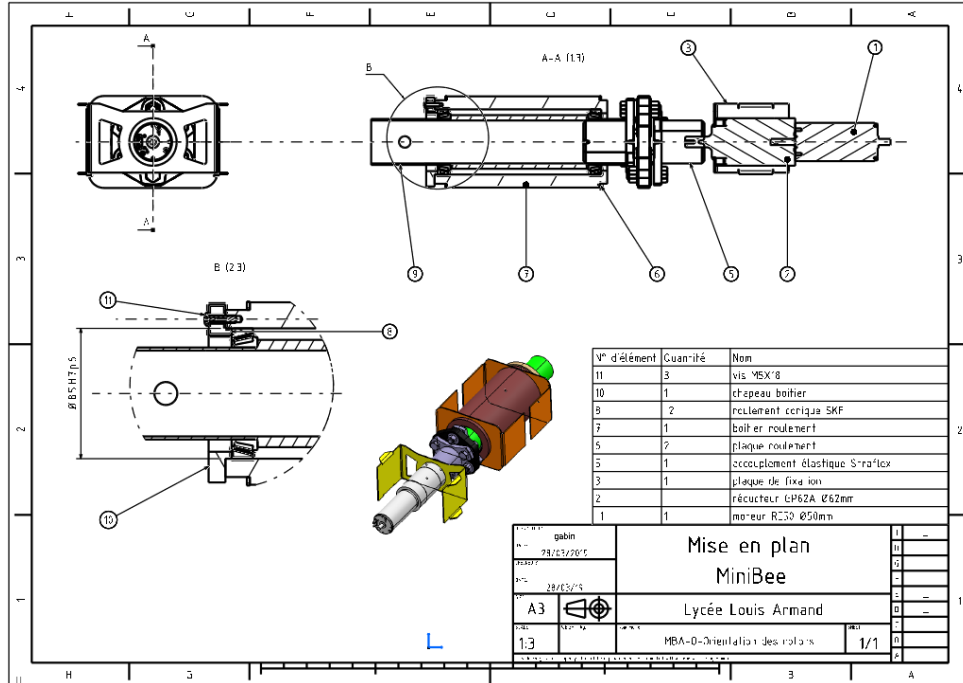


Fig 41 : dessin d'ensemble

(Voir dossier annexe nom fichier : *MBA\_Orientation\_eclate*)

Le dessin d'ensemble du système d'orientation est également en annexe

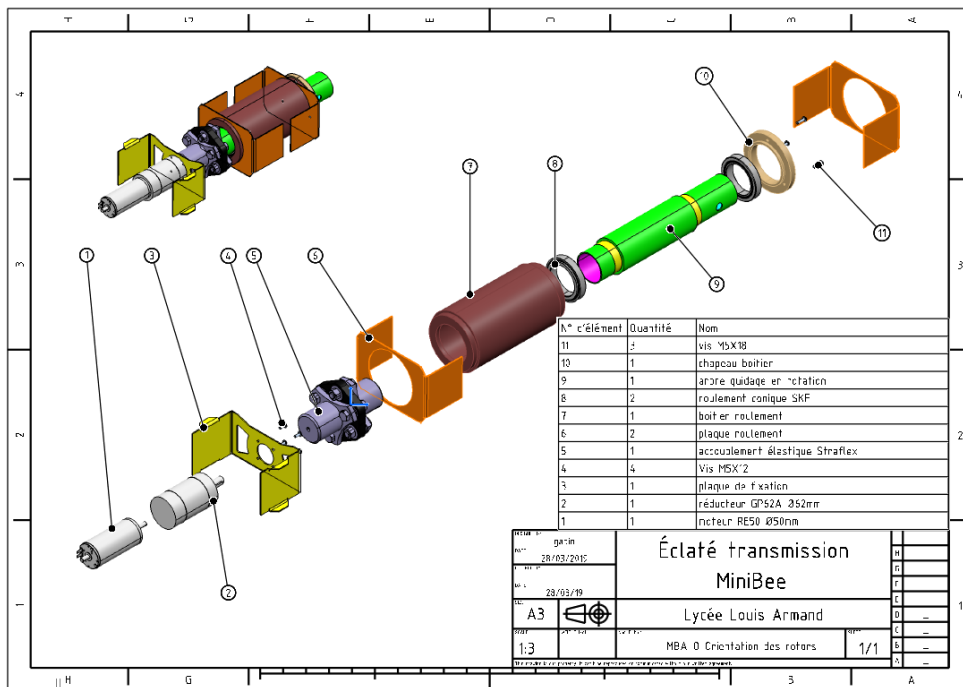


Fig 42 : éclaté du sous ensemble

(Voir dossier annexe nom fichier : *MBA\_Orientation\_sous\_ensemble*)

L'éclaté du système d'orientation est disponible en annexe.

