

Compte Rendu final pour la mini fusée ASTRA

Fait par l'association étudiante 3D Aerolab au vu de la campagne de lancement 2025

Membres du projet :

Clara Jeanson	Cheffe de projet
Léane Cornec	Responsable financier / électronique et informatique
Chiara Bichon	Pole conception
Hugo Foucher	Pole électronique et informatique
Mylan Germain	Pole construction

Sommaire :

Sommaire :	2
Introduction :	3
Conception mécanique :	4
CAO :	4
Construction :	7
Description électronique et informatique :	12
Expérience :	13
Conclusion :	14
Remerciements :	15

Introduction :

Dans le cadre de notre participation au C'Space 2025 organisé par Planète Sciences et le CNES, notre équipe a conçu et réalisé une mini-fusée expérimentale. Ce projet, mené sur deux ans, avait pour objectif de développer nos compétences en conception mécanique, électronique et gestion de projet. Composée de cinq membres aux rôles complémentaires (mécanique, électronique, programmation, logistique), l'équipe s'est organisée autour de réunions régulières et d'un planning structuré pour respecter les échéances techniques. L'idée de la fusée est née d'une volonté commune d'appliquer nos cours dans un projet pratique afin de confronter nos connaissances théoriques à la réalité d'un développement technique complet. Cette aventure nous a permis de combiner passion, rigueur et esprit d'équipe autour d'un projet concret et stimulant.



Conception mécanique :

CAO :

Nous avons conçu lors de la première année la structure de l'intérieur de la fusée afin d'y stocker les composants ainsi que l'emplacement du panneau de contrôle ([cf. image 1](#)). Lors de nos débuts nous avons réalisé un cylindre rentrant à l'intérieur de la fusée tout en étant fixé à la coiffe ([cf. image 2](#)). Le but était de pouvoir sortir l'ensemble des composants par la coiffe. Ce cylindre avait une ouverture au niveau de la coiffe et un renforcement pour mettre l'emplacement des boutons, des LED et de la prise jack.

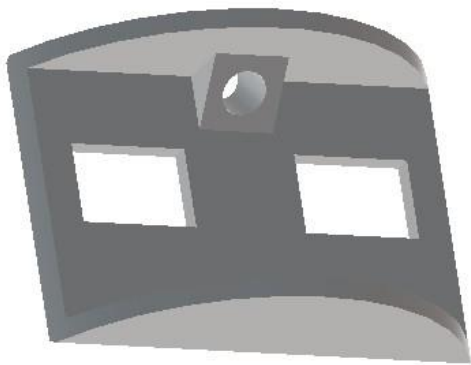


Image 1

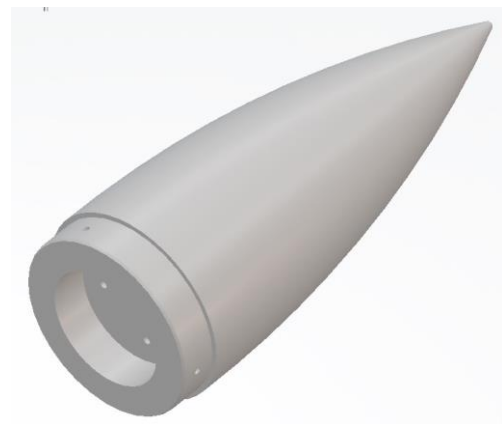


Image 2

Pour une meilleure visualisation de la fusée finale nous l'avons entièrement modélisé avec des mesures réelles pour tester nos parties en imprimante 3D ([cf image 3](#)).

