

MINI-FUSÉE KIM JONG BOOM

RAPPORT DE PROJET

C'SPACE 2022



Guillaume BAILLY

Victor BLATZ

Alan BOUREL

Théo SOULIGNAC

Noah BEAUPERTHUY

Jacques BONFILS

Arthur PERRYMAN-HOLT



Remerciements

Avant de présenter notre projet, nous souhaitons remercier les différentes institutions qui nous ont permis de le concrétiser. Parmi celles-ci, nous remercions Planètes-Sciences et le CNES (Centre National d' Etudes Spatiales) pour l'organisation de la campagne de lancements du C'SPACE 2022 durant laquelle nous avons lancé notre fusée ; mais également pour leurs conseils avisés au cours des différentes RCE (Rencontre des Clubs Espace). Par la même occasion, nous remercions le 1^{er} régiment de hussards parachutistes du camp de Ger qui a accueilli le C'SPACE 2022 pour nous permettre de faire vivre notre passion dans un lieu sécurisé. Finalement, nous remercions notre école, l'ESTACA et son fablab pour les ressources dont nous avons besoin (outils et consommable), ainsi que notre association, l'ESTACA Space Odyssey (ESO) pour nous avoir donné l'opportunité de réaliser un tel projet ; et nous remercions particulièrement Mathilde Holley, Baptiste Vignon et Hugo Allaire (membres de l'ESO) pour leur aide incontestable du début du projet jusqu'à son accomplissement.



Sommaire

Remerciements	2
Présentation du projet	4
Conception	5
Réalisation	7
Assemblage / Intégration	8
Expérience	9
Campagne de lancement : C'SPACE 2022	10
Conclusion	12
Annexes	13

Présentation du projet

Le projet Kim Jong Boom à été créé en octobre 2021 par 7 membres de l'ESO : Alan BOUREL, Victor BLATZ, Jacques BONFILS, Noah BEAUPERTHUY, Arthur PERRYMAN-HOLT, Théo SOULIGNAC et Guillaume BAILLY (le chef de projet).

Il s'inscrivait dans la promotion des minifs de l'ESO de 2021 - 2022 aux côtés d'une dizaine d'autres projets créés par la même occasion.

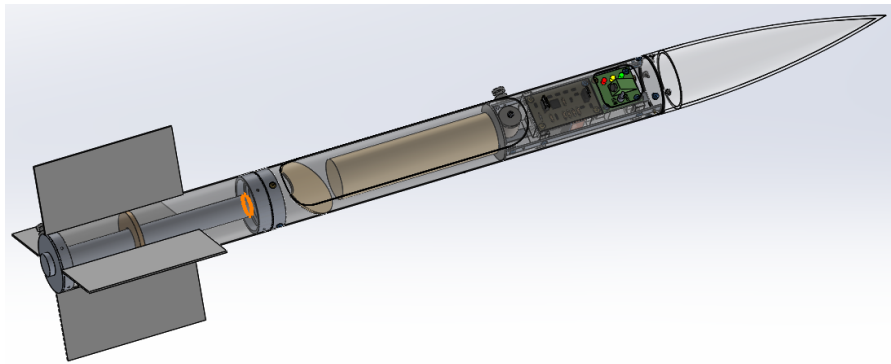
Le projet avait initialement pour objectif d'être lancé au C'SPACE 2022 sans embarquer d'expériences, le but étant de nous former sur les étapes nécessaires au développement d'une fusée étudiante (notamment en matériaux composites, en électronique etc.).

Le nom "Kim Jong Boom" à été choisi dans un contexte humoristique, auto-dérisoire et non de provocation. Ce nom qui a plu à tant et qui a déplu à tant d'autres a tout de même permis de se différencier de la banalité des noms choisis (pour la plupart des projets). Il a aussi permis de rappeler que le C'SPACE est un évènement créé pour les jeunes et que même si du sérieux et du professionnalisme sont exigés, les activités de cet évènement ne s'inscrivent pas dans un cadre professionnel.

