



# ALBA



## CANSAT BI-ÉTAGE COMMUNIQUE À UNE STATION SOL

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| Date:                  | Jul 1, 2025   |
| Responsable du projet: | Nathan DELIOT |
| Association:           | Aerolpsa      |



# TABLE DES MATIÈRES

|                           |    |
|---------------------------|----|
| L'association et l'équipe | 3  |
| Le projet                 | 5  |
| Configuration du CanSat   | 6  |
| Missions principales      | 7  |
| Missions secondaires      | 10 |
| Résultats                 | 12 |
| PCBs                      | 14 |
| Poster                    | 18 |
| Remerciements             | 19 |

# L'ASSOCIATION: AÉROIPSA



L'association étudiante Aéroipsa voit le jour en 1992. Elle rassemble des passionnés d'astromodélisme et fait désormais naître de nouveaux projets chaque nouvelle année académique. Elle accompagne des projets à complexité variable et inclut chaque promotion de notre école.

La dynamique de l'association repose sur le partage de connaissances. Chacun enseigne donc son savoir et ses expériences, et apprend des autres.

La mise en place de ce projet n'aurait pu voir le jour sans le soutien de notre association étudiante. Initialement férus de fusées en tout genre, nous avons étendu notre champ d'expérimentation jusqu'au Concours CanSat France depuis maintenant 4 ans. Mais notre intérêt pour les CanSats et autres charges utiles largables remonte à bien avant et ne diminuera pas de sitôt.





# L'ÉQUIPE

Notre équipe est composée de 7 membres. Une répartition précise des responsabilités nous a permis de percevoir clairement l'avancement global du projet grâce aux efforts de chacun.

Responsable du pôle électronique: Nathan DELIOT

Responsables du pôle mécanique et structure: Théophile GRAFFIN et Nathan DELIOT

| Electronique    | Mécanique et Structure |
|-----------------|------------------------|
| Nathan DELIOT   |                        |
| Lyaunnah OTHILY | Théophile GRAFFIN      |
| Nour MOHAMMED   | Arthur PAULHAC         |
| Marie JOLY      | Emilie MICHELOT        |



Membres de l'équipe présents au CSPACE 2025



# LE PROJET



Notre projet de CanSat (Canette-Satellite), ALBA, s'aligne sur les exigences présentées par le concours CanSat au CSPACE 2025. Il s'inspire des méthodes de séparation des sondes interplanétaires utilisées dans l'industrie, qui se séparent en l'air pour ralentir leur chute.

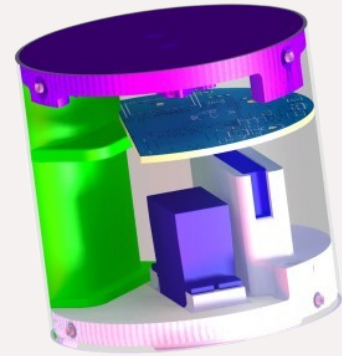
Nous avons conçu un CanSat bi-étage de 33 cl. Celui-ci communique avec une station au sol qui affiche en temps réel des données communiquées par les modules en vol.

# CONFIGURATION DU CANSAT

Par souci d'organisation, nous avons nommé chaque partie de notre CanSat. Chacune possède une spécificité et est optimisée pour répondre à nos contraintes le plus efficacement possible.

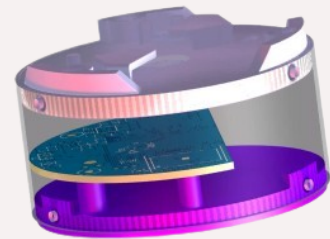
## HELIOS

C'est notre unique module à la fois émetteur et récepteur. Il est chargé de la séparation des modules, le calcul de la distance entre ces derniers, la réception des données de Selene et l'envoi de toutes les données à la station sol Gaia. Il stocke aussi le parachute de la partie basse du CanSat Selene.



## SELENE

Ce module est exclusivement émetteur. Il communique en permanence, à la fois à Helios et à Gaia.



## GAIA

Notre station sol. Equipée d'une antenne 2.4 GHz, elle reçoit en direct les informations envoyées par les deux modules en vol. Cela nous permet entre autres de vérifier la connexion aux satellites, de retracer les trajectoires de vol et de s'assurer du bon déroulement des missions.

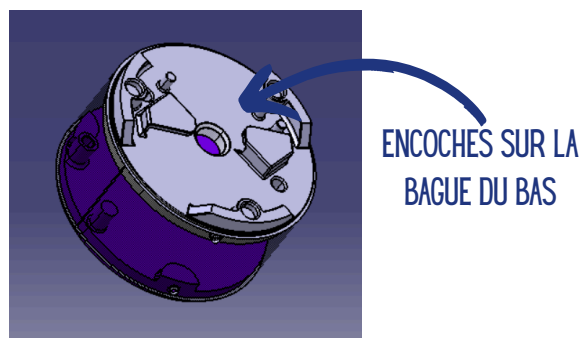
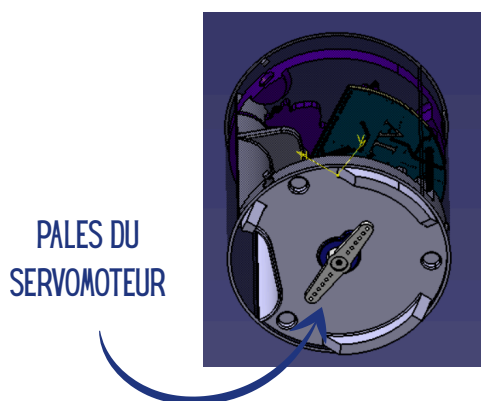


# MISSIONS

## MISSION PRINCIPALE : SÉPARATION

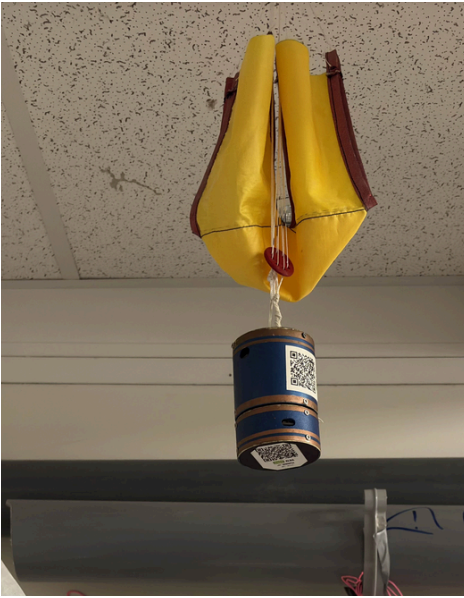
La première mission nécessitait une séparation du CanSat à une altitude comprise entre 40 et 60 mètres du sol. Pour répondre à cette problématique, nous avons imaginé un système de fixation entre les deux modules, qui s'ouvrira en vol. En se basant sur les données perçues par GPS (**SAM M10Q**), nous avons fixé la hauteur de séparation à 50 mètres, de sorte à être exactement dans l'intervalle imposé.

Notre système de séparation inclut un servomoteur pour bloquer le module du haut à celui du bas. La pale rectiligne du servomoteur vient se fixer sur des encoches créées sur la bague du bas. Les angles d'ouverture et de fermeture sont inscrits dans le code de notre microcontrôleur ESP32C6. L'