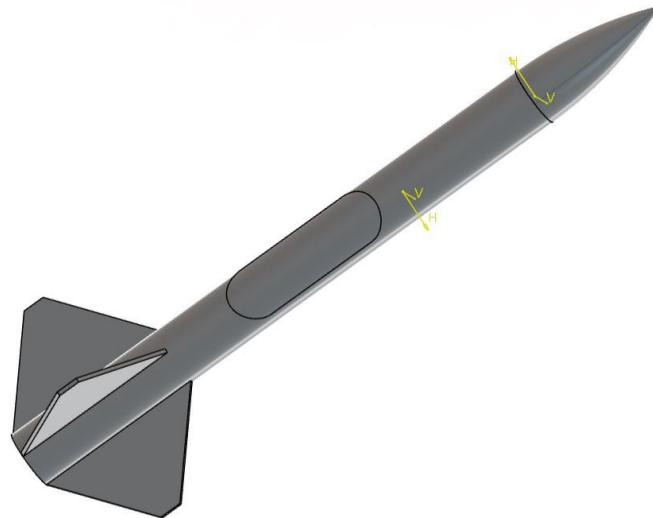


Image 3

Nous avons recommencé du début lors de la deuxième année afin de l'améliorer car nous avons pris en main des meilleurs outils. Nous sommes parties sur un petit cylindre (cf. [image 4](#)) qui sera relié par des tiges filetées à la coiffe. De plus nous avons modifié la coiffe afin de la rendre plus fine au bout. Sur ce petit cylindre, nous avons l'emplacement du panneau de contrôle pour nos éléments. Ce panneau est amovible et sera collé à la fusée à la fin pour une meilleure manipulation. Les composants présents au niveau des tiges sont ensuite scotchés à ces dernières car rien ne doit bouger dans la fusée lors du décollage.

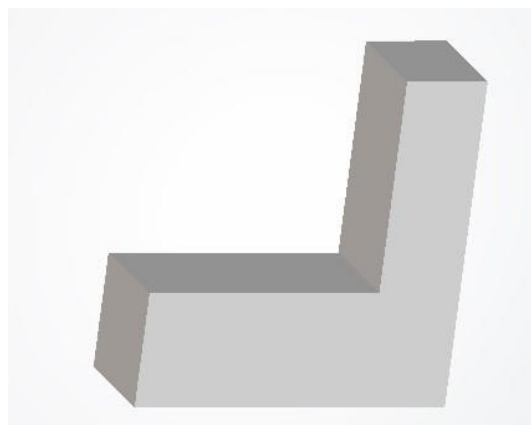
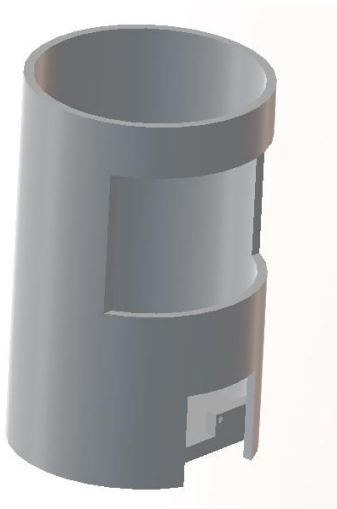


Image 4



Image 5

Nous avons également conçu la trappe avec un petit crochet ([cf. image 5](#)). Ce dernier est retenu par le servomoteur qui est placé dans notre cylindre. Par la suite nous avons conçu des cales afin que la trappe ne bouge pas. De plus, nous avons effectué un anneau anti-torche ([cf. image 6](#)) afin que le parachute ne s'emmêle pas une fois déplié.

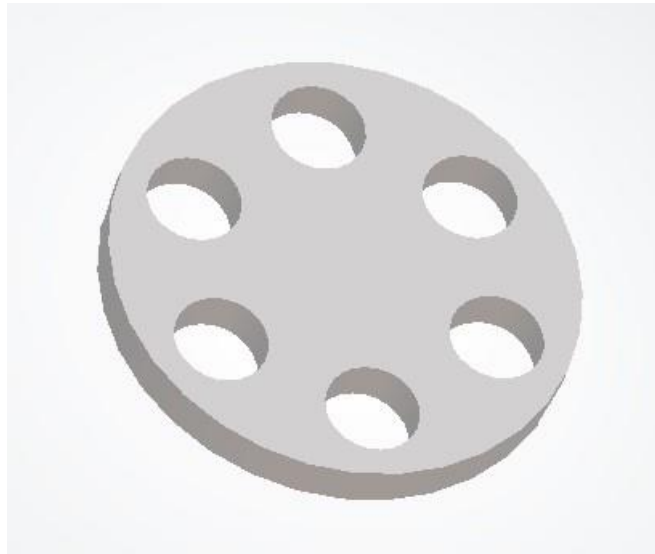


Image 6

Lors de la dernière semaine de travail nous avons réalisé que nous ne pouvions pas faire de lancement en rampe-cage en raison de l'emplacement de la prise jack. De ce fait nous avons également réalisé des patins pour décoller en rampe rail.