Conception

CAO générale - architecture

Nous avons conçu notre fusée de la même façon que le modèle "type" de l'ESO : deux étages en fibre de verre (propulsion, récupération) et une ogive imprimée en 3D reliés par des bagues en aluminium et embarquant une minuterie analogique qui désaimante une ventouse magnétique pour ouvrir une trappe latérale et déployer le parachute.



CAO de la fusée (SolidWorks)

Bagues

Pour concevoir et faire usiner nos différentes bagues (propulseur, interétage, ogive), nous avons d'abord dû réaliser notre peau (voir "Réalisation" page 6) pour mesurer son diamètre intérieur (voir "Mise en Plan des bagues" en annexes).

Conception électronique

Notre séquenceur est une minuterie analogique, le principe de son circuit électrique (voir ci-dessous) est de comparer avec un amplificateur opérationnel (AOP) deux tensions : la première, constante, est fixée à l'aide d'une résistance variable ; et la deuxième est celle d'un condensateur qui se charge progressivement

The diagram shows a 18V LED driver circuit. It features a 7812V voltage regulator (labeled 7812V+) connected to a 18V source (ALIM) and ground (GND). The circuit includes two LM358 op-amp channels (AOPG1 and AOPG2). Channel AOPG2 drives a green LED (LED VERTE) through a 680Ω resistor (R2). Channel AOPG1 drives an orange LED (LED_ORANGE) through a 680Ω resistor (R2). A variable load (RVARIALE 10k) is connected to the output of AOPG1. The circuit also includes a 1N4148 diode (D1) and a 680Ω resistor (R3) connected to a 18V source (LED_ROUGE). Other components include resistors R1 (680Ω), R4 (20k), R5 (10k), R6 (680Ω), R7 (1M), and R8 (100k), and capacitors C1 (470 μF) and C2 (10 μF).

Dimensionnement ailerons / StabTraj

6

Réalisation

Structure

A cause de certains imprévus, la phase de réalisation du projet à démarré avec deux mois de retard. En effet, après les différentes formation d'octobre à novembre 2021 et la phase de conception, nous avons commencé la réalisation de la peau (1ère tâche de cette phase) vers mi-décembre 2021.

Notre peau à été effectuée avec un renfort en fibre de verre et une matrice résine + durcisseur.

Récupération

L'étage récupération de notre fusée embarque un parachute en toile pour cerfs-volants, ses suspentes en cordelette d'escalade et la minuterie qu'il a fallu logger dans un support imprimé en 3D. Avant de souder les composants sur la plaque électronique, nous avons testé notre circuit sur une breadboard.

Assemblage / Intégration

Bagues

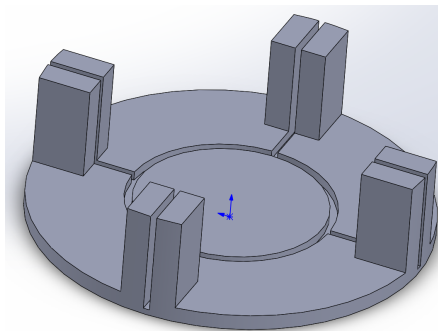
Pour assembler les étages entre-eux, nous avons dû apprendre à utiliser des outils comme une perceuse à colonne et un taraud pour pouvoir les visser aux bagues.

Minuterie

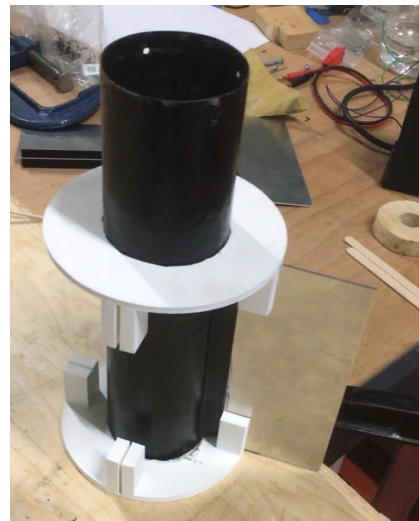
L'intégration de la minuterie a été réalisée à l'aide de trois fines barres en aluminium, réparties autour du boîtier contenant la carte électronique et les piles. Ces barres ont pu directement être vissées dans la bague interétage et dans la peau de la fusée pour la maintenir et supprimer le jeu.

