

Document de fin de projet

Club SupSat's, IUT de Nîmes

Fusée Expérimentale

THORONDOR

Boccoz Adrien
Étudiant 2^{ème} année GMP

Dubois Aurélien
Étudiant 2^{ème} année GMP

Faizeau Magali
Étudiante 2^{ème} année GMP



SOMMAIRE

I. Introduction	p.3
II. Description mécanique	
II.1 Aperçu général	p.4
II.2 Aérofreins	p.6
II.3 Diaphragme propulseur	p.9
III. Description électronique et informatique	p.10
IV. Expérience	p.14
V. ANNEXES	p.17
Analyse fonctionnelle et cahier des charges de la case aérofreins	
Stabtraj	
Désignation des bagues	
Dessins de définition des bagues	

Introduction

Présentation :

Le projet FUSEX est un projet de fin d'étude mené par des étudiants de diverses formations proposées par l'IUT de Nîmes (GEII, SGM, GMP).

Il a pour but la conception, la réalisation et le lancement d'une fusée expérimentale par des étudiants.

Le projet THORONDOR est un projet FUSEX mené par 3 étudiants de 2^{ème} année de formation Génie Mécanique et Productique durant l'année scolaire 2017-2018 : Magali Faizeau, Aurélien Dubois et Adrien Boccoz.

Il a pour but l'étude des effets d'un système d'aérofreins sur les conditions de vol et la trajectoire de la fusée .

Organisation du groupe de travail :

Gestion de projet : Boccoz Adrien

Conception : Boccoz Adrien

Usinage et fabrication : Dubois Aurélien, Faizeau Magali, Boccoz Adrien

Électronique embarquée : Faizeau Magali

II. Description mécanique

II.1 Aperçu général

Diamètre extérieur : 104mm
Hauteur : ~ 1,85m
Masse : ~ 5Kg
Propulsion : Moteur Pro 54 « Barasinga »

La fusée est divisée en 4 sous ensembles principaux (*cf illustration ci-contre*) :

1 : Sous ensemble propulsion, comportant le centrage et le maintien en position du propulseur ainsi que les ailerons.

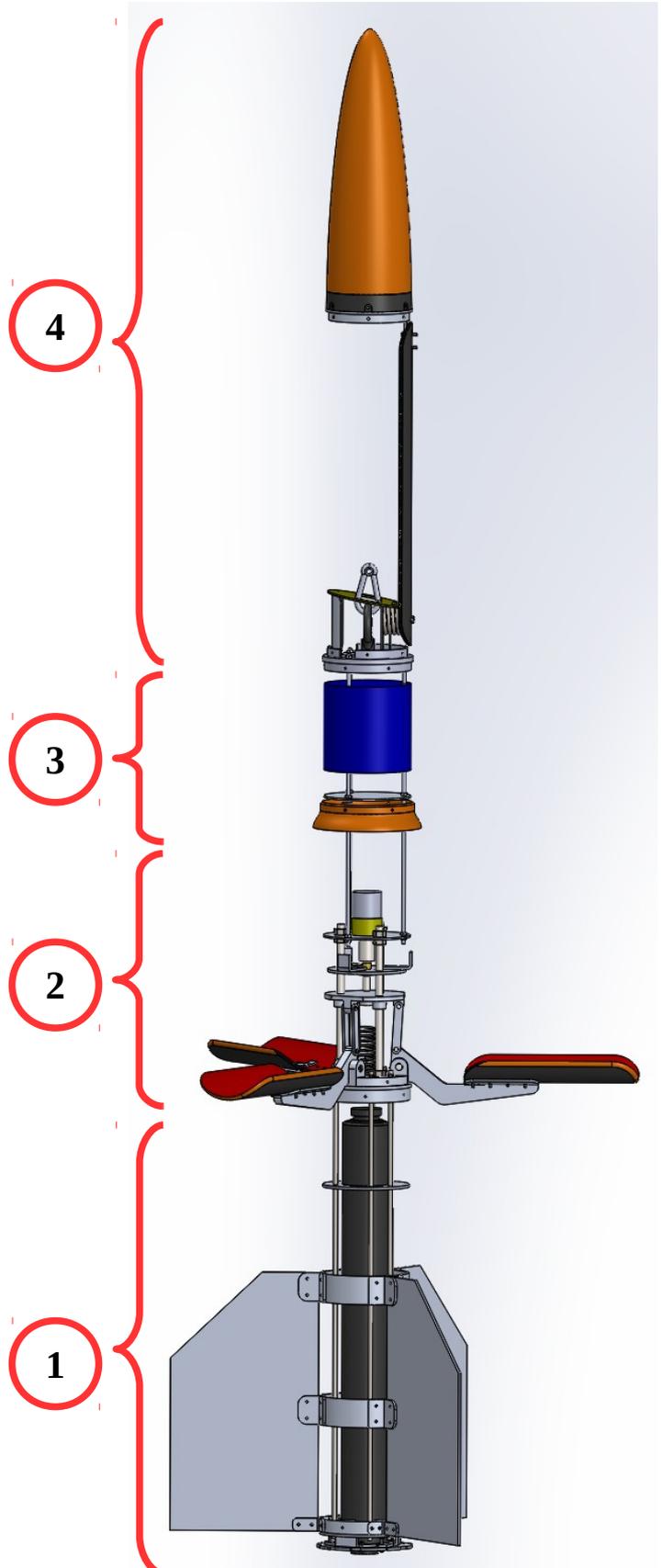
2 : Sous ensemble Aérofreins, comportant le mécanisme de l'expérience embarquée (cf II.2 Aérofreins).

3 : Sous ensemble électronique embarquée, comportant les système électroniques de l'expérience et du système récupération (cf III et IV).

4 : Sous ensemble de récupération et ogive, comportant le parachute et le système de libération de celui-ci.

Les peaux de la fusée sont réalisées en fibres de carbone stratifiées.

Les bagues sont usinées dans de l'aluminium pour une raison de gain de masse (cf annexe), bien que certaines pièces fortement sollicitées mécaniquement soient en acier.



La récupération de la fusée se fera par un parachute en forme de croix. Ce dernier sera libéré par une porte latérale, retenue pendant le vol par une ventouse électromagnétique et éjectée par un ressort.

La structure interne de la fusée est constituée de tiges filetées et d'entretoises, les peaux carbonées sont divisées en 3 parties : peau du sous ensemble de propulsion (1), peau du sous ensemble expérience, comprenant les sous ensembles Aérofreins et électronique embarquée (2-3), et peau du sous ensemble de récupération (4).

Les cartes électroniques et l'alimentation du système seront placées dans un support mécanique réalisé en impression 3D (*cf III. Description électronique et informatique*). Son emplacement dans la structure interne sera assuré par des entretoises placées sur les tiges filetées et des cloisons en tôle d'aluminium.

La reprise de la poussée du propulseur se fait par le contact entre la bague inférieure du propulseur Barasinga (Pro 54) et la bague de poussée de la fusée.

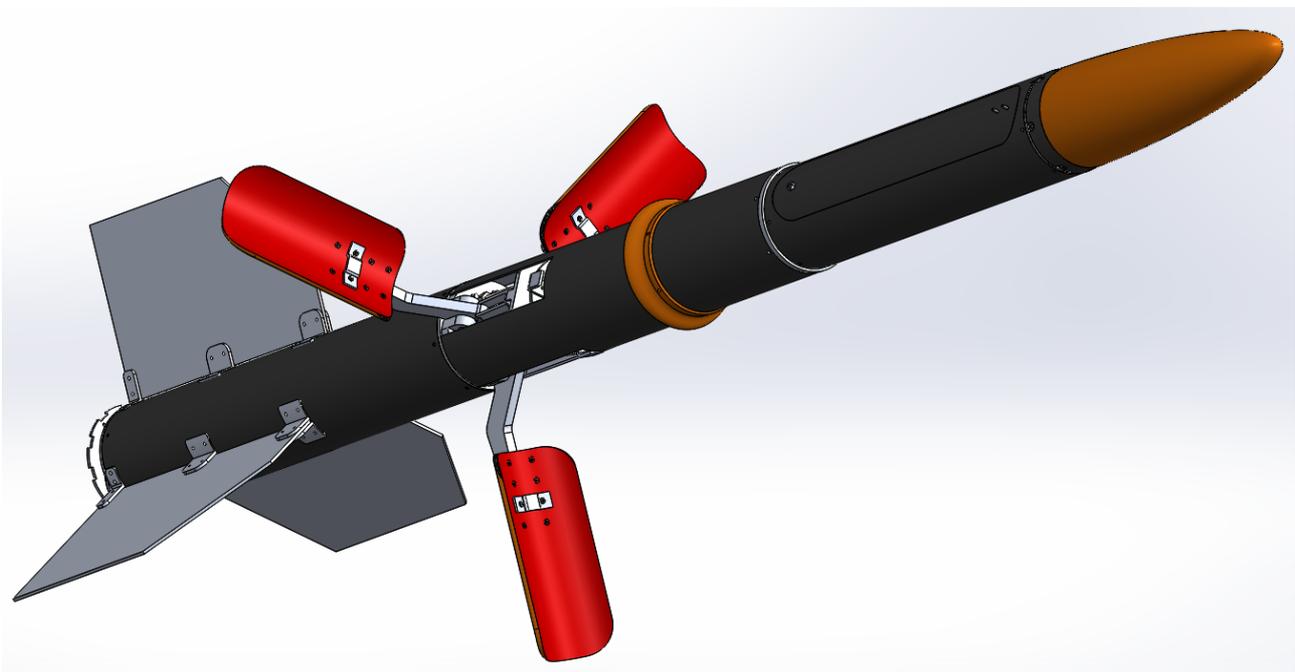
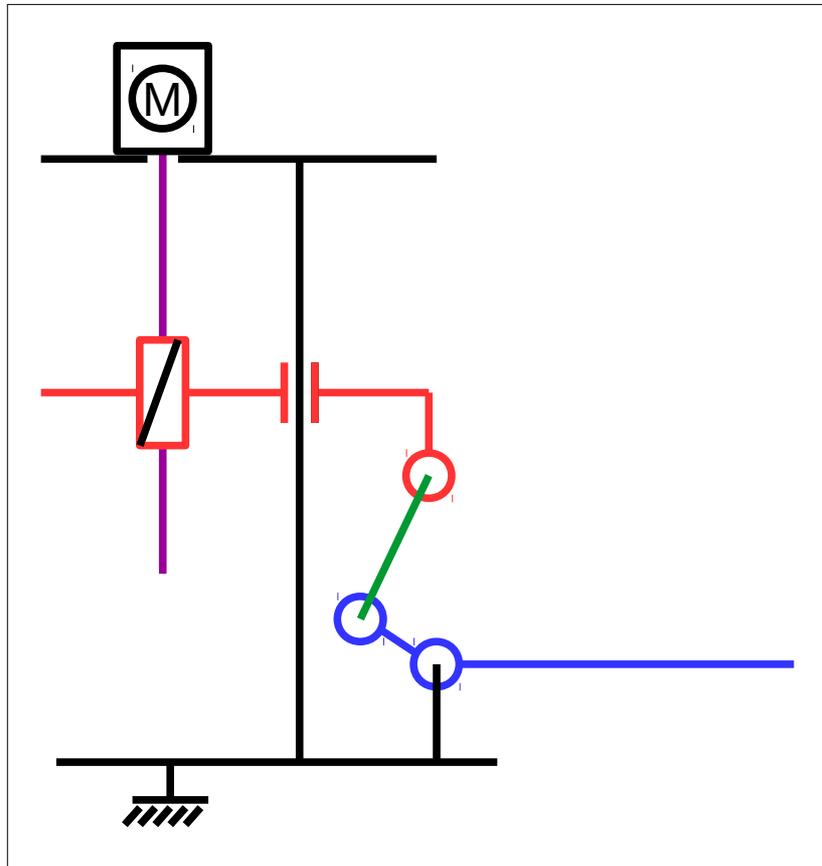