## 5. Simulation

Après avoir appliqué les matériaux sur les composants de l'assemblage je décide d'effectuer une simulation sur l'arbre de guidage, afin de vérifier si cette pièce résiste aux efforts qui lui sont soumis lors du fonctionnement du système.

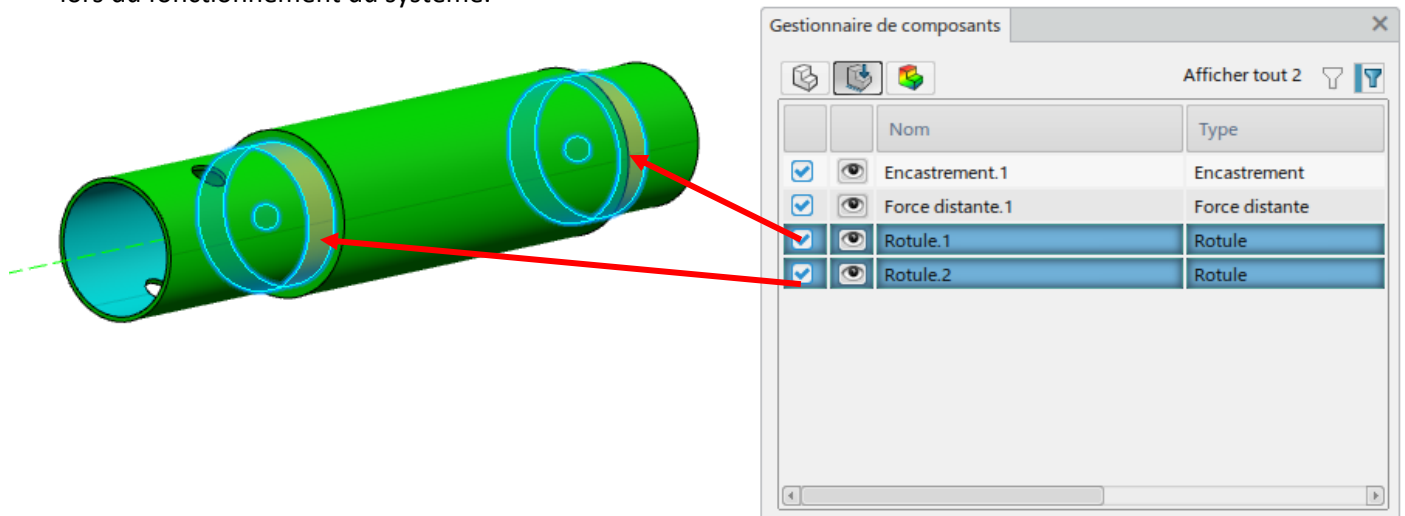


Fig 43 : position des roulements

J'ai commencé par représenter la liaison rotule des roulements sur l'arbre de guidage sur chaque extrémité des épaulements.