Construction :

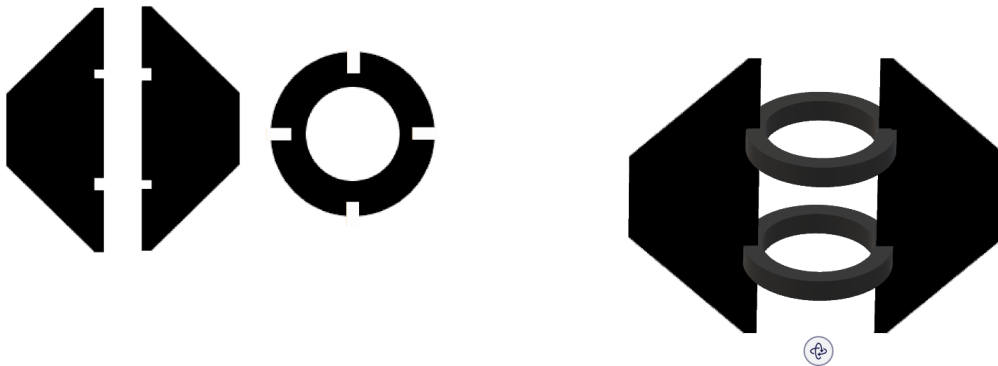
La construction du fuselage de la fusée s'est déroulée en plusieurs étapes. Dans un premier temps, nous avons utilisé un tuyau de PVC pour le corps de la fusée. Nous avons accès à notre construction et à notre fusée autour de ce tuyau. Nous avons donc créé des anneaux de renforcement qui serviraient non seulement à tenir le moteur pour éviter que celui-ci ne puisse bouger dans la fusée, mais aussi à tenir les ailerons. Ces anneaux ont été façonnés dans du bois de 5 centimètres d'épaisseur.

Pour créer un anneau avec ce matériau, nous avons utilisé une dremelle, seul outil disponible. En conséquence, nous avons surévalué chaque dimension dans l'optique de finir l'ajustement au ponçage car la trépanne n'est pas un outil assez précis. Chaque anneau est constitué de 2 couches de 5 millimètres. Une fois les anneaux en place dans le tuyau en PVC, nous voulions les fixer avec des vis depuis l'extérieur. Si les anneaux n'étaient pas assez épais, les vis auraient pu dépasser de chaque côté de la tranche de l'anneau, menant à l'impossibilité de maintenir celui-ci.

Dans une seconde partie, nous avons créé les ailerons ainsi que leur support. Chaque aileron avait une dimension théorique d'insérer les dimensions ». Nous les avons donc tracés sur notre plaque en bois. Une fois les formes dessinées, nous les avons découpées à la dremelle. Nous nous sommes aperçus après la découpe d'une différence de taille notable entre chaque aileron à cause du manque de précision de la dremelle. Nous avons donc utilisé un aileron comme patron en le superposant à chaque autre aileron, ce qui permettait de découper le surplus et d'avoir la même forme pour chaque aileron. Par la suite, dû aux frottements, les ailerons utilisés comme patrons étaient significativement plus petits. Nous nous sommes rendu compte de ce problème lors du C-space et avons donc continué la construction de la fusée n'ayant pas connaissance de ce problème.

Chacun de nos ailerons possédait 2 encoches ayant pour but d'être collés à 2 anneaux. Ainsi, nous avons les 4 ailerons collés à 2 anneaux. Cette étape de collage a été très difficile car les découpes des encoches étaient faites à la dremelle. Par conséquent, sans collage, il était impossible de coller les ailerons contre les anneaux. Il a donc fallu insérer des morceaux de feuilles dans les encoches pour que celles-ci puissent maintenir un minimum les ailerons. Lors du collage avec la colle époxy, nous n'avons eu d'autre choix que de maintenir à la main les différentes pièces pendant la période de collage. Le conseil à noter absolument est de nommer chaque face et chaque