Illustration 1 : CAO de la fusée complète assemblée

II.2 Aérofreins



Dessin 1: Schéma cinématique du mécanisme d'aérofreins

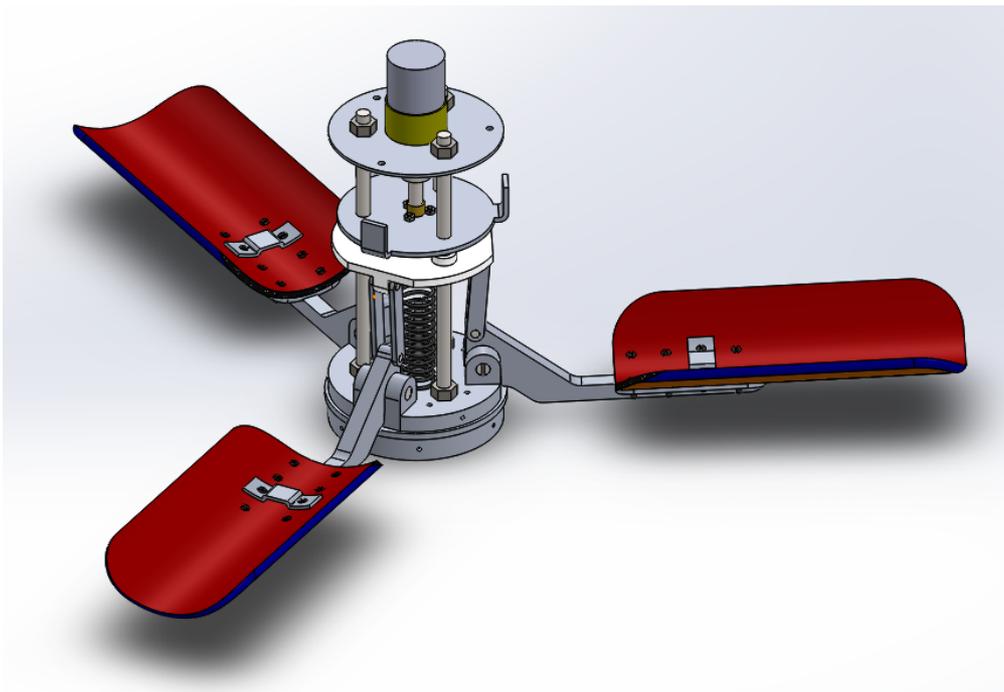
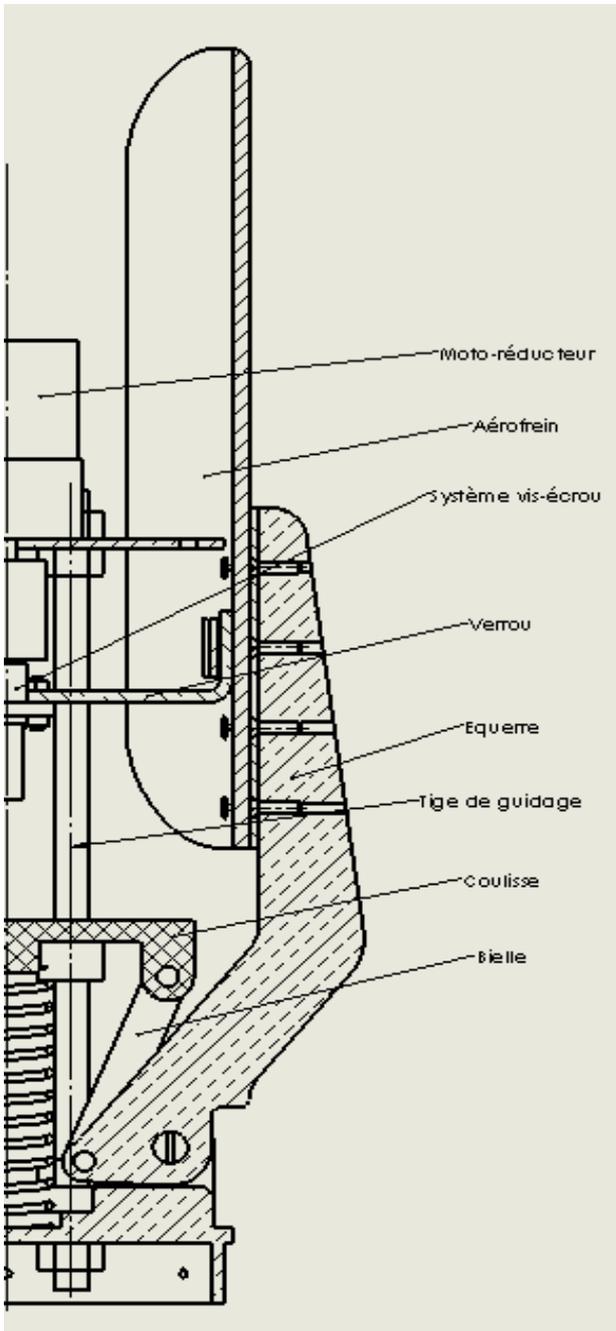
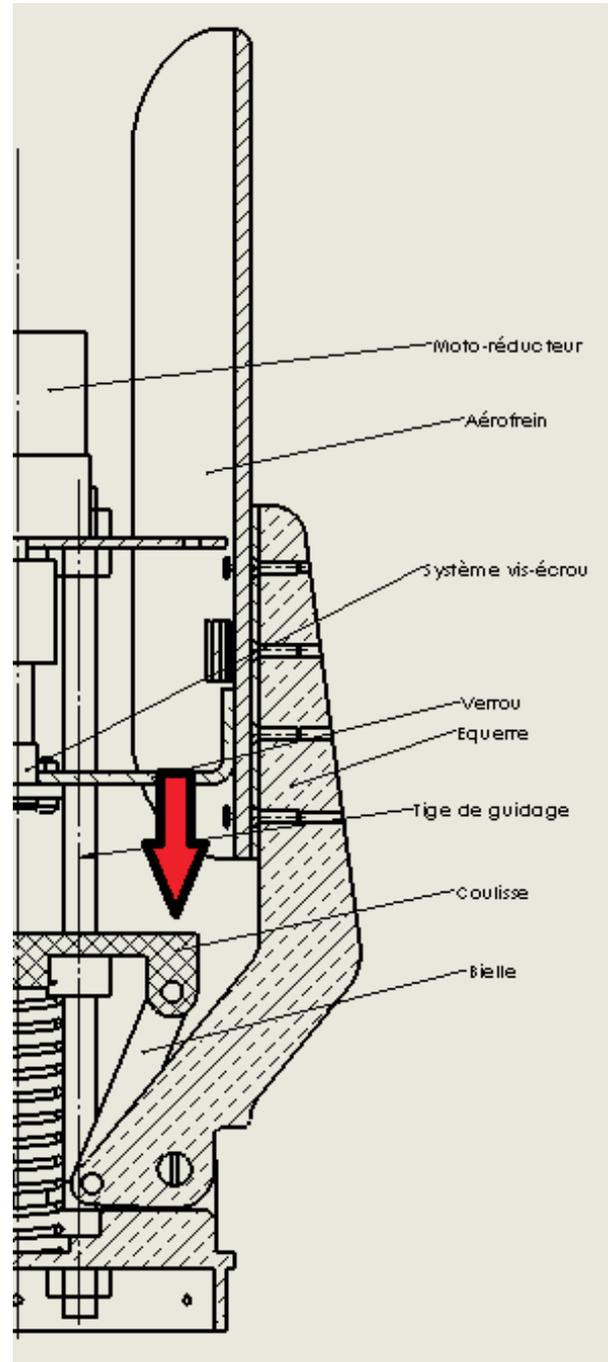


Illustration 2 : CAO du mécanisme d'aérofreins déployé

Mécanisme de déploiement :



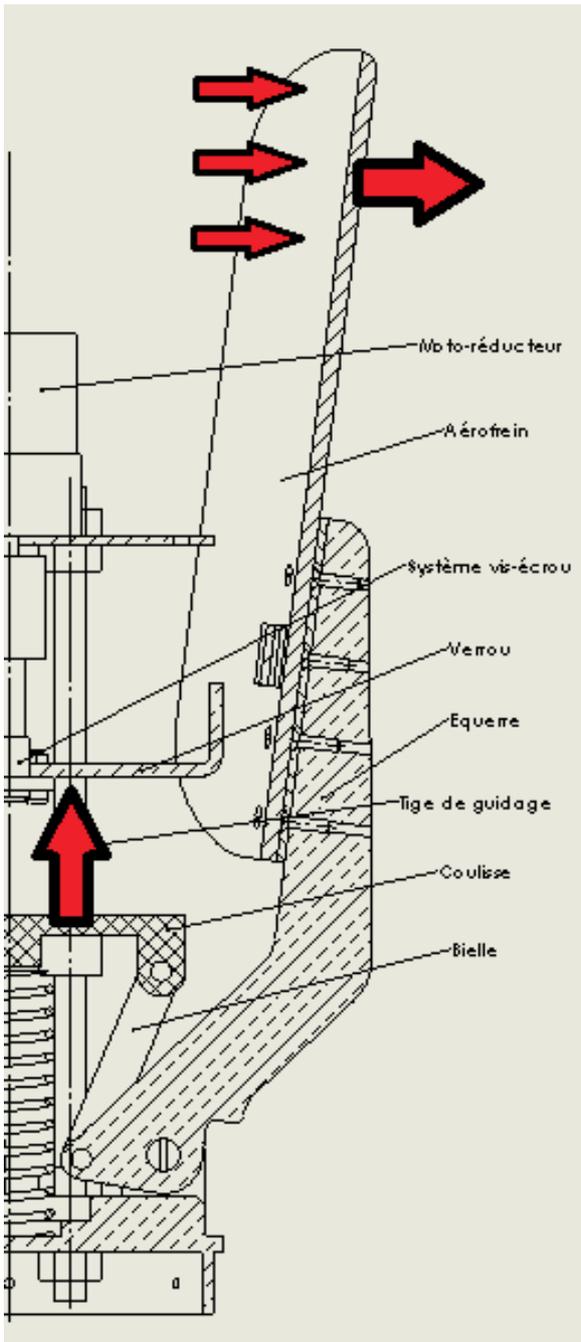
Phase 1 : Aérofreins fermés et verrouillés



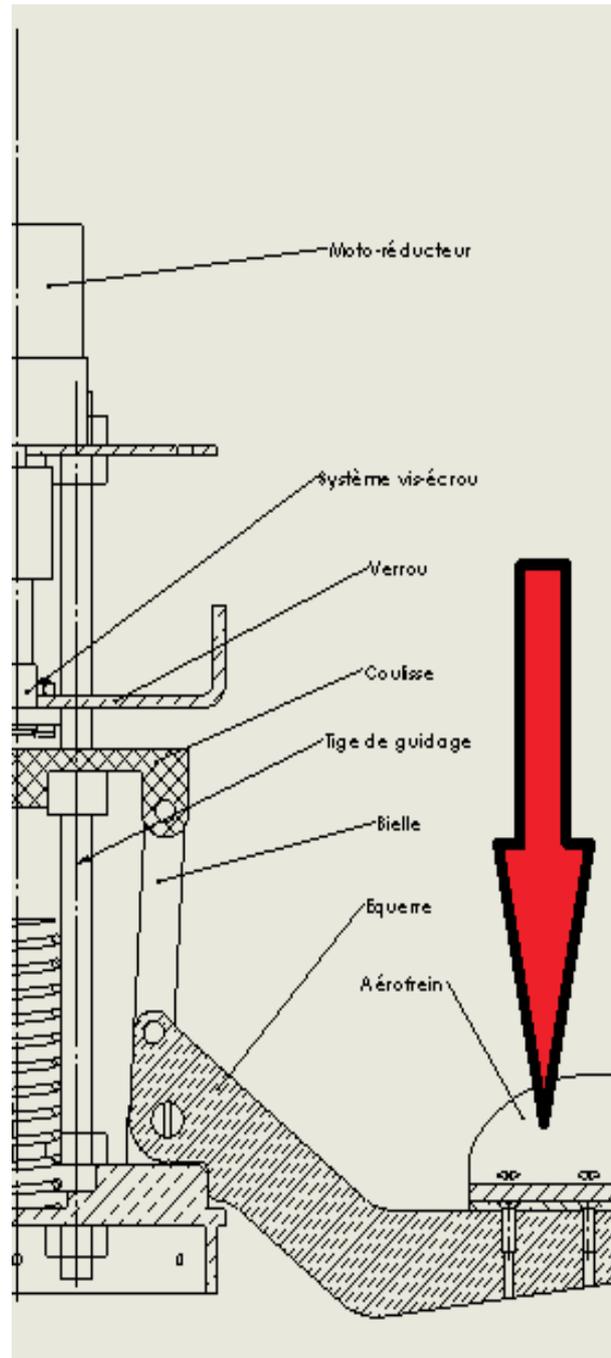
Phase 2 : Aérofreins déverrouillés

Phase 1 : Les aérofreins sont maintenus fermés grâce au système de verrou (moto-réducteur, système vis-écrou, verrou). Les pâles sont plaquées sur la peau de la fusée et un déflecteur situé sur la peau au-dessus des aérofreins diminue l'entrée d'air dans la partie haute des pâles.