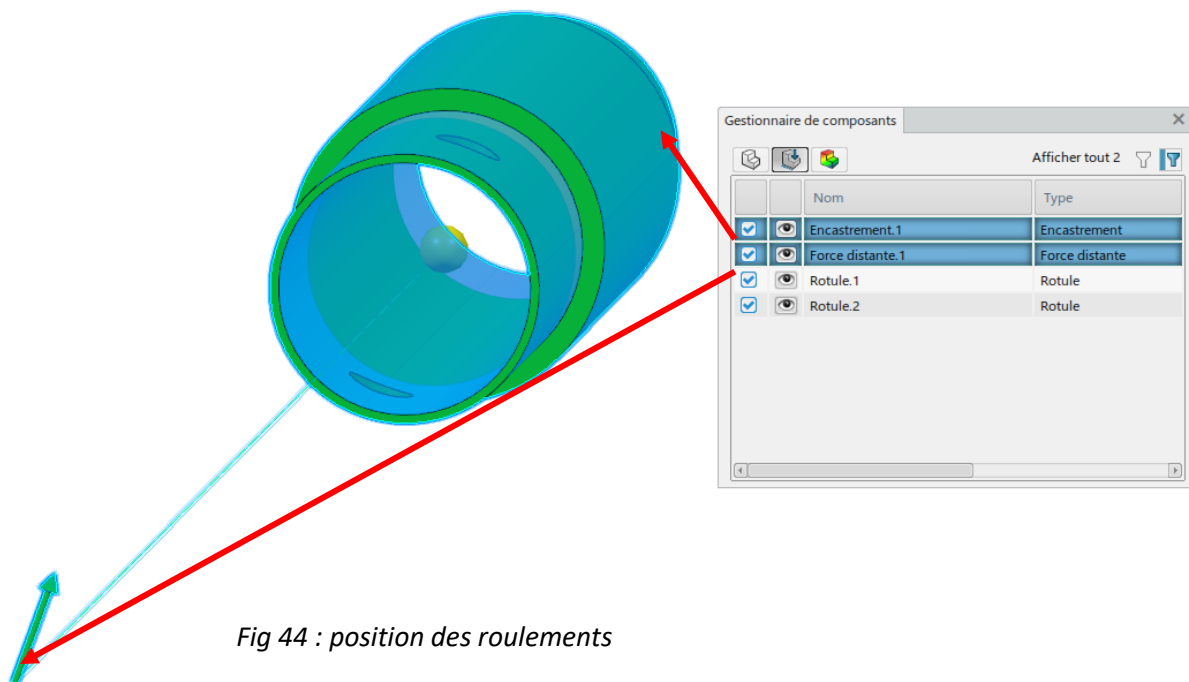
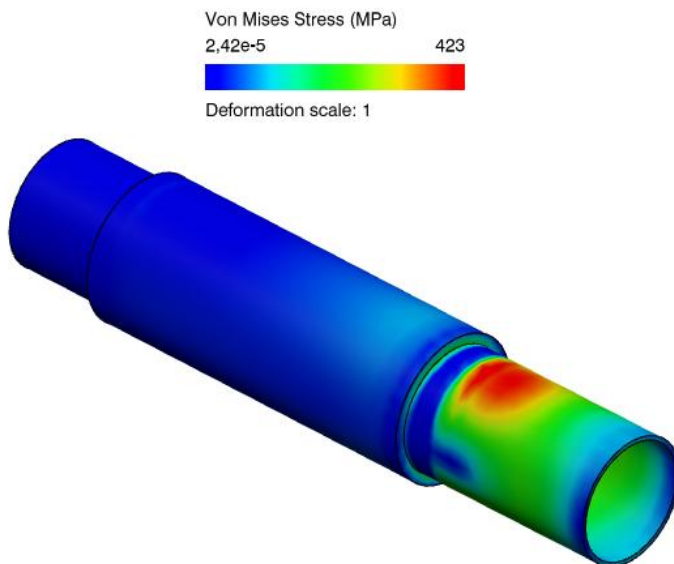


Fig 44 : position des roulements

Ensuite j'ai représenté l'encastrement de l'arbre sur l'accouplement élastique et pour finir, j'ai appliqué la force de poussée de 2200N sur un point qui se situe au centre du rotor.

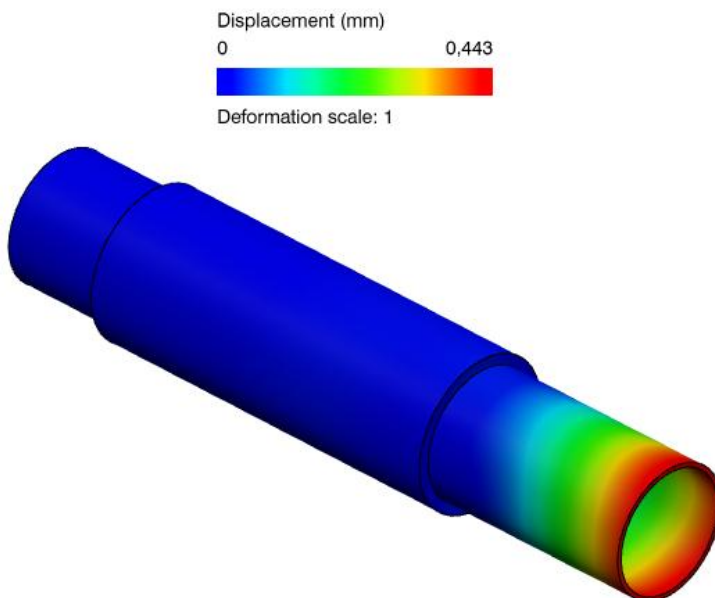
Ensuite grâce à cela j'ai pu simuler la résistance de l'arbre de guidage avec l'application Structural Validation et j'obtiens les résultats suivants :

### Résultat Von Mises :



*Fig 45 : simulation Von Mises*

### Résultat Déplacement :



*Fig 46 : simulation déplacement*

Sur ces résultats, nous pouvons nous apercevoir que la contrainte maximale est de 423Mpa ce qui est inférieure à la limite élastique de l'acier qui est de 1000Mpa. Donc on obtient un coefficient de sécurité de 2. Nous obtenons également un déplacement de 0.443mm.

Cependant je devais réaliser une nouvelle simulation sur l'arbre de guidage, car une nouvelle solution pour la fixation du système d'orientation sur le carénage des rotors a été prise en compte. Cette solution est le maintien de l'arbre sur le carénage grâce à une goupille.