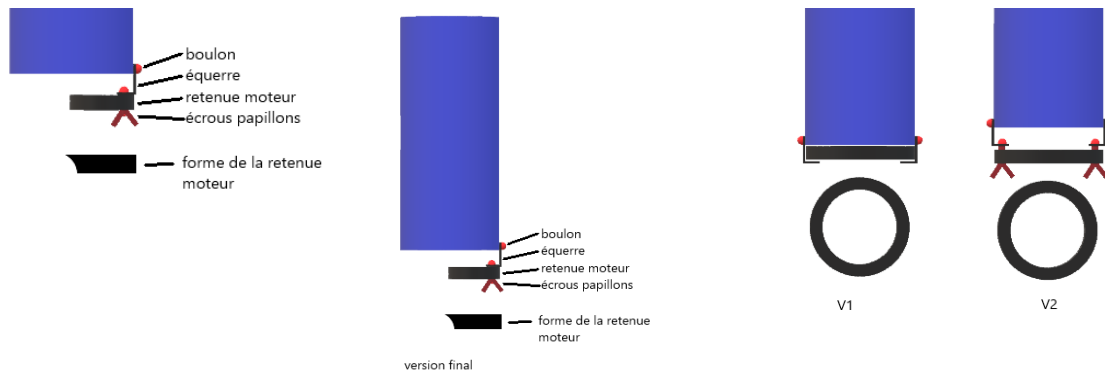
emboîtement. Dans notre cas, à cause du manque d'exactitude de chaque découpe, l'ajustement était propre à chaque pièce. Logiquement, dès lors qu'on changeait une pièce de position ou que nous la retournions, les encoches ne s'emboîtaient plus correctement. Nous nous sommes rendu compte de cela lorsque nous avons recommencé chaque emboîtement par 3 fois.



Une fois ce bloc finalisé, nous sommes passés aux entailles laissant passer les ailerons. Nous avons eu du mal à faire ces entailles car celles-ci se font au millimètre, ce qui est une précision impossible à la dremelle. Nous avons donc fini ces entailles au papier à poncer. Pour que le tout soit fixé, nous avons utilisé de la colle époxy. Lors des tests de la RCE3, nous nous sommes rendu compte que l'espace que nous avons dédié au moteur n'était pas suffisamment long. En effet, dans les mesures utilisées, nous n'avions pas pris en compte la bague du moteur. De plus, il existait un léger jeu de quelques degrés entre le moteur et ses fixations. De ce fait, la tuyère du moteur n'était pas constamment perpendiculaire à la fusée.

Nous avons créé la bague de retenue moteur comme un anneau avec un diamètre intérieur trop petit pour laisser passer le moteur. Cet anneau devait être raccordé au fuselage par 3 équerres métalliques où la retenue moteur serait plaquée entre l'extrémité du fuselage et les équerres. Cependant, n'ayant pas pris en compte la bague du moteur, nous avons dû repenser notre système. La retenue moteur serait donc sur l'extérieur de l'équerre et maintenue à l'aide de boulon. Les boulons seraient fixés depuis l'intérieur de l'équerre et un écrou viendrait se positionner entre la retenue moteur et l'équerre de manière que le boulon soit fixé à l'équerre. Un écrou papillon maintiendrait

la bague de retenue moteur aux boulons. Nous l'avons choisi pour sa facilité d'utilisation.



Pour la trappe qui permettait le relâcher du parachute, nous avons fait un premier trou à la dremelle en ajustement petit et avons pris une chute du tuyau en PVC pour faire la trappe avec un ajustement grand. Nous avons terminé l'ajustement de ces 2 pièces avec du papier à poncer. Nous avons collé 2 cales de part et d'autre du trou de la trappe pour éviter que celle-ci ne tombe dans la fusée. La trappe possédait une cale permettant d'être retenue uniquement lorsque le cerveau moteur était en position fermée. Lorsqu'il était ouvert, il n'était plus en contact avec la celle sur la trappe. Ces pièces ont été imprimées en PLA.

La coiffe est constituée d'un cône en PLA. Nous avons dû le réimprimer une seconde fois car son épaisseur n'était pas suffisante pour utiliser les heats insert, unique moyen utilisé pour maintenir le cône au fuselage et à l'électronique.

Pour l'électronique, nous avons décidé de faire un trou à la manière de la trappe parachute mais sans trappe. Le bloc supportant l'électronique a été imprimé en PLA et était positionné de manière à laisser les interrupteurs visibles depuis le trou électronique. Pour faciliter la mise en place de la batterie et l'accès au bloc électro en cas de soucis, nous avons décidé de lier la cage électro au coin de la coiffe. Cette liaison est faite par 3 tiges métalliques filetées. Avec des heat inserts, nous avons pu visser ces tiges avant de les coller pour maintenir le tout. La cage électro possédait elle aussi des heat inserts sur ses côtés, de manière à, après la création de trous sur le fuselage de la fusée, pouvoir visser des boulons depuis l'extérieur jusqu'aux heat inserts.