Phase 2 : Grâce à la mise en rotation du système vis-écrou par le moteur, le verrou est désengagé.



Phase 4: Début d'ouverture des aérofreins



Phase 5: Aérofreins ouverts

Phase 3 : Suite au désengagement du verrou, le ressort placé sous la coulisse appui sur celle-ci afin d'entrouvrir les aérofreins (renvoie du mouvement de la coulisse aux équerres par bielles), l'air commence alors à s'engouffrer à l'intérieur de ceux-ci, accélérant leur ouverture.

Phase 4 : Les aérofreins sont totalement ouverts et les équerres reposent sur la bague inférieur afin de reprendre les efforts.

II.3 Diaphragme propulseur

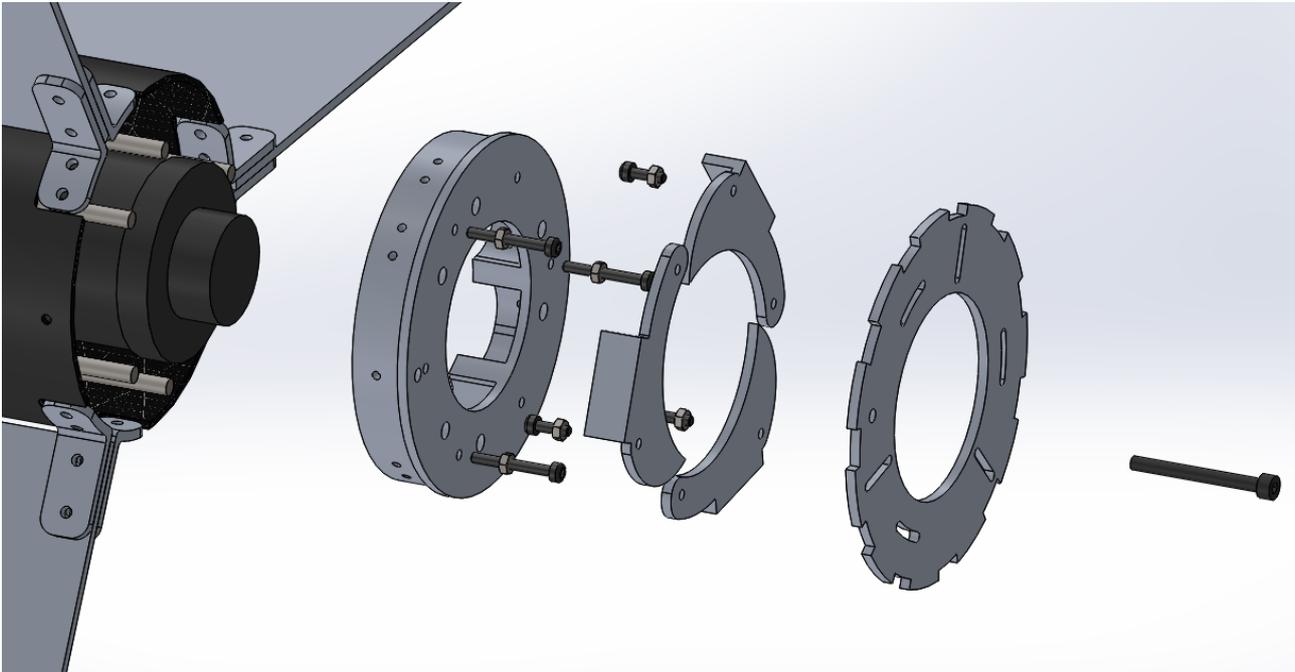


Illustration 3 : Éclaté du diaphragme propulseur.

Un système de diaphragme est conçu pour faciliter la mise en place et le maintien en position du propulseur par les pyrotechniciens lors du lancement.

La rotation du guide a pour effet de fermer les pales sur le propulseur, l'empêchant ainsi de retomber.

Une vis CHC M4, permet de verrouiller le système en position fermée.

III. Description électronique et informatique

Rappels :

Expérience : « Mesurer l'effet de nos aérofreins »
Commande des aérofreins : moteur CC de déverrouillage
Commande de l'ouverture du parachute : ventouse électromagnétique

Fonctions à réaliser:

- F1 : gérer la fenêtre d'action :
 - F1a : assurer la détection du tir
 - F1b : assurer la temporisation « interdiction d'action / autorisation »
 - F1c : assurer la temporisation « ouverture forcée du parachute »
- F2 : gérer l'expérience, stocker les données et assurer l'ouverture du parachute :
 - F2a : mesurer accélérations et rotations sur 3 axes
 - F2b : relever la position GPS
 - F2c : stocker les informations sur carte μ SD
 - F2c : commander l'ouverture des aérofreins (temporisation)
 - F2d : commander l'ouverture normale du parachute (temporisation ou apogée)
- F3 : « SEQ1 : AUCUNE LIAISON ÉLECTRIQUE, autre que la masse électrique, n'est autorisée entre les séquenceurs et entre chaque séquenceur et tout autre système électrique embarqué. »
- F4 : Assurer l'alimentation électrique (au moins 1h d'autonomie pour le séquenceur)

La fonction F1 est assurée par une double minuterie basée sur deux circuits NE555 en temporisation réglable. Le premier (de 0 à 30 sec) INTERDIT TOUTE ACTION des relais mécaniques à l'aide d'un relais solide statique, afin d'être indifférent aux effets de l'accélération. Le second (de 15 à 45s) FORCE L'OUVERTURE du parachute au cas où la commande normale d'ouverture (F2d) échouerait. La fonction F1 est réalisée avec deux cartes maison : une au « format Arduino » avec les relais statiques et les 555, et une autre carte accessible de l'extérieur (« tableau de bord » : LEDS + interrupteurs + potentiomètre). La deuxième temporisation est réglable de l'extérieur. La détection du tir se fait par l'arrachage d'une prise Jack.

La fonction F2 est assurée par un Arduino Uno R3 avec une carte 4 relais mécaniques (Arduino A000110), une carte maison au « format Arduino » intégrant une carte accéléromètres/gyroscopes (LSM9DSO), une carte GPS+ μ SD (Shield Mini GPS GPS-14030 avec son récepteur dans l'ogive), une horloge RTC avec sa pile. La communication se fait par bus I2C.

La fonction F3 est obtenue en couplant les 2 NE555 sur la même carte, en utilisant des optocoupleurs, en « bloquant » l'utilisation des relais mécaniques avec un relais statique.

La fonction F4 est obtenue par l'utilisation de deux piles de 9V, une pour les minuteries, une pour l'Arduino, ses cartes filles, le moteur CC et la ventouse électromagnétique.

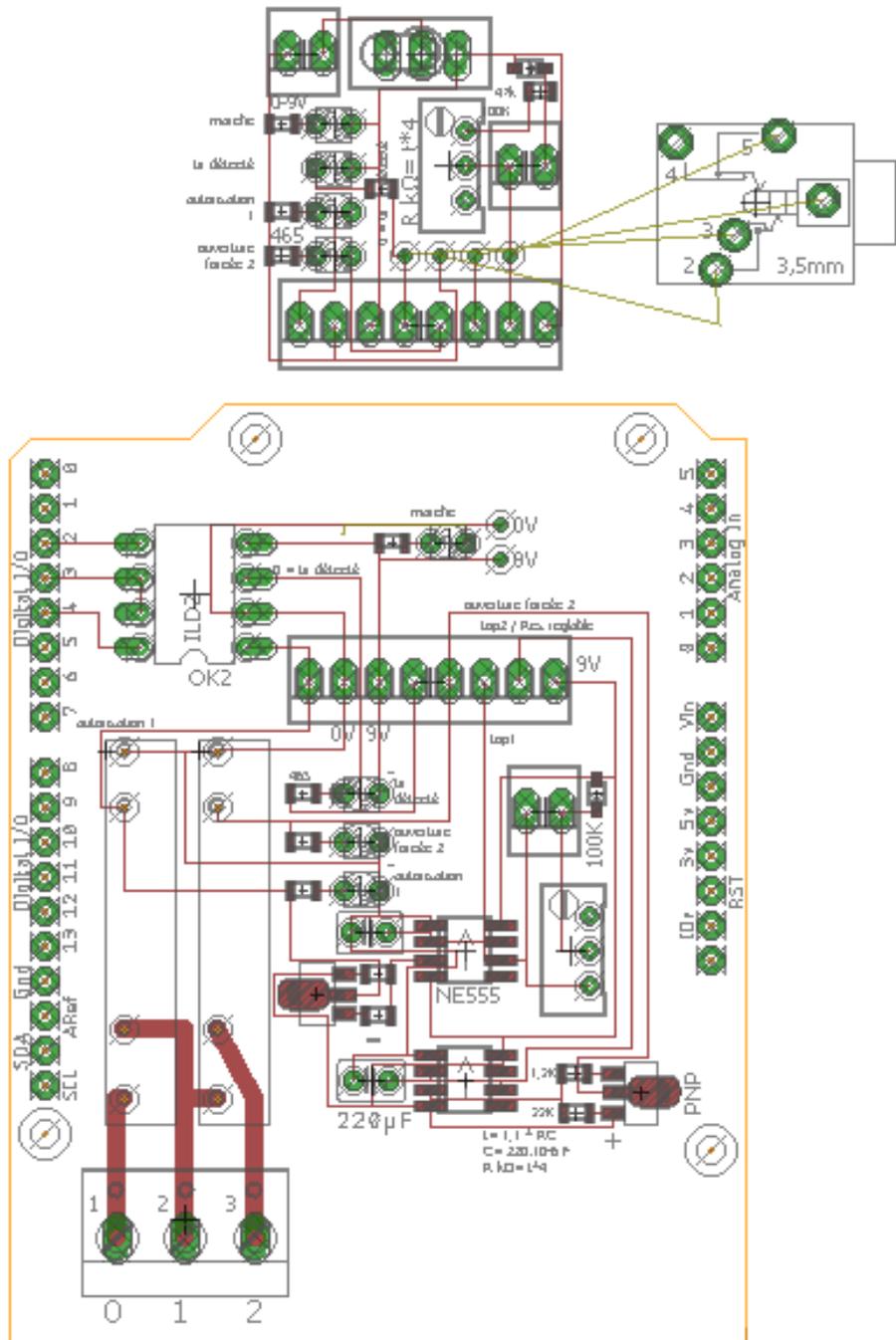
Les cartes au « format Arduino » sont empilées, la carte « tableau de bord » est verticale, le récepteur GPS est dans l'ogive. Les connections souples sont réalisées à l'aide de connections à verrouillage ou de brasures.

En résumé :