### Résultat Von Mises :

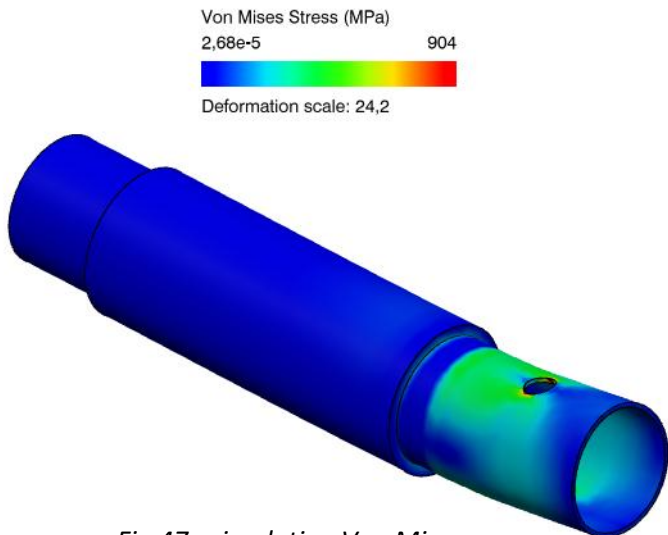


Fig 47 : simulation Von Mises

### Résultat déplacement :

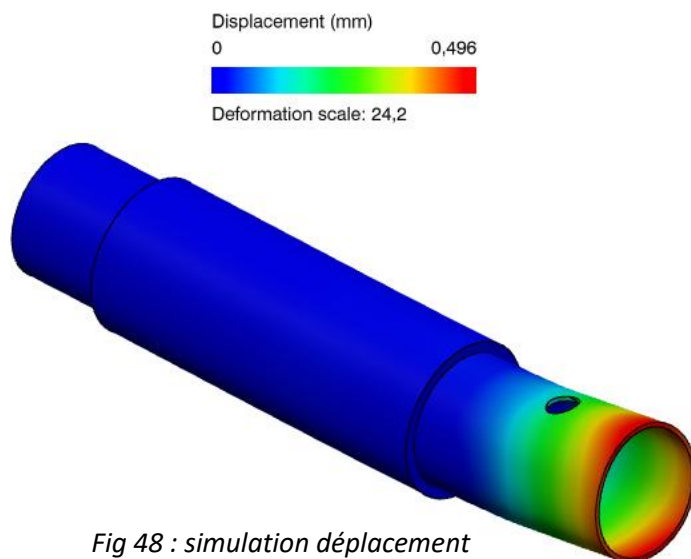


Fig 48 : simulation déplacement

Sur ces résultats, nous constatons que la contrainte maximale est de 904Mpa ce qui est inférieure à la limite élastique, mais qui est bien trop proche de la limite élastique maximale. Nous obtenons également un déplacement de 0.496mm.

Pour donner suite à cette deuxième simulation, nous pouvons essayer de trouver un matériau qui résiste à ces efforts, et possédant une limite élastique plus importante pour avoir un coefficient de sécurité plus important.

## 6. Devis de masse

Le devis de masse permet de déterminer la répartition de la masse de chaque partie. Ici nous retrouvons uniquement la partie qui m'a été attribué, soit l'orientation des rotors et également les ailes. Il permet également de retrouver les références des composants qu'on doit acheter et les pièces à usiner. Ce devis de masse permet de se rendre compte si on respecte ou non le poids souhaité inscrit dans le cahier des charges.

### Mini Bee Ambulance

Devis de poids	Composant	Fabricant	Référence	Masse (kg)	Quantité	Masse totale (kg)	Répartition n %	Coût (€)
<b>Orientation des rotors</b>								
Moteur	✓	EMRAX		20,3	4	81,2		
Hélice	✓			2,2	4	8,8		
Moteur d'orientation	✓	maxon	RE 50 Ø50 mm,	1,1	4	4,4		
réducteur	✓	maxon	GP 62 A Ø62 mm	0,95	4	3,8		
Accouplement élastique	✓	Hutchinson	Straflex accouplement	3	4	12		
arbre de guidage	✗			2,393	4	9,572		
plaque de fixation	✗			0,162	4	0,648		
roulement conique	✓	SKF	32912	0,3	8	2,4		
boitier roulement	✗			9,505	4	38,02		
chapeau	✗			0,561	4	2,244		
plaque roulement	✗			0,146	8	1,168		
vis M5X18	✓			0,004	12	0,048		
vis M5X12	✓			0,003	16	0,048		
<b>Sous-total Orientation des rotors</b>						<b>164,348</b>	<b>60,54 %</b>	<b>0</b>
<b>Ailes</b>								
nervure	✓			0,334	12	4,008		
Tubes 40*40*2 L=	✓			3,307	16	52,912		
habillage aile	✓			12,545	4	50,18		
<b>Sous-total ailes</b>						<b>107,1</b>	<b>39,46 %</b>	<b>0</b>
<b>Total Masse MiniBee Chargé</b>						<b>271,448 kg</b>	<b>100,00 %</b>	<b>0</b>
<b>Total Masse MiniBee vide</b>						<b>271,448 kg</b>		
<b>Poids MiniBee chargé</b>						<b>2662,9 N</b>		
<b>Poids MiniBee à vide</b>						<b>2662,9 N</b>		