Lors du C space, nous avons dû résoudre les problèmes suivants : le jeu du moteur, la résistance du cerveau moteur, les jointures de la trappe parachute, la retenue moteur, les codes lumineux du bloc électro, le câble jack.

Le jeu moteur a été neutralisé par l'ajout d'une 3ème bague. Celle-ci a été imprimée en PLA directement au C space par une autre équipe. Elle a une épaisseur de 2 centimètres de manière à forcer l'orientation du moteur. Seulement, nous avons dû la poncer car le moteur ne passait pas si celui-ci avait des étiquettes. Nous l'avons fixé au fuselage à l'aide de vis. L'intégralité des vis et boulons utilisés étaient de format M4. Une fois cette dernière bague posée, nous nous sommes rendu compte que la bague la plus profonde ne laissait plus passer le moteur avec cette orientation. Elle n'était elle-même pas centrée de quelques millimètres. Nous avons dû la poncer à la queue de rat. Après le ponçage, le moteur passait et était maintenu fermement. Nous nous sommes aussi aperçus que l'anneau de retenue moteur était trop loin. Le moteur avait un jeu de 4 millimètres à la verticale lorsque la fusée était en position de décollage. Nous avons dû retirer les écrous pour supprimer ce jeu. Dès lors, les boulons n'étaient plus retenus et bougeaient lorsque nous essayons de les fixer à la bague de retenue moteur. Nous avons donc décidé de souder les boulons à l'équerre. Les boulons ayant une constitution différente de l'équerre, il a été difficile de souder les deux ensembles. De plus, la bague de retenue moteur s'est avérée trop compliquée, les contrôleurs du C-space nous ont donc conseillé de passer à un rectangle pouvant tourner autour du boulon sur lequel il était fixé. Nous avons donc découpé un rectangle et avons utilisé une seule équerre soudée à un boulon. De plus, nous avons un écrou papillon pour maintenir la retenue moteur à l'équerre. Cet écrou papillon permettait de serrer ou desserrer la retenue moteur dans le but de permettre son déplacement ou non.

La partie du cerveau moteur étant en contact avec celle sur la trappe était en plastique souple. Les contrôleurs craignaient sa souplesse et du risque qu'avec les forces appliquées, la trappe puisse partir en forçant sur cette pièce. Nous avons donc collé par-dessus un morceau métallique découpé au format de cette pièce en plastique.

L'encastrement entre la trappe parachute et son trou était en ajustement serré. Nous devons donc forcer pour que la trappe soit collée au fuselage. Lorsque le cerveau moteur était fermé, la trappe était ouverte de 4 centimètres environ. Lors de la RCE3, cet écart était jugé bénéfique car lorsque la trappe s'ouvrirait, la prise au vent serait instantanée. Malheureusement, pour les contrôleurs lors du C-space, cet écart devait être éliminé. A force de poncer les bords de la trappe et de raccourcir celle-ci, de

manière que celle-ci soit au plus proche de la trappe, l'écart de 4 millimètres a été neutralisé.

Une fois tous ces problèmes résolus, deux autres sont apparus. Nous n'avions pas pris en compte que le câble jack puisse être arraché lors du décollage. Celui-ci étant inséré à 45 degrés par rapport au sol, il aurait fallu un angle beaucoup plus aigu entre la fusée et le câble. Dans notre cas, lors des simulations de décollages effectuées, le câble avait tendance à s'arracher, laissant la prise jack mâle dans la prise jack femelle. Nous n'étions pas sûrs du déclenchement de la minuterie lors de ce cas. Pour résoudre ce problème, nous avons changé le code. Une fois le code changé, que la prise mal se décroche lors du décollage ou que le câble s'arrache, la minuterie était déclenchée.