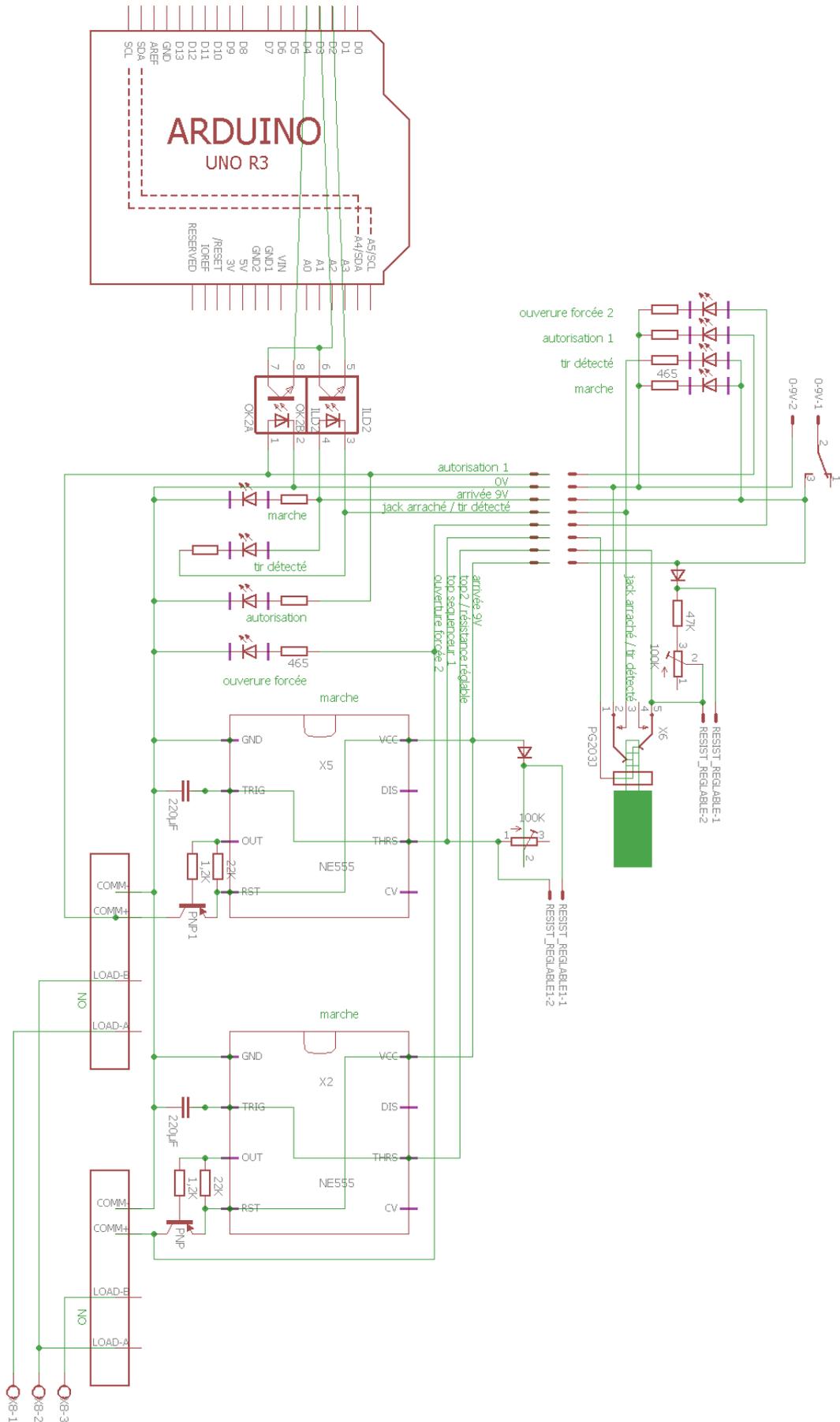
- Solutions :**
- détection du tir : prise Jack
 - minuterie : 2x NE555 pour une fenêtre « rien / autorisation / ouverture forcée »
 - utilisation d'un Arduino et de modules standards pour le reste

- Matériel :**
- 5 cartes :
 - empilage : 1 Arduino, 1 carte Ard. standard, 2 cartes maison au format Ard.
 - 1 carte maison sur support prototypé
 - deux piles de 9V, 1 moteur CC, 1 ventouse

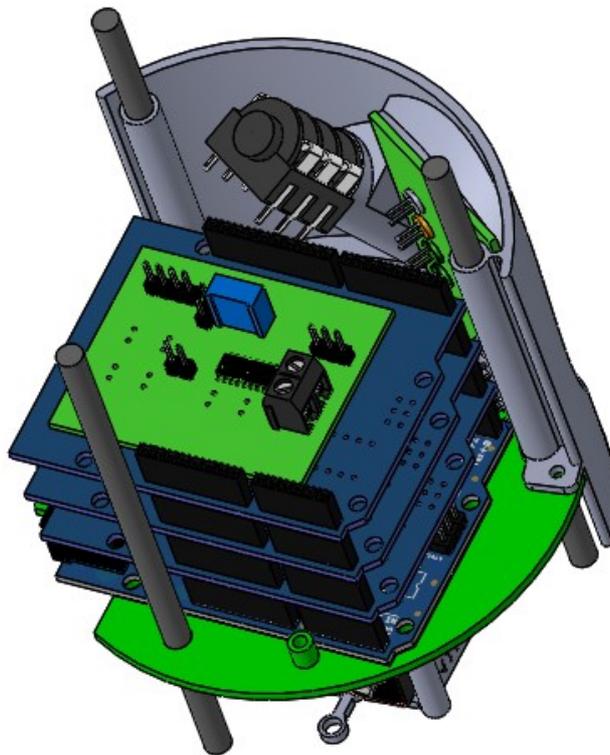
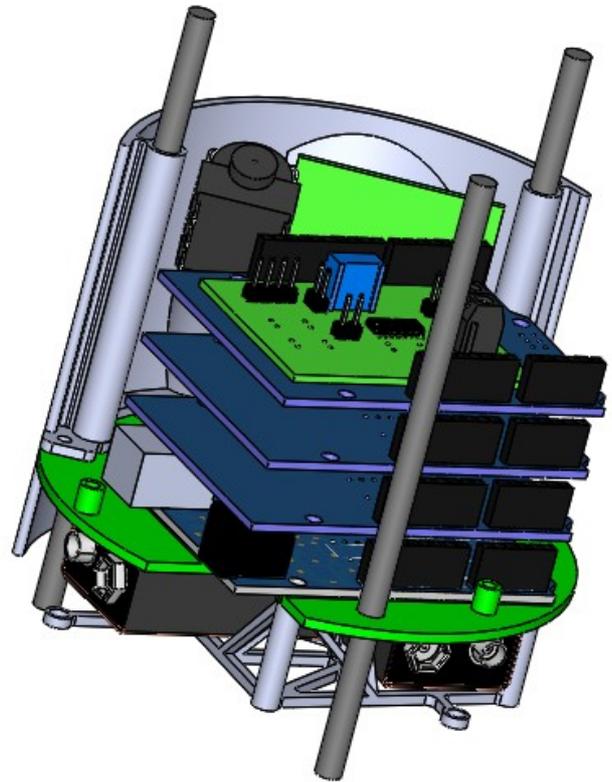
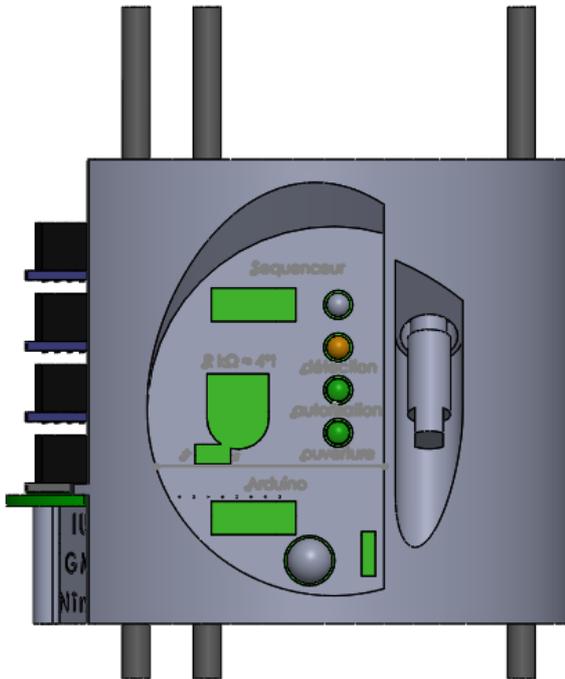
Version 4.6 des câblages de la minuterie :



Version 4.6 des schémas de la minuterie :



Vues Solidworks (version case-elec 3.2)

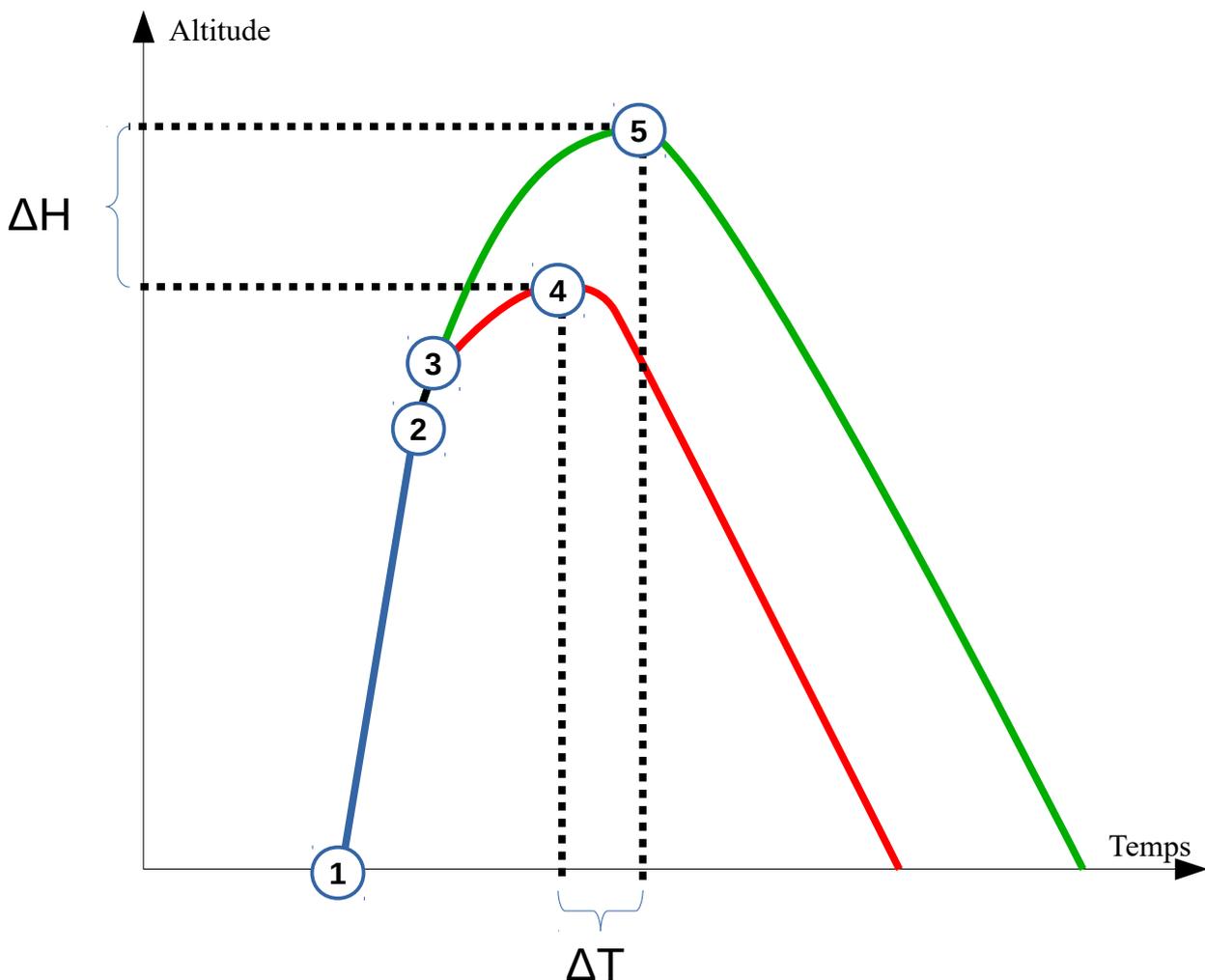


IV. Experience

L'expérience embarquée a pour but l'observation et l'étude des effets d'aérofreins sur les conditions de vol et la trajectoire de la fusée.

Pour ce faire, la case électronique de l'expérience embarquée comportera un accéléromètre afin de mesurer les variations de l'accélération de la fusée durant son vol. Un comparatif entre les valeurs théoriques attendues et les valeurs enregistrées sera alors réalisé.

Les données recueillies lors du vol (grâce à une carte SD, (cf III. Description électronique et informatique)) nous permettront de comparer l'altitude d'apogée et la durée de vol entre une trajectoire théorique sans déploiement des aérofreins, une trajectoire théorique avec déploiement des aérofreins et la trajectoire réelle.



 : Phase propulsée	1 : décollage
 : Trajectoire théorique sans aérofreins (Stabtraj)	2 : fin de la phase propulsée
 : Trajectoire avec aérofreins déployés	3 : ouverture des aérofreins
	4 : apogée aérofreins
	5 : apogée théorique Stabtraj

Nous obtenons les trajectoires théoriques avec et sans déploiement des aérofreins grâce à la feuille de calcul Stabtraj (*cf Illustration 4 et 5 ci-dessous*). Pour la seconde nous simulons l'ouverture d'un parachute de la même surface que les pales d'aérofreins et observons les données de trajectoire. Cela nous permet d'obtenir une plage de valeur estimées et un premier aperçu théorique de l'expérience.