Fig 49 : devis de masse

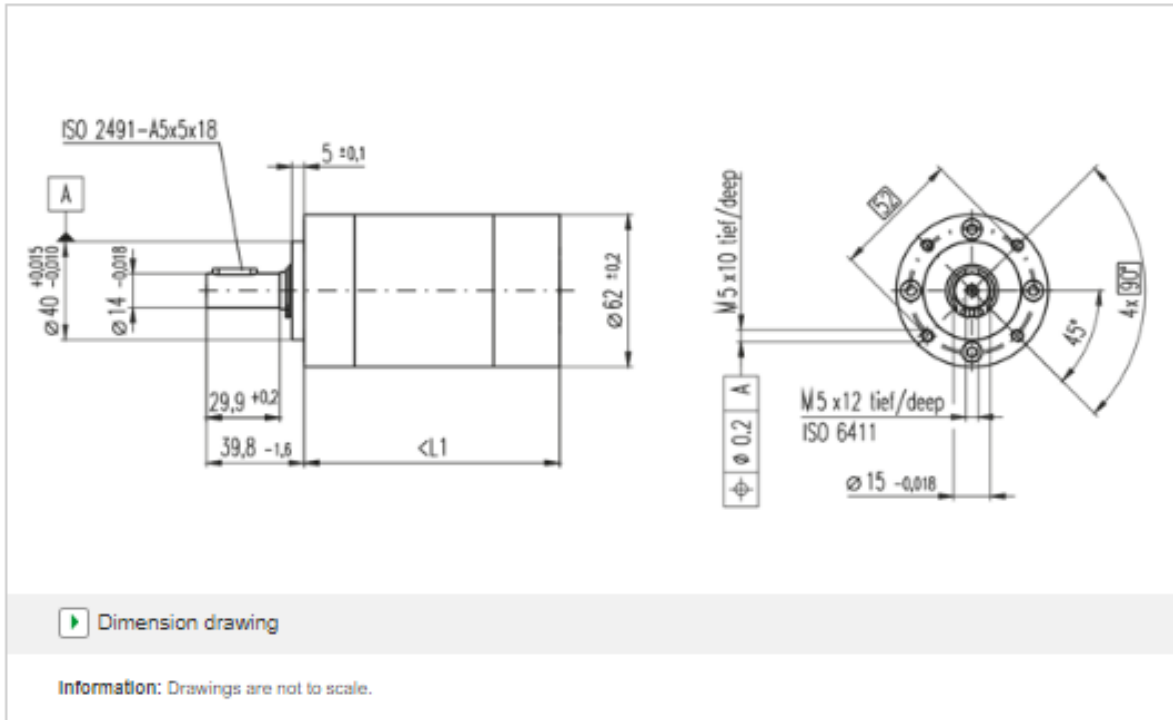
## VI. Conclusion

Pour conclure sur ce projet, ce fut une expérience très enrichissante du fait de travailler en collaboration avec d'autres étudiants et entreprises. J'ai appris à travailler en équipe, afin que chacun prenne en compte son environnement tout en mettant à profit mes connaissances. La partie du système d'orientation détient maintenant les composants nécessaires et le plus adaptés pour son bon fonctionnement, tout en étant optimisé. Cependant, par le manque de temps je n'ai pu optimiser le système de fixation de l'arbre sur le carénage des rotors.

## Annexe

### Fiche technique moteur :

#### Technical illustrations



#### General information

Gearhead type	GP
Outer diameter	62 mm
Version	Standard version

#### Gearhead Data

Reduction	71 : 1
Absolute reduction	226223/3179
Max. motor shaft diameter	8 mm
Number of stages	3
Max. continuous torque	50 Nm
Max. intermittent torque	75 Nm
Direction of rotation, drive to output	=
Max. efficiency	70 %
Average backlash no load	2 °
Mass inertia	104 gcm <sup>2</sup>
Gearhead length (L1)	104.2 mm
Max. transmittable power (continuous)	220 W
Max. transmittable power (intermittent)	330 W