Ailerons

Pour assembler les ailerons correctement (et respecter les contraintes imposées par le cahier des charges), nous avons imprimé un support en 3D, ce qui a facilité leur centrage sur l'étage propulsion.



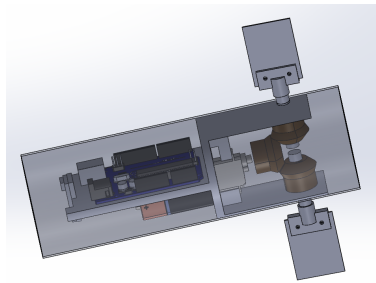
*CAO du support ailerons
(SolidWorks)*



*Photo de l'assemblage des
ailerons*

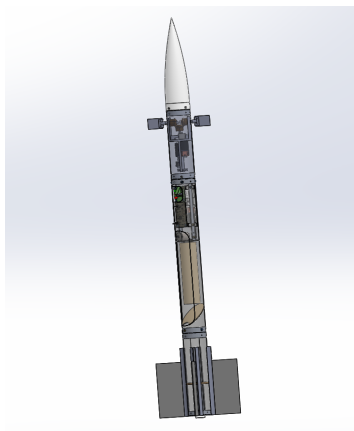
Expérience

En janvier 2022, nous nous sommes proposés pour embarquer une expérience à bord de notre fusée car une autre équipe de l'ESO souhaitait tester leur projet (module de contrôle de roulis actif en utilisant des canards, voir figure ci-dessous).



*CAO de l'expérience
(SolidWorks)*

Pour adapter notre fusée à cette charge utile, nous avons revoir sa conception. Nous avons rajouté un étage entre l'ogive et l'étage récupération et nous avons redimensionné les ailerons et prenant en compte la nouvelle masse et le nouveau centre de masse.



*CAO de la fusée avec
expérience (SolidWorks)*

Cependant, l'équipe en question n'a pas réussi à finir son projet dans les temps, et pendant la RCE3, la décision que la fusée serait lancée sans expérience a été prise.

Campagne de lancement : C'SPACE 2022

Qualification

KJB a été la seule minifusée de l'ESO de la promotion 2021-2022 à être qualifiée pour le C'SPACE 2022 (aux côtés de 3 fusex et d'une minifusée de la promotion 2020-2021).

Les dernières modifications effectuées, nous avons fait qualifier notre fusée pour le lancement le dimanche 17 juillet 2022, notre projet a été parmi les premiers à être qualifié durant la campagne.

Lancement

Après un "non-feu" à cause d'une erreur des pyrotechniciens, la fusée a décollé et à suivi une trajectoire nominale. Malheureusement, le parachute ne s'est pas déployé et la fusée s'est donc crashée à l'impact balistique (à environ 200 mètres du pas de tir).



Décollage de Kim Jong Boom



Débris de Kim Jong Boom après le crash

Lors de la récupération des débris (voir photos ci-dessus) nous avons trouvé la prise Jack (mâle) sur les lieux du crash ce qui explique l'accident.

Le fil qui retenait l'initialisateur (prise Jack mâle) sur le pas de tir a cédé pendant le lancement et la minuterie n'a donc jamais été initialisée.

Cependant, conscients de cet accident plutôt régulier, nous avons imaginé une solution pour l'éviter, en effet le fil qui retenait l'initialisateur au pas de tir faisait partie du circuit et devait permettre, en se brisant, d'agir comme un interrupteur ouvert et ainsi d'annuler le court-circuit du condensateur même si l'initialisateur restait dans la fusée.