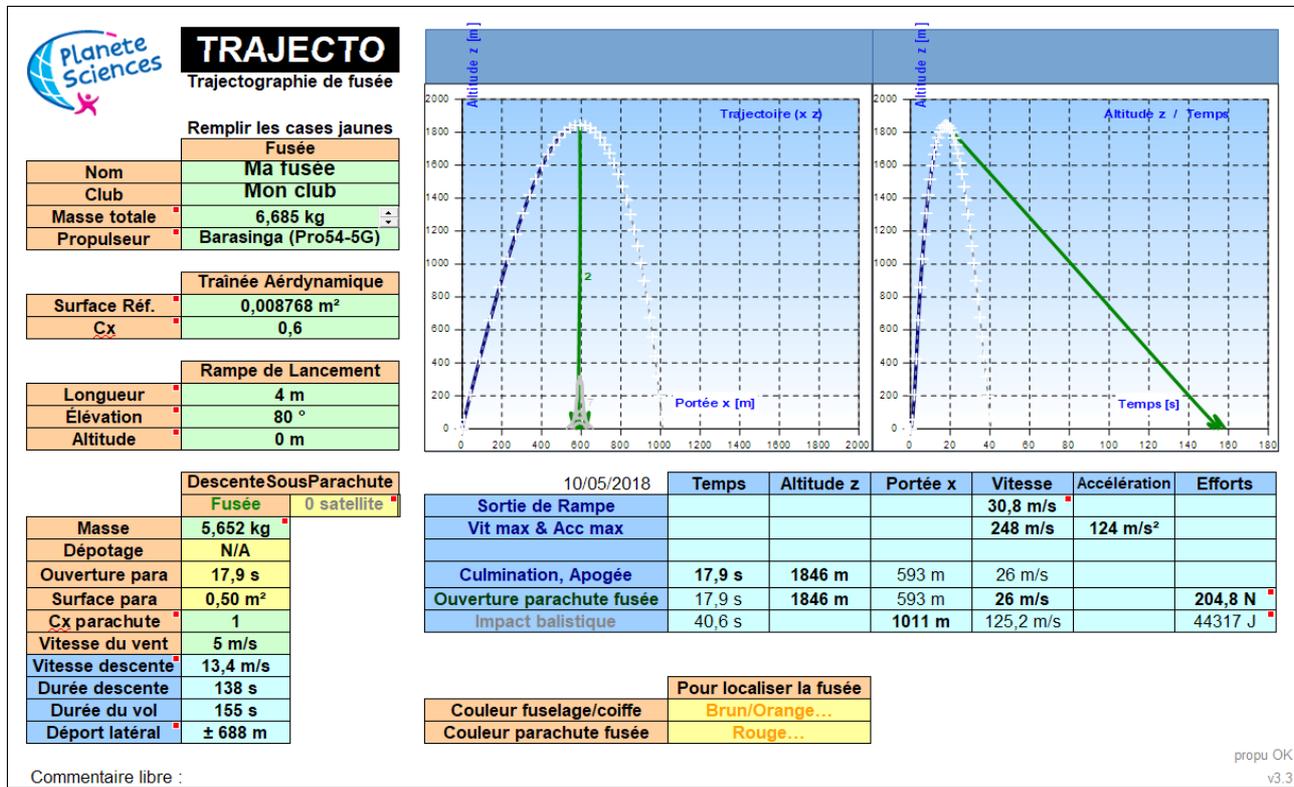


Illustration 4 : Simulation Stabtraj sans déploiement des aérofreins

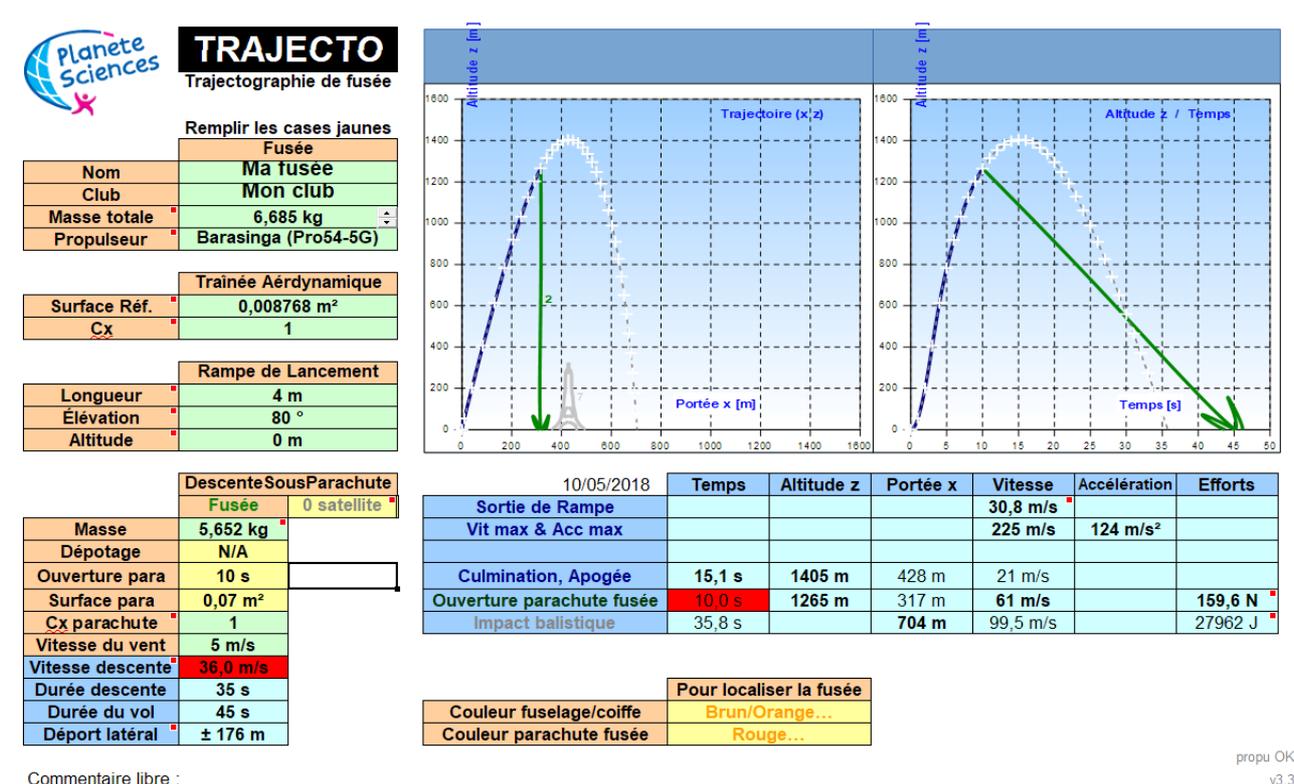


Illustration 5 : Simulation Stabtraj avec déploiement des aérofreins

Récapitulatif :

Avec une ouverture des aérofreins d'une surface totale de $S=0,07 \text{ m}^2$ à $T=10\text{s}$, nous obtenons le comparatif suivant :

	Avec déploiement	Sans déploiement
Altitude apogée	17,9 s	~ 1850 m
Temps apogée	15,1 s	~ 1405 m

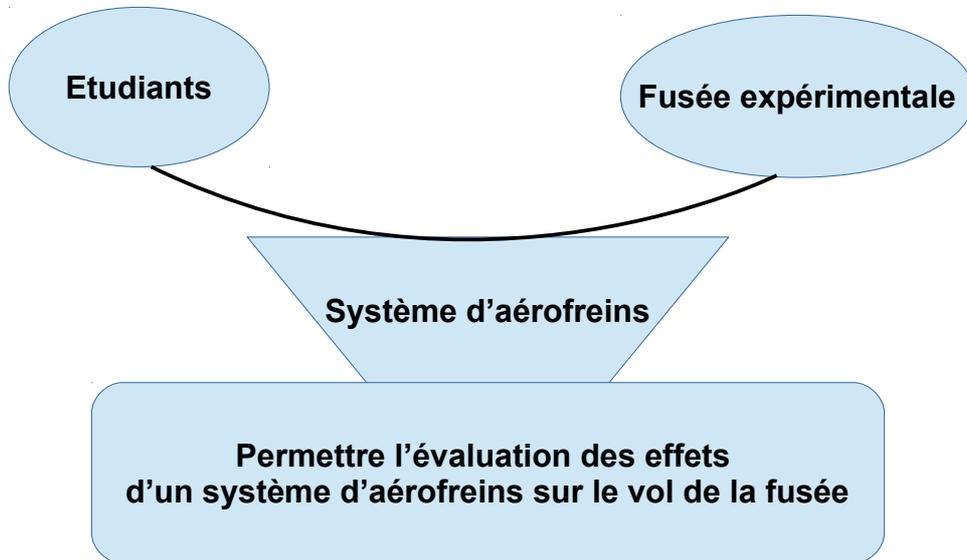
Soit une différence d'altitude à l'apogée de **445 m** et de temps de **2,8 s**.

ANNEXES

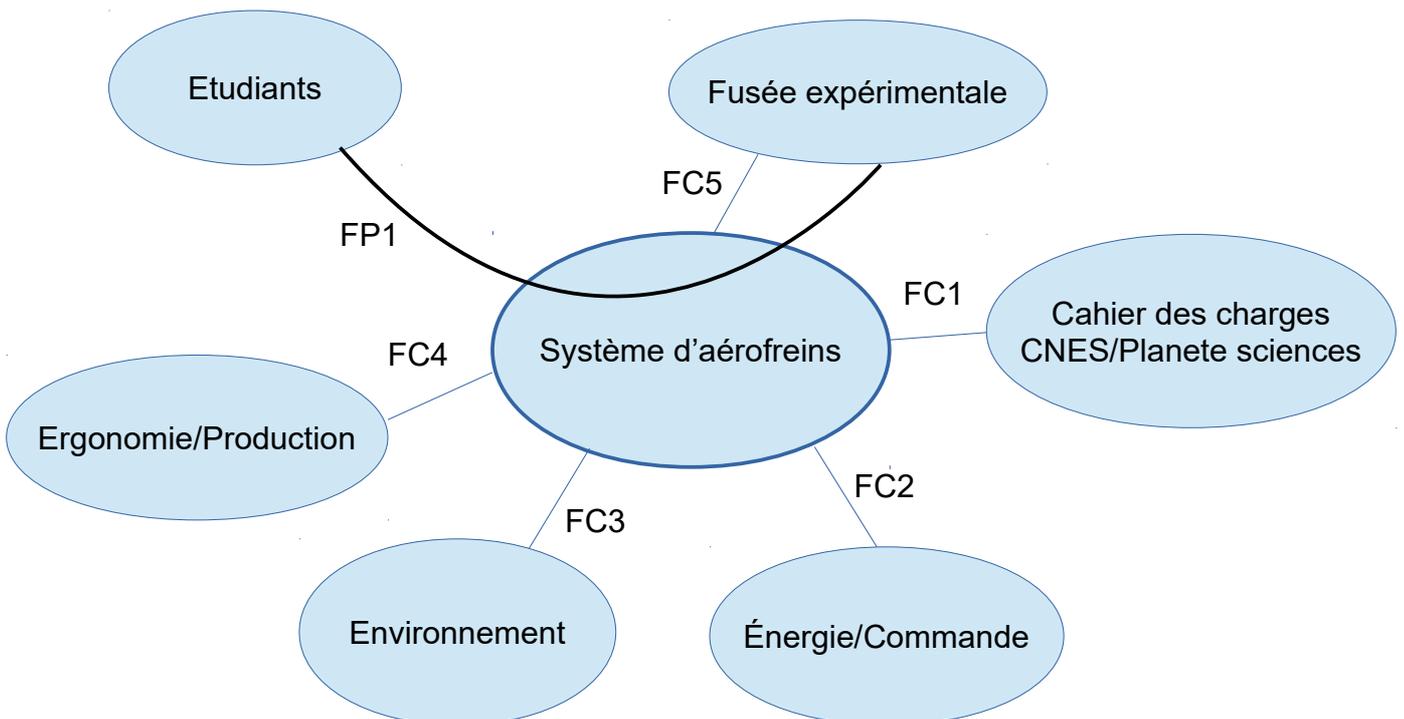
Analyse fonctionnelle et cahier des charges de la case aérofreins
Stabtraj
Désignation des bagues
Dessins de définition des bagues

Analyse fonctionnelle et cahier des charges de la case Aérofreins

I. Recherche du besoin : Mise en évidence du besoin, du périmètre (à qui le système sert-il ? Sur quoi agit-il?) et de la fonction d'usage (objectif du système).