#### Technical Data

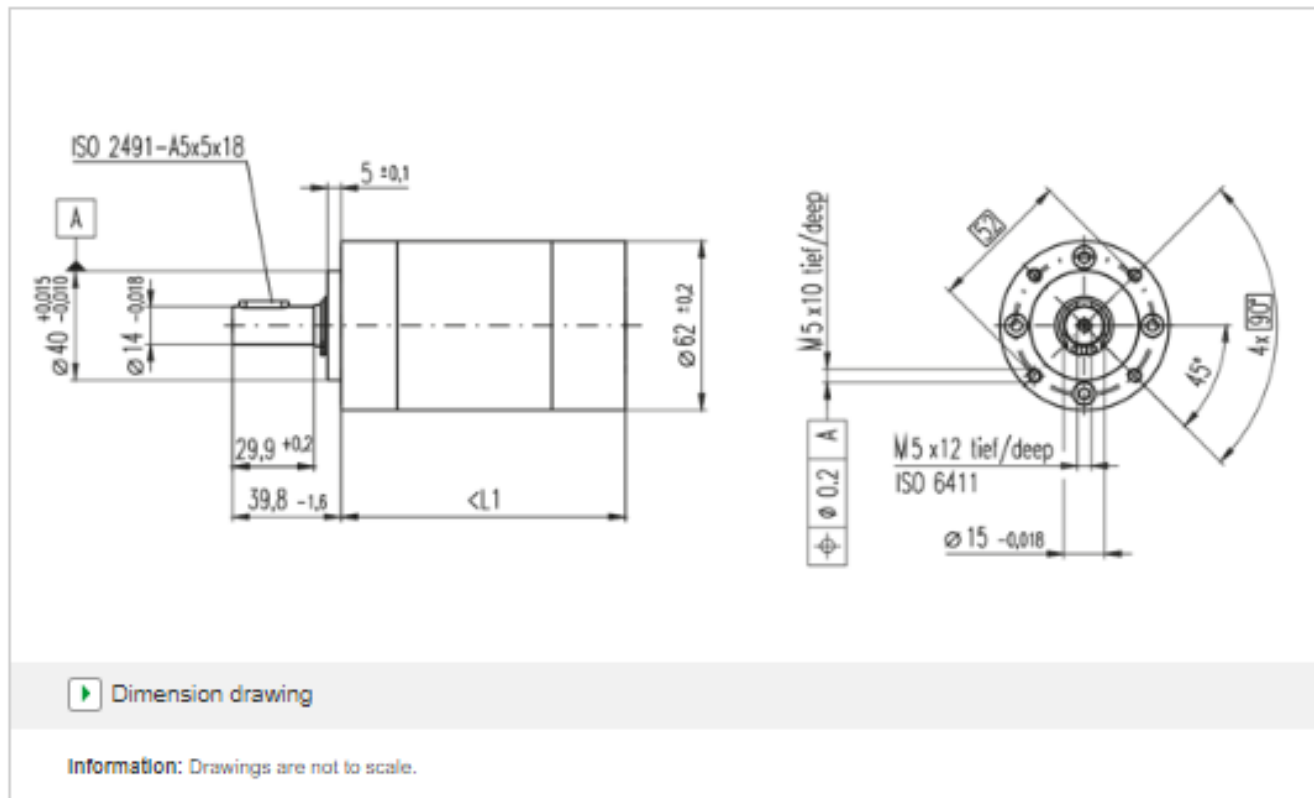
Radial play	max. 0.08 mm, 7 mm from flange
Axial play	max. 1 mm
Max. radial load	570 N, 24 mm from flange
Max. axial load (dynamic)	120 N
Max. force for press fits	1000 N
Max. continuous input speed	3000 rpm
Max. intermittent input speed	3000 rpm
Recommended temperature range	-30...+140 °C
Number of autoclave cycles	0

#### Product

Weight	1500 g
--------	--------

## Réducteur :

### Technical illustrations



#### General information

Gearhead type	GP
Outer diameter	62 mm
Version	Standard version

#### Gearhead Data

Reduction	5.2 : 1
Absolute reduction	57/11
Max. motor shaft diameter	8 mm
Number of stages	1
Max. continuous torque	8 Nm
Max. intermittent torque	12 Nm
Direction of rotation, drive to output	=
Max. efficiency	80 %
Average backlash no load	1 °
Mass inertia	109 gcm <sup>2</sup>
Gearhead length (L1)	72.5 mm
Max. transmittable power (continuous)	480 W
Max. transmittable power (intermittent)	720 W

#### Technical Data

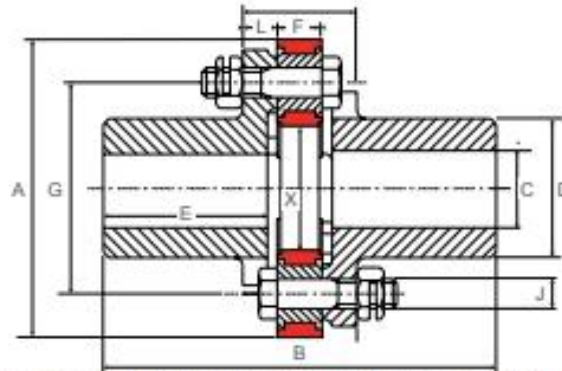
Radial play	max. 0.08 mm, 7 mm from flange
Axial play	max. 1 mm
Max. radial load	240 N, 24 mm from flange
Max. axial load (dynamic)	120 N
Max. force for press fits	1000 N
Max. continuous input speed	3000 rpm
Max. intermittent input speed	3000 rpm
Recommended temperature range	-30...+140 °C
Number of autoclave cycles	0