Enfin, lors du dernier jour de validation possible des mini fusées, une des 2 leds permettant de définir l'état de la fusée a lâché. Nous avions une LED rouge et une LED verte. Ces deux LED permettaient une combinaison de signaux lumineux permettant à l'artificier de savoir si la fusée était en attente du décollage, que le minuteur du parachute était déclenché et ainsi de suite. Nous avons donc décidé de repenser le système lumineux avec une seule LED. Ce choix a été motivé par l'absence d'une LED de secours, mais aussi du fait que personne présente au C-space n'était capable de souder proprement la LED

Description électronique et informatique :

Le système électronique de la mini-fusée est centré sur le contrôle du dispositif de récupération. L'Arduino Nano pilote la séquence de déploiement du parachute grâce à une minuterie interne déclenchée lors du décollage par la détection d'un court-circuit produit par une prise jack. L'ouverture est assurée par un petit servomoteur commandé par la carte, après un délai calibré pour correspondre à l'apogée estimée.

L'alimentation de cette partie a été réalisée par une pile. Ce choix, plus simple à intégrer, s'est toutefois révélé limitant en termes de stabilité de tension mais avec une excellente autonomie.

Pour répondre aux contraintes imposées par Planète Sciences, le système intègre des interrupteurs et des LED, permettant à la fois la mise sous tension et le contrôle visuel de l'état du dispositif durant toutes les étapes des procédures au sol ainsi que durant le vol.

Une erreur notable dans la conception a été le recours à une prise jack audio comme système de détection du décollage. Ce composant, conçu pour le transport de signaux faibles, n'était pas adapté. Ce choix a généré des dysfonctionnements, notamment un risque de faux contacts, qui ont complexifié la fiabilité du système lors des essais.

L'ensemble du câblage a été soudé et fixé sur un support en PLA imprimé en 3D, garantissant une certaine robustesse mécanique malgré les vibrations et contraintes du vol. Les tests au sol ont validé le fonctionnement général, tout en mettant en évidence les limites liées au choix de l'alimentation et du système de détection du décollage.

Expérience :

L'objectif initial de notre mini-fusée était d'embarquer une expérience scientifique afin de compléter la dimension technique du projet par une démarche expérimentale. Nous avions prévu d'exploiter les capteurs intégrés de la carte Arduino Nano 33 BLE Sense pour mesurer différents paramètres durant le vol, tels que l'accélération et la température. Ces données auraient permis de comparer les résultats expérimentaux aux valeurs estimées lors des simulations, et d'analyser plus finement le comportement de la fusée en vol.

L'enregistrement devait se faire sur une carte micro-SD, rendant possible une exploitation post-vol des résultats.

Cependant, par manque de temps, cette partie expérimentale n'a pas pu être finalisée ni embarquée lors de la campagne de lancement. Malgré cela, l'équipe a acquis de précieuses compétences dans la conception électronique et la préparation de l'expérience, ce qui constitue une base solide pour de futurs projets.

Conclusion :

La réalisation de notre première mini-fusée au C'Space 2025 a constitué une expérience formatrice et enrichissante pour l'ensemble de l'équipe. Ce projet nous a permis de mettre en pratique nos connaissances acquises en cours tout en développant de nouvelles compétences en gestion de projet, conception mécanique et intégration électronique. Malgré certaines difficultés techniques, notamment liées au choix de l'alimentation et du système de détection du décollage, nous avons su trouver des solutions et mener la fusée jusqu'au lancement.

Au-delà de l'aspect technique, cette aventure nous a également appris à travailler en équipe, à gérer les imprévus et à garder une organisation rigoureuse face aux délais. La réussite de ce projet, première mini-fusée de notre campus, représente une fierté pour chacun d'entre nous.

Ce travail constitue une base solide pour les futures équipes qui souhaiteront développer des projets similaires. Les améliorations identifiées, comme l'utilisation d'un système de détection plus fiable ou d'une alimentation plus stable, serviront de points de repère pour poursuivre l'évolution et l'optimisation de nos mini-fusées lors des prochaines éditions du C'Space.

Remerciements :

Nous tenons à remercier chaleureusement **Planète Sciences** et le **CNES** pour l'organisation du C'Space et pour leur accompagnement tout au long du projet. Leur soutien logistique et technique a été précieux pour la réussite de cette aventure.

Nous remercions également notre établissement **ELISA Aerospace** pour la mise à disposition des locaux et des ressources nécessaires.

Nous remercions aussi toutes les équipes présentes au C'space pour cette ambiance fantastique et l'entraide qu'ils ont fait preuve

Enfin, un grand merci à **Sim'Elisa** de nous avoir prêté leurs outils pour la construction de la fusée.