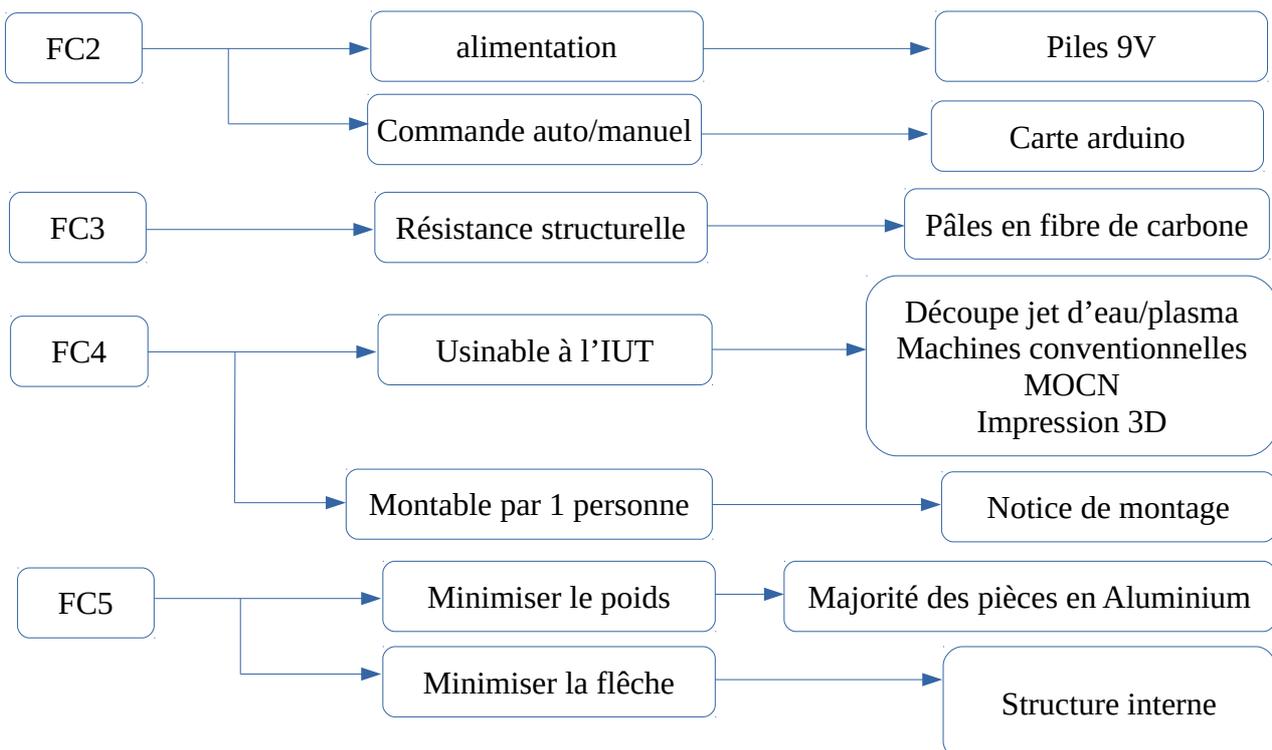
II. Fonctions de service : Liste des éléments extérieurs ayant une influence sur le produit. Relations entre les les éléments extérieurs et le système et mise en évidence des fonctions principales **FP** (relation entre au moins deux milieu extérieurs via le système) et de service ou de contrainte **FC** (Action ou réaction du système sur un milieu extérieur).



III. Caractérisation des fonctions :

Fonctions de transfert ou de contrainte	Critères	Niveaux	Flexibilité
FP1 : Permettre l'évaluation des effets d'un système d'aérofreins sur le vol de la fusée			
FC1 : Respecter le cahier des charges CNES/Planete sciences			F0
FC2 : Être alimenté et commandé en énergie	Alimentation par batterie indépendante à la partie commande Commande manuelle et automatique	6 ou 12V	F1 F0
FC3 : Résister à l'environnement et aux contraintes extérieures	Résistance structurelle et aux chocs Projection eau et poussières		F0 F1
FC4 : Être facilement usinable et montable	Usinable avec le matériel présent à l'IUT Coût faible Montable par 1 personne	< 500 €	F1 F1 ±200€ F1
FC5 : Être compatible avec le dimensionnement de la fusée expérimentale	Minimiser influence sur la flèche Minimiser le Poids Minimiser l'encombrement	≤ 1,5 Kg ≤ 25 cm	F0 F1 ± 500g F1 ± 5cm

IV. Solutions Technologiques :



STABILITO
stabilité de fusée à aileron



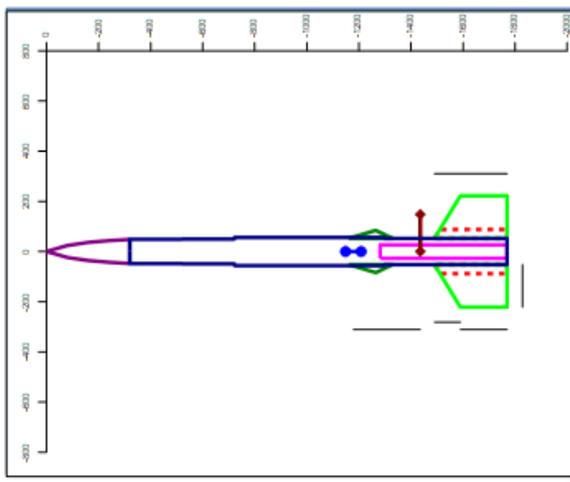
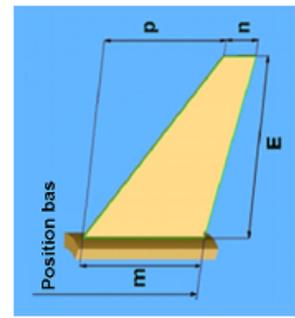
Remplir les cases jaunes

Nom	Fusée
Club	Ma fusée
Type	Mon club
Masse	Fusée expérimentale.
Centre de Masse	5000 g sans propu
Longueur totale	1100 mm sans propu
Diamètre Réf.	1770 mm
	96 mm

Type	Propulseur
Position du bas	Barasinga (Pro54.5G)
	1770 mm

Forme	Coiffe
Hauteur	Ogivale (pointue)
Diamètre	320 mm
	96 mm

Emplanture m	280 mm	170 mm	M
Saumon n	180 mm	0 mm	
Flèche p	100 mm	105 mm	
Envergure E	170 mm	32 mm	
Epaisseur	3 mm	10 mm	
Nombre	3	3	
Position du bas	1770 mm	1330 mm	
Diamètre	104 mm	112 mm	
Ligne mi-corde f	177 mm	38 mm	
Commentaire libre :			

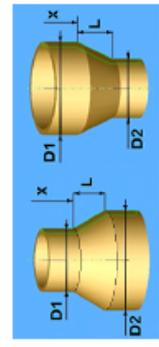
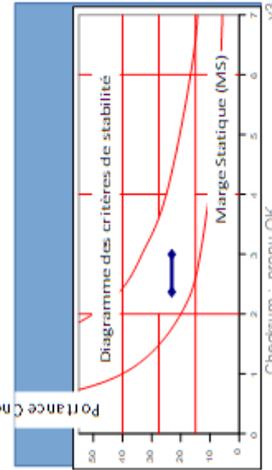


Langage/Language Français

Longueur	L	0 mm
Diamètre D1	D1	99 mm
Diamètre D2	D2	112 mm
Implantation x	x	722 mm
		1300 mm

Masse propu	1,685 kg	0,652 kg
CdM propu	250 mm	240 mm
Masse fusée	6,685 kg	5,652 kg
CdM fusée	###	###

Coiffe	XCo	Coq
Ailerons	149 mm	2,0
Ail bas entier	1596 mm	19,9
Ailerons haut	1595 mm	20,5
Partie masquée	1223 mm	1,0
Transition A	1568 mm	1,3
Transition B	722 mm	0,6
	1300 mm	-0,4

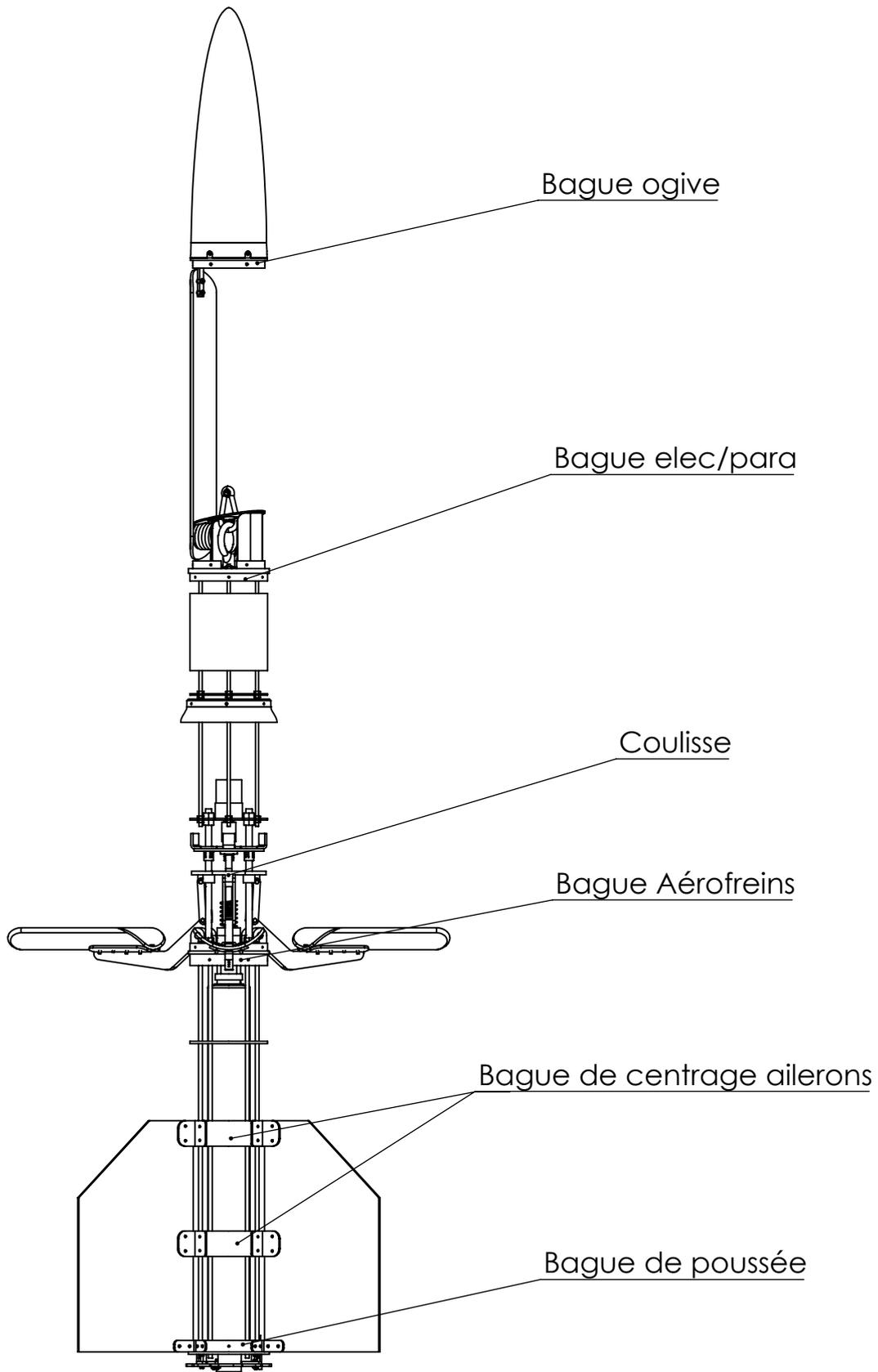


Haut	1282 mm
Longueur	488 mm
Bas	1770 mm

Haut	1490 mm
Emplanture	280 mm
Bas	1770 mm

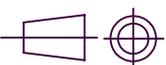
Maintenant que votre fusée est stable, vérifiez sa trajectoire via la feuille **Trajecto**