#### Product

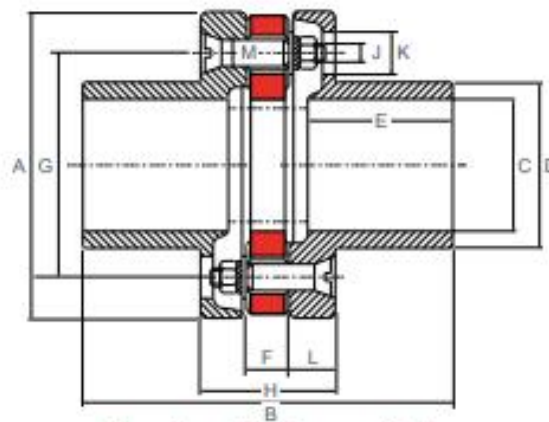
Weight	950 g
--------	-------



## Accouplement élastique :

**CARACTÉRISTIQUES DIMENSIONNELLES**

Montage de la référence 635301, 635302, 635303, 635304

**Manchons livrés non alésés****Montage des références 635105, 635106, 635107 : vis à tête fraisée**

**Nota :** pour l'accouplement 635100, les boulons sont remplacés par des doigts soudés, de ce fait, le montage de l'élément se fait par emboîtement.

Réf.	Couple nominal TCN (N.m)	Couple maxi (N.m)	Vitesse maxi (tr/min)	Alésage C (mm)		A (mm)	B (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	H (mm)	J (mm)	K (mm)	L (mm)	M (mm)	X* (mm)	Poids (kg)
				mini	max													
635100	50	100	6 000	-	30	78	80	43	32	12	50	32	-	-	8	7,8	20	1,3
635301	100	200	5 500	-	30	94	115	42	40	15	65	37	10	-	11	-	28	1,6
635302	200	400	5 000	-	40	120	158	56	66	18	85	46	12	-	14	-	40	3
635303	400	800	4 500	-	48	140	171	68	70	21	100	55	14	-	17	-	44	5,5
635304	800	1 600	3 500	-	60	178	222	90	93	28	132	68	16	-	21	-	66	12
635105	1 600	3 200	2 800	-	100	232	280	126	110	32	170	102	14	32	35	20	86	36
635106	3 200	6 400	2 400	-	110	268	340	142	123	42	190	130	16	37	44	24	94	50
635107	6 000	12 000	2 000	-	145	330	424	184	160	48	240	136	16	37	44	24	120	97

1 N.m = 0,1 mkg

Pour connaître la disponibilité de nos pièces, veuillez nous consulter.

Le couple maxi est considéré comme un couple de démarrage peu fréquent et non périodique.

**NOMENCLATURE**

Référence accouplement	Élément élastique		Manchon	
	Référence	Nbre	Référence	Nbre
635100	635631	1	331100	2
635105	635636	1	321828	2
635106	635637	1	331106	2
635107	635619	1	331107	2

Référence accouplement	Élément élastique		Manchon	
	Référence	Nbre	Référence	Nbre
635301	635632	1	321315	2
635302	635633	1	321325	2
635303	635634	1	321335	2
635304	635635	1	321345	2

## Roulements à rouleaux coniques à une rangée :

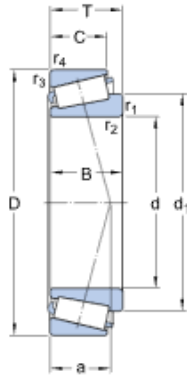
### 32912

SKF Explorer

Série de dimensions

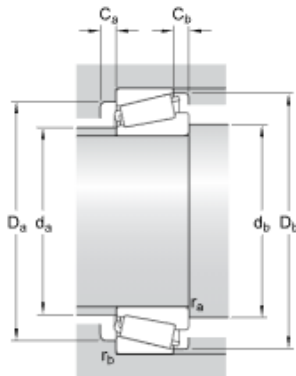
2BC

### Dimensions



d	60	mm
D	85	mm
T	17	mm
d <sub>1</sub>	≈ 73.8	mm
B	17	mm
C	14	mm
r <sub>1,2</sub>	min. 1	mm
r <sub>3,4</sub>	min. 1	mm
a	15.452	mm