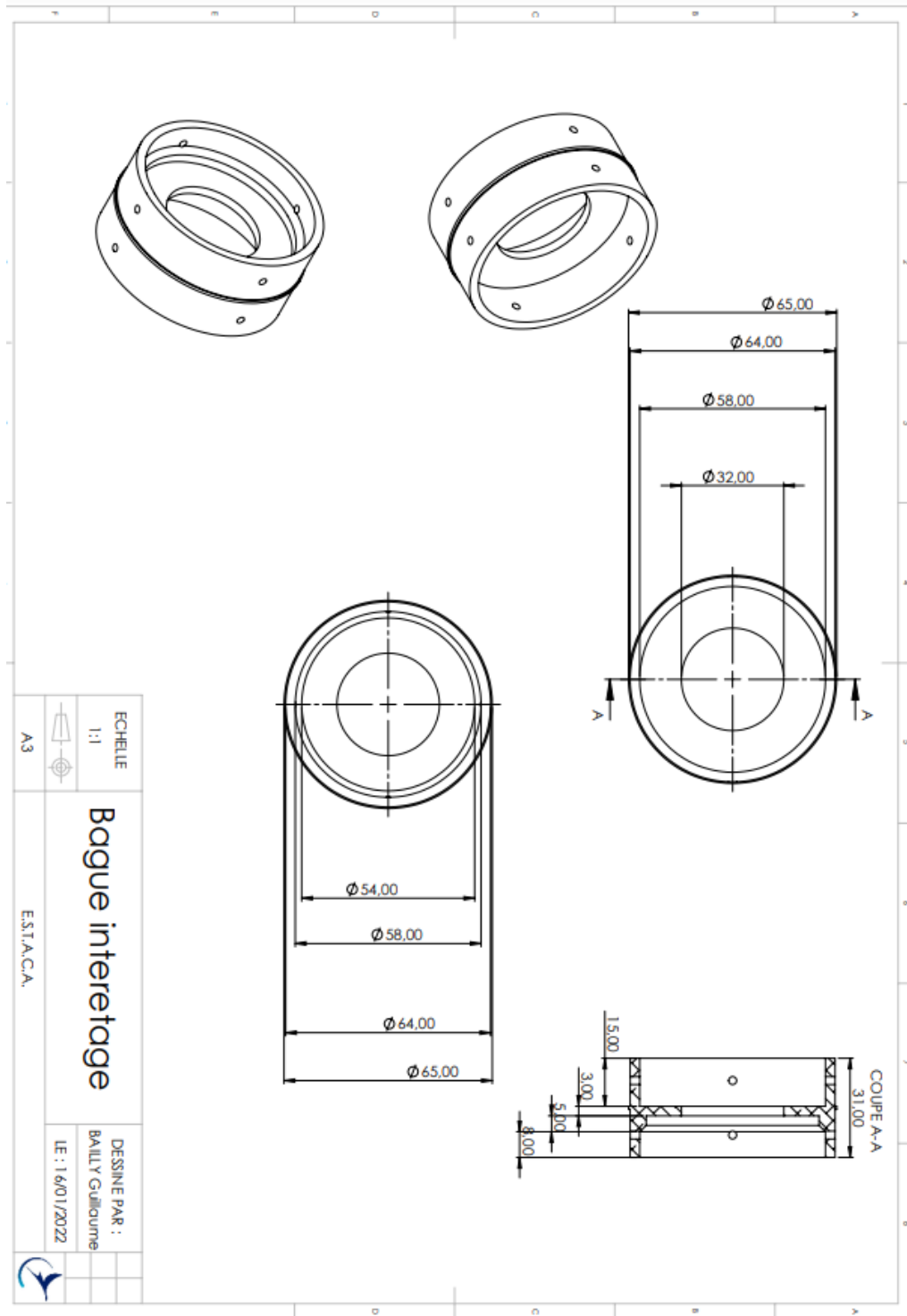
Nous supposons donc qu'une soudure de ce fil sur l'initialisateur devait être défectueuse (elle reliait sûrement les deux pattes de l'initialisateur court-circuitant ainsi le système et rendant le fil attaché au pas de tir inutile). Il s'agit donc de la combinaison des ces deux imprévus qui à conduit la fusée à réaliser un vol balistique.