Checksum : propu OK v3.3



Echelle : 1:8

SOLIDWORKS



10/05/2018

Mise à jour

Produit d'éducation SOLIDWORKS A titre d'exemple uniquement

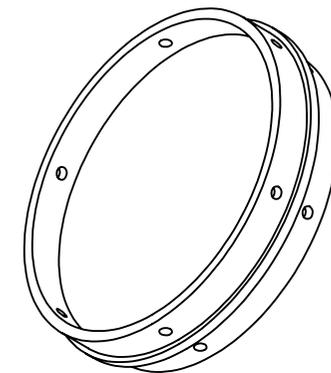
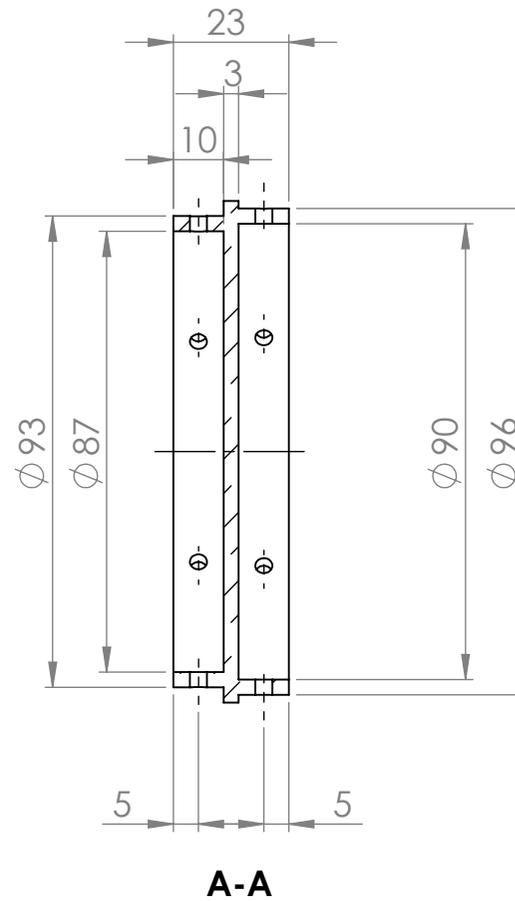
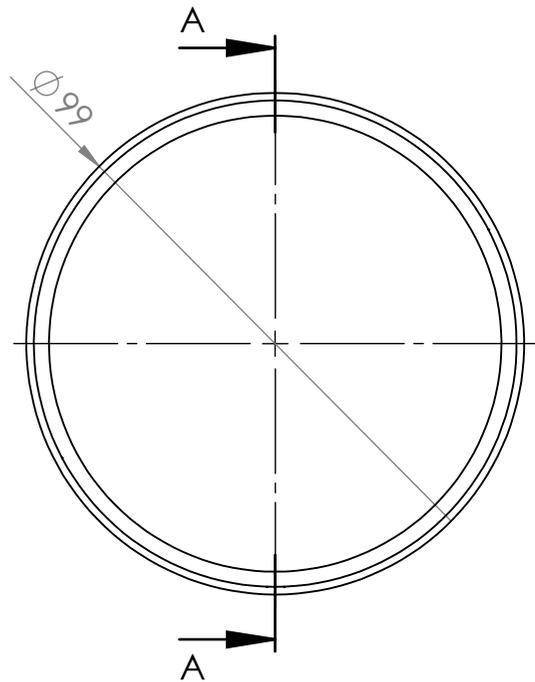
FUSEX THORONDOR 2017-2018

Dessiné par :

A4V

designation bagues

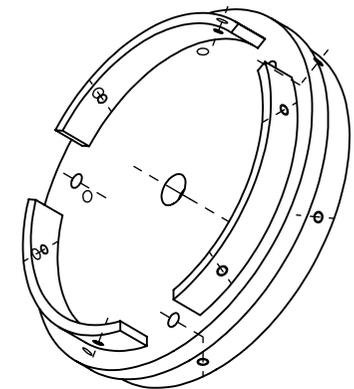
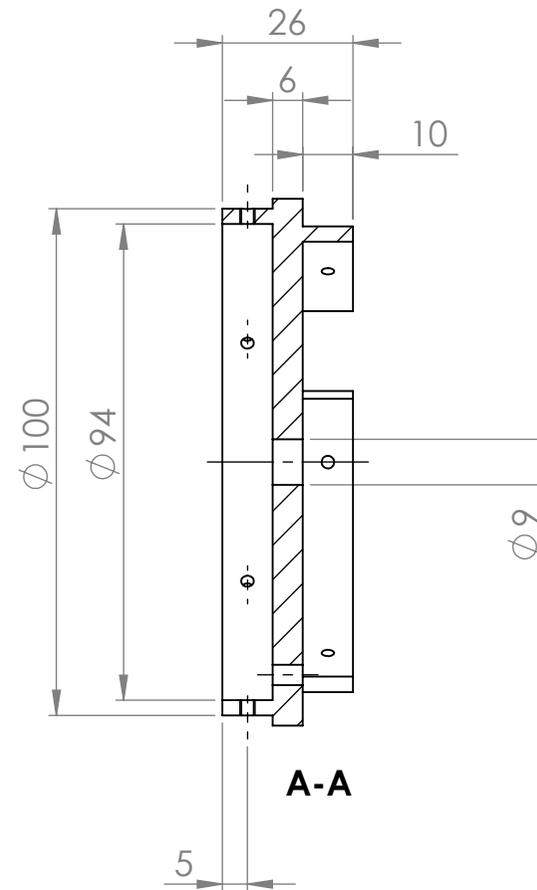
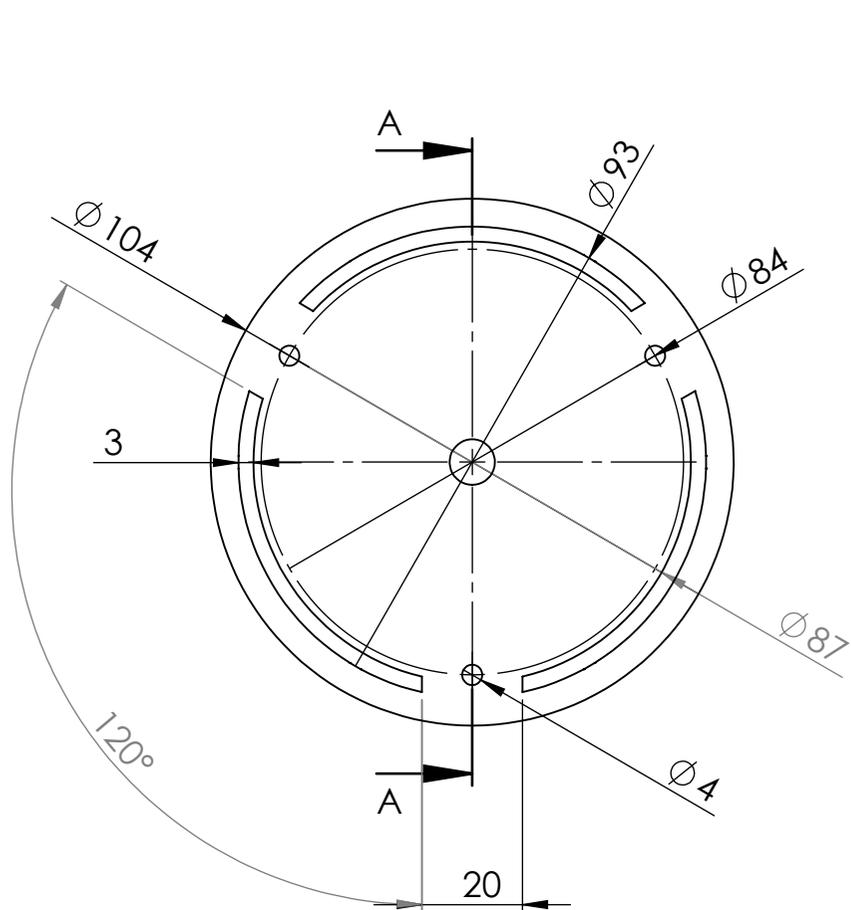




Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

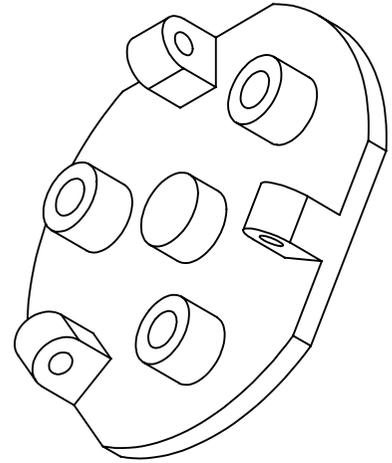
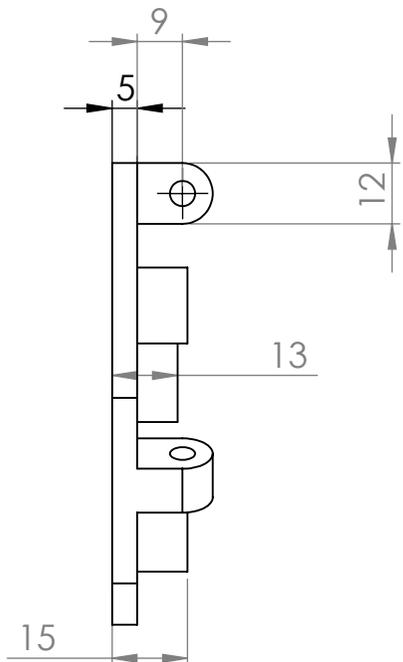
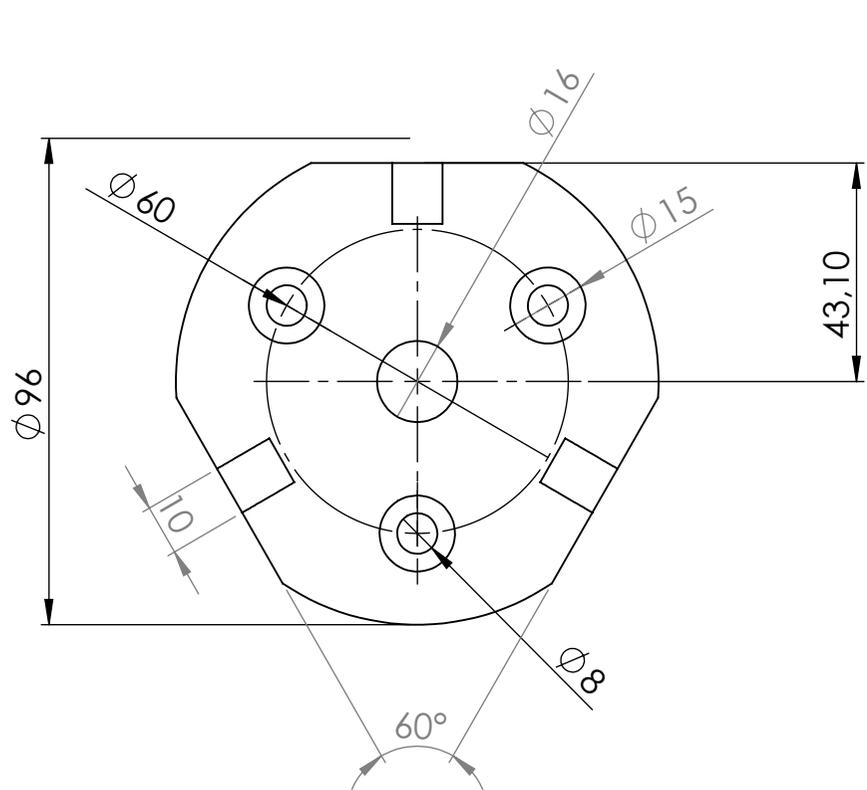
Echelle : 2:3		bague ogive		
10/05/2018	A4H	FUSEX THORONDOR 2017-2018		
Mise à jour		Dessiné par :		