### Dimensions d'appui



d <sub>a</sub>	max. 67	mm
d <sub>b</sub>	min. 68	mm
D <sub>a</sub>	min. 78	mm
D <sub>a</sub>	max. 78	mm
D <sub>b</sub>	min. 81	mm
C <sub>a</sub>	min. 3	mm
C <sub>b</sub>	min. 3	mm
r <sub>a</sub>	max. 1	mm
r <sub>b</sub>	max. 1	mm

### Données de calcul

Charge dynamique de base

C 53.2 kN

Charge statique de base

C<sub>0</sub> 75 kN

Limite de fatigue

P<sub>u</sub> 7.8 kN

Vitesse de référence

6000 r/min

Vitesse limite

7000 r/min

Coefficient de calcul

e 0.33

Coefficient de calcul

Y 1.8

Coefficient de calcul

Y<sub>0</sub> 1

### Masse

Masse du roulement

0.3 kg

## Matériaux choisis :

Aluminium 7175T6

### General information

#### Designation (i)

7175, wrought

Condition	<span>(i)</span>	T66 (Solution heat-treated and artificially aged)
UNS number	<span>(i)</span>	A97175
EN name	<span>(i)</span>	EN AW-7175 (EN AW-Al Zn5,5MgCu(B))

#### Typical uses (i)

Die and hand forgings for structural parts requiring very high strength, such as aircraft components. T736 tempers supply high strength, resistance to exfoliation corrosion and stress-corrosion cracking, high fracture toughness, and good fatigue resistance.

### Composition overview

#### Compositional summary (i)

Al88-91 / Zn5.1-6.1 / Mg2.1-2.9 / Cu1.2-2 / Cr0.18-0.28 (impurities: Fe<0.2, Si<0.15, Mn<0.1, Ti<0.1, Other<0.15)

Material family	<span>(i)</span>	Metal (non-ferrous)
Base material	<span>(i)</span>	Al (Aluminum)

### Composition detail (metals, ceramics and glasses)

Al (aluminum)	<span>(i)</span>	* 88	- 91,4	%
Cr (chromium)	<span>(i)</span>	0,18	- 0,28	%
Cu (copper)	<span>(i)</span>	1,2	- 2	%
Fe (iron)	<span>(i)</span>	0	- 0,2	%
Mg (magnesium)	<span>(i)</span>	2,1	- 2,9	%
Mn (manganese)	<span>(i)</span>	0	- 0,1	%
Si (silicon)	<span>(i)</span>	0	- 0,15	%
Ti (titanium)	<span>(i)</span>	0	- 0,1	%
Zn (zinc)	<span>(i)</span>	5,1	- 6,1	%
Other	<span>(i)</span>	0	- 0,15	%

### Price

Price	<span>(i)</span>	* 3,4	- 3,61	EUR/kg
Price per unit volume	<span>(i)</span>	* 9,49e3	- 1,01e4	EUR/m <sup>3</sup>

**Acier inoxydable 316L :****Propriétés générales**

Masse Volumique	ⓘ	7,6e3	-	8,1e3	kg/m <sup>3</sup>
Prix	ⓘ	* 5,02	-	5,46	EUR/kg
Date de première utilisation ("-" signifie "Avant Jésus Christ")	ⓘ	1915			

**Propriétés mécaniques**

Module de Young	ⓘ	189	-	210	GPa
Module de cisaillement	ⓘ	74	-	84	GPa
Module de compressibilité	ⓘ	134	-	151	GPa
Coefficient de Poisson	ⓘ	0,265	-	0,275	
Limite élastique	ⓘ	170	-	1e3	MPa
Résistance en traction	ⓘ	480	-	2,24e3	MPa
Résistance à la compression	ⓘ	170	-	1e3	MPa
Allongement	ⓘ	5	-	70	% strain
Mesure de dureté Vickers	ⓘ	130	-	570	HV
Limite de fatigue	ⓘ	* 175	-	753	MPa
Ténacité	ⓘ	62	-	150	MPa.m <sup>0.5</sup>
Coefficient d'amortissement (tan delta)	ⓘ	* 2,9e-4	-	0,00148	

**Propriétés thermiques**

Température de fusion	ⓘ	1,37e3	-	1,45e3	°C
Température maximale d'utilisation	ⓘ	750	-	820	°C
Température minimale d'utilisation	ⓘ	-272	-	-271	°C
Conducteur ou isolant thermique?	ⓘ	Mauvais conducteur			
Conductivité thermique	ⓘ	12	-	24	W/m.°C
Chaleur spécifique	ⓘ	450	-	530	J/kg.°C
Coefficient de dilatation	ⓘ	13	-	20	μstrain/°C

**Propriétés électriques**

Conducteur ou isolant électrique?	ⓘ	Bon conducteur			
Résistivité électrique	ⓘ	64	-	107	μohm.cm

**Propriétés optiques**

Transparent ou opaque?	ⓘ	Opaque			
------------------------	---	--------	--	--	--