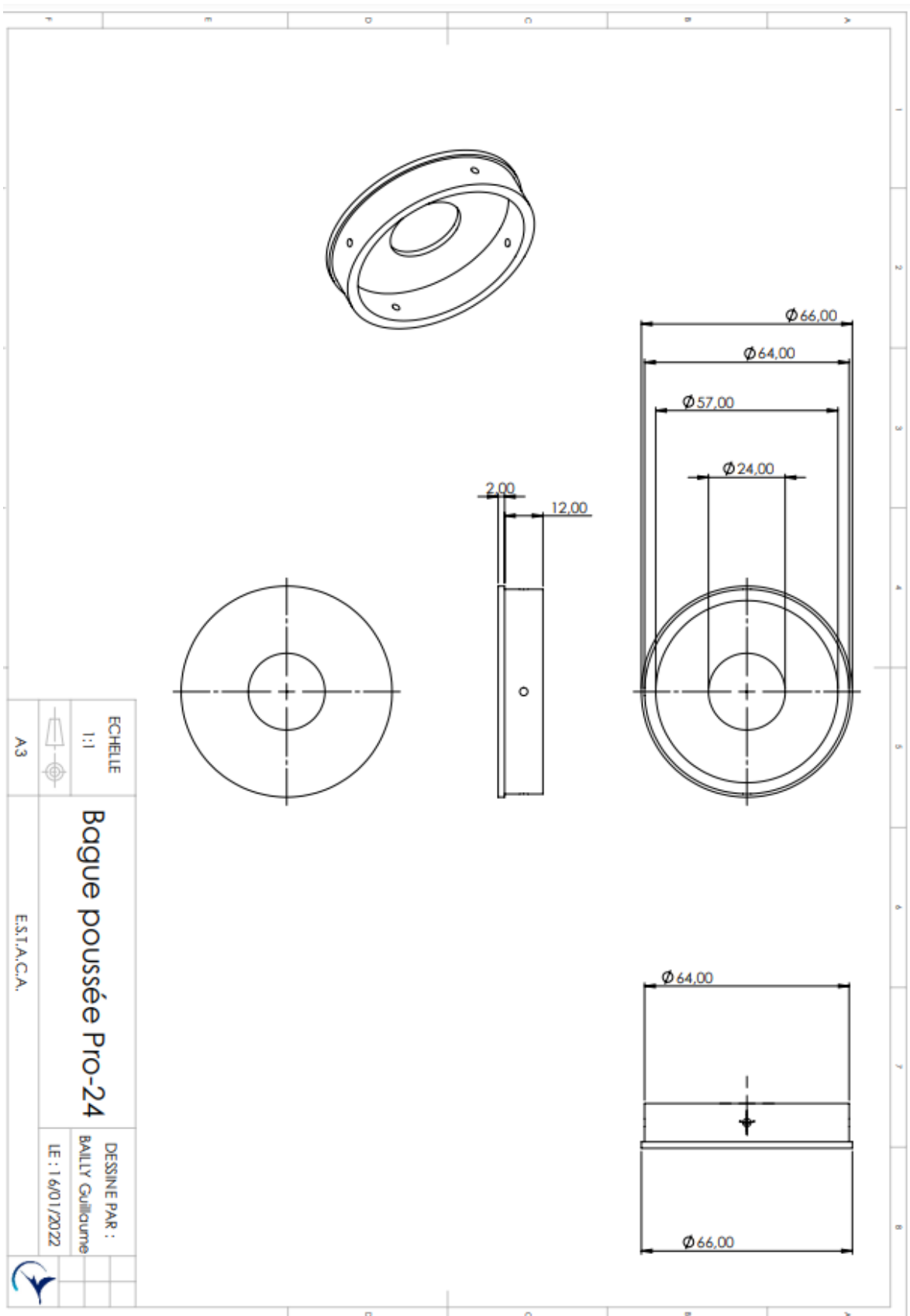
Conclusion

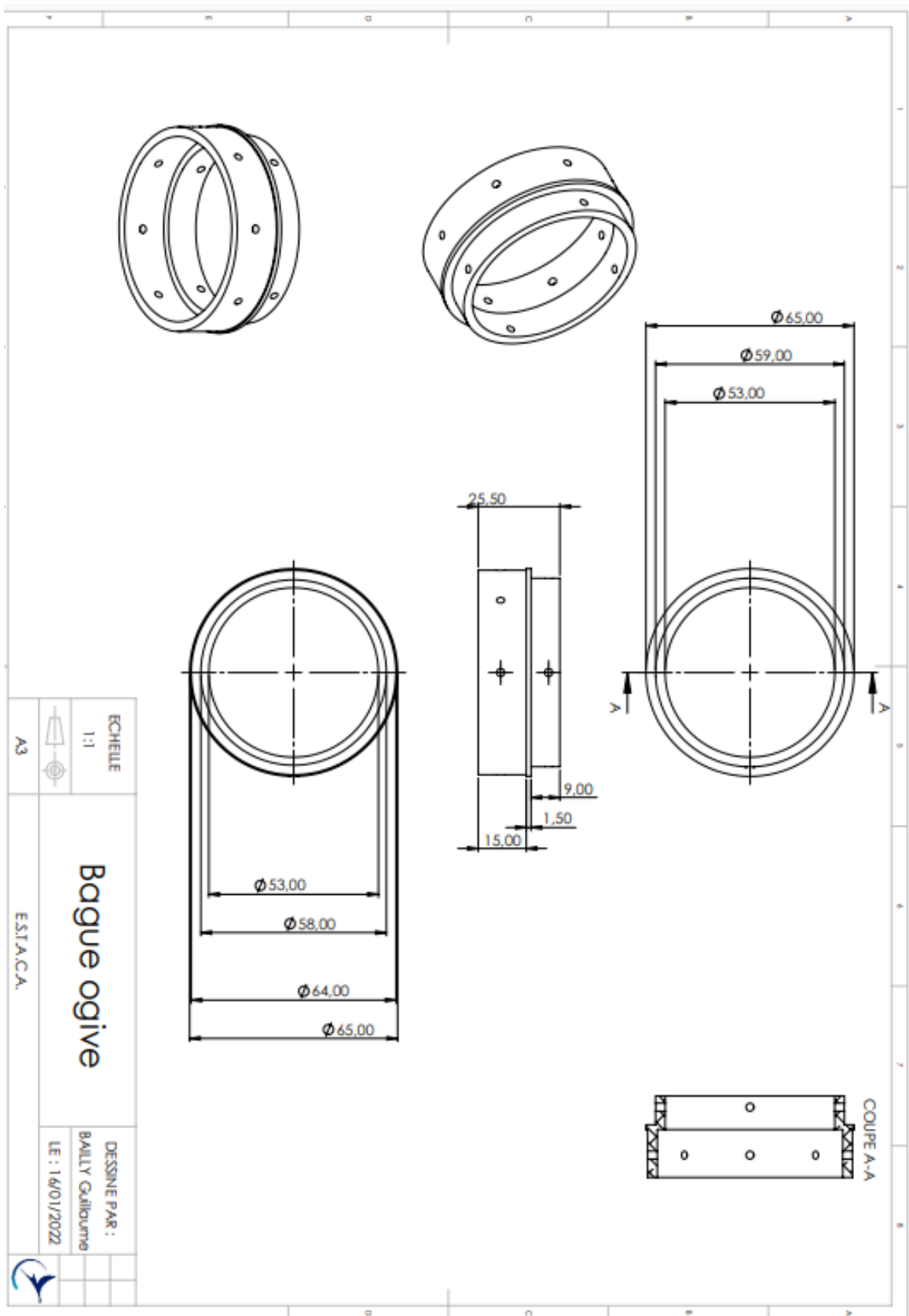
La réalisation du projet Kim Jong Boom a été sans aucun doute d'une grande richesse du point de vue technique car l'ensemble du processus d'un tel projet à été abordé en détails (CAO, électronique, étude de la stabilité...) ; mais aussi du point de vue des compétences générales telles que l'anticipation, la prévision, le travail en équipe, la prise de responsabilité ou encore l'initiative car ces dernières ont eu un rôle omniprésent dans l'aboutissement de notre travail.

Annexes

Mise en plan des bagues









STABILITO

Stabilité de fusée à ailerons

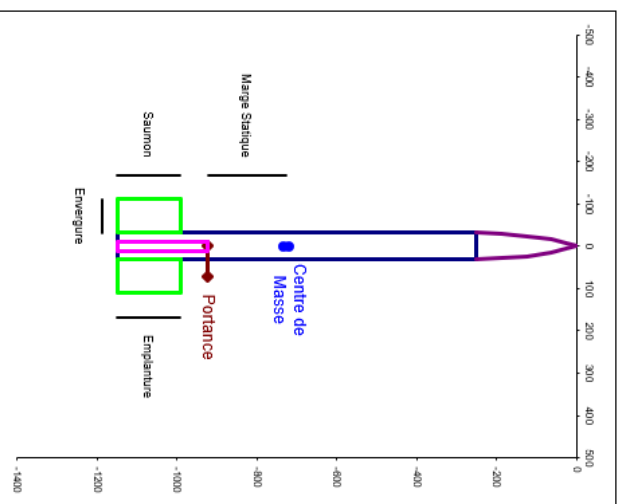
Remplir les cases jaunes

Fusée	
Nom	Kim Jong Boom
Club	ESTACA Space Odyssey
Type	Minitfusée
Masse	1455 g
Centre de Masse	700 mm
Longueur totale	1150 mm

Propulseur	
Type	Pandora (Pro24-6G BS)
Position du bas	1150 mm

Coiffe	
Forme	Ogivale (pointue)
Hauteur	250 mm
Diamètre	64 mm

Ailerons	
Mono-empennage	
Emplanture 'm'	159 mm
Saumon 'n'	159 mm
Flèche 'p'	0 mm
Envergure 'E'	79 mm
Epaisseur 'ep'	1,5 mm
Nombre	4
Position du bas	1150 mm



29/12/2022	Min	Résultats	Max
Finesse	10	18,0	20
Portance	15	16,8	30
Marge Stat.	1,5 D	2,95 D	3,18 D
Couple	30	49,7	53,6
XcP		922 mm	922 mm
MS/L		16% L	18% L

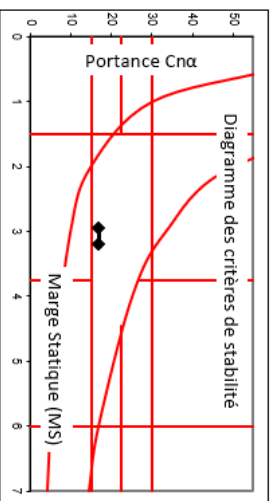
STABLE

Language/Langue Français

Fusée mono-diamètre.

	Propu plein	Propu vide	Sans propu
Masse propu	0,1589 kg	0,0843 kg	-
CdM propu	114 mm	114 mm	-
Masse fusée	1,6149 kg	1,5393 kg	1,455 kg
CdM fusée	733 mm	718 mm	700 mm

	XcP	Cm
Coiffe	117 mm	2,0
Ailerons	1031 mm	14,8



StabTraj