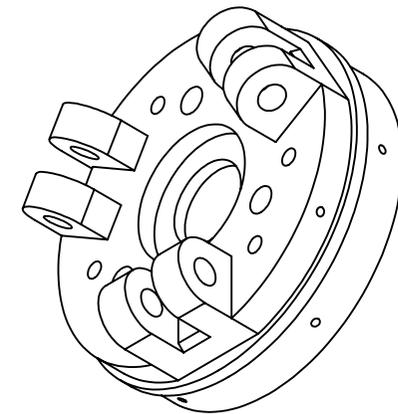
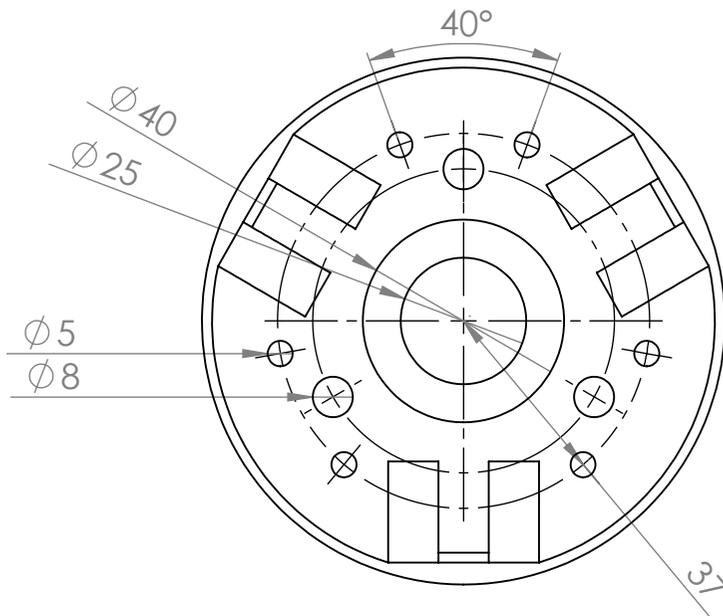
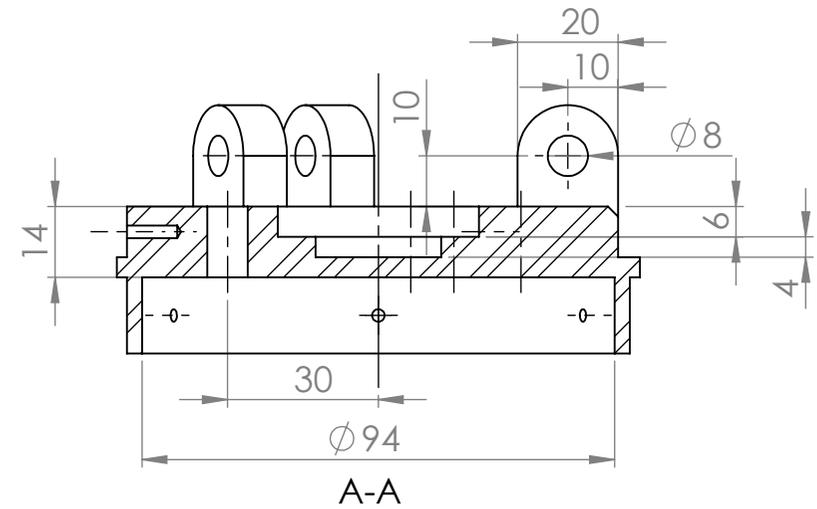
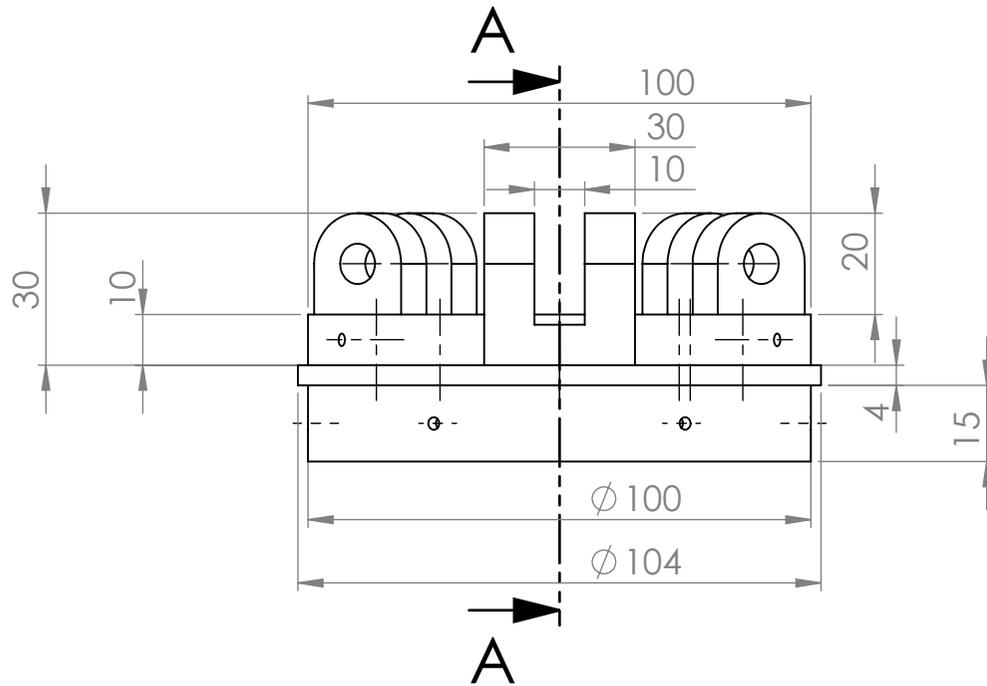
Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

Echelle : 2:3		bague elec_para			
10/05/2018	A4H	FUSEX THORONDOR 2017-2018			
Mise à jour		Dessiné par :			



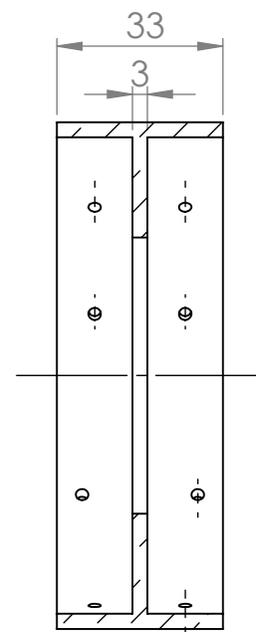
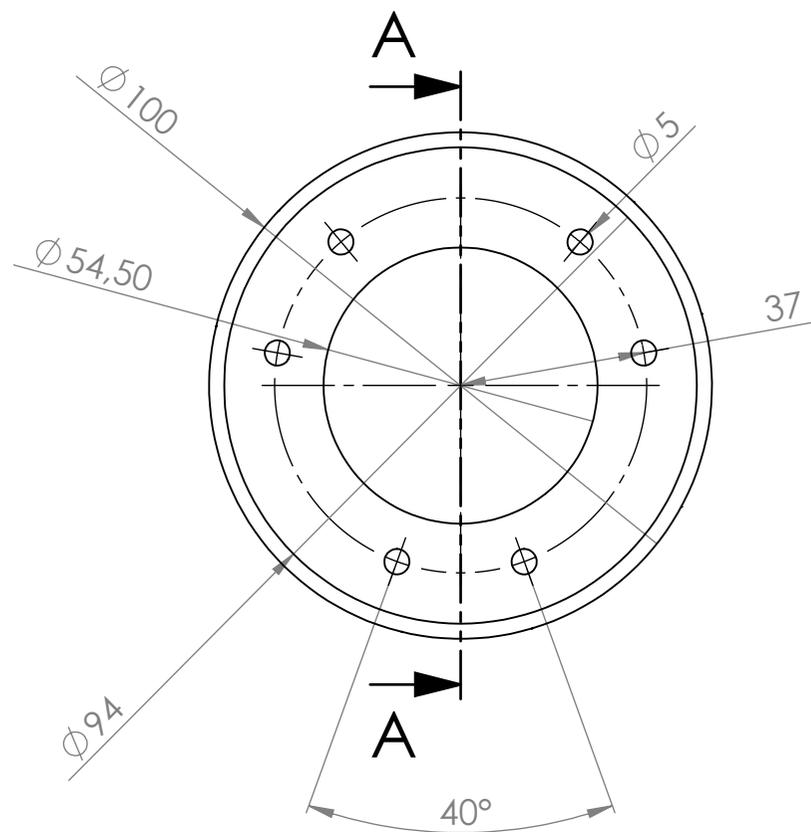
Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

Echelle : 2:3		Coulisse			
10/05/2018	A4H	FUSEX THORONDOR 2017-2018			
Mise à jour		Dessiné par :			

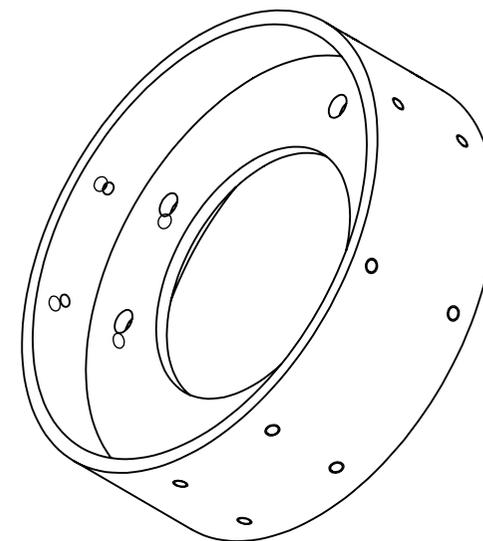


Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

Echelle : 2:3		bague aerofrein				
10/05/2018	A4H	FUSEK THORONDOR 2017-2018				
Mise à jour		Dessiné par :				

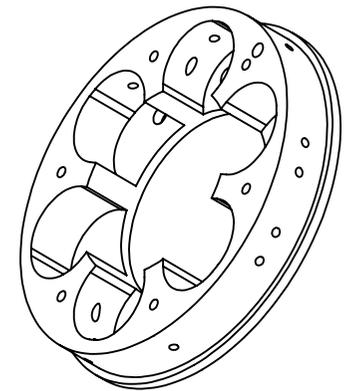
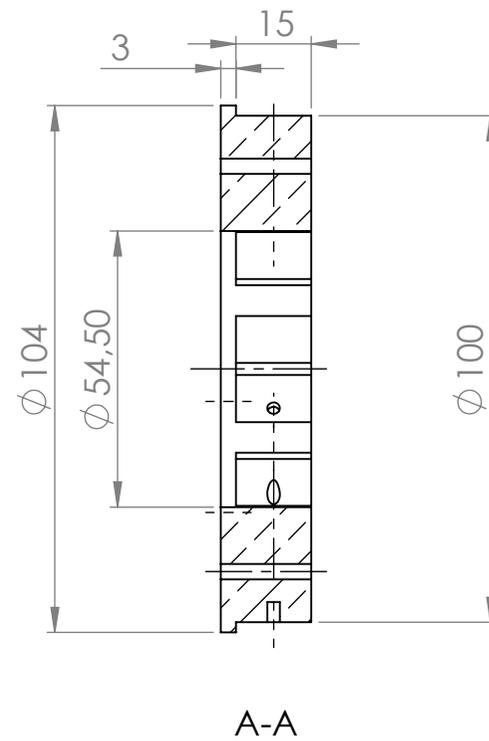
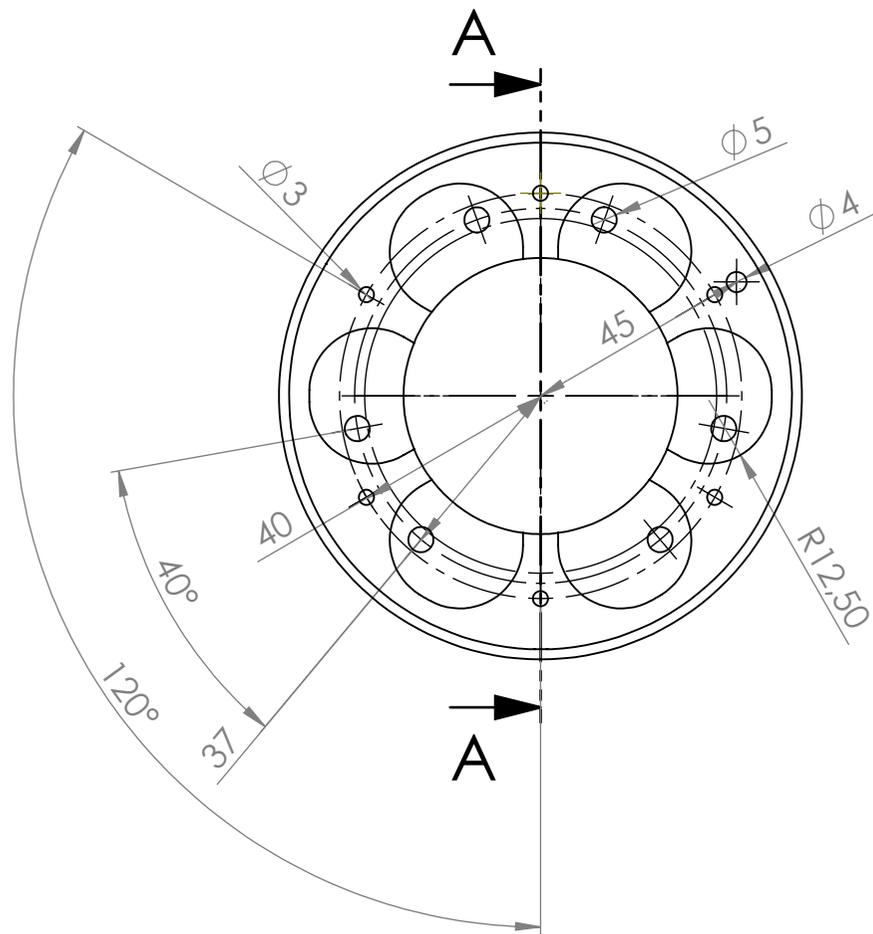


A-A



Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

Echelle : 2:3		bague de centrage ailerons	 	
10/05/2018 Mise à jour	A4H	FUSEX THORONDOR 2017-2018 Dessiné par :		



Produit d'éducation SOLIDWORKS – A titre éducatif uniquement.

Echelle : 2:3		bague de poussée			
10/05/2018	A4H	FUSEX THORONDOR 2017-2018			
Mise à jour		Dessiné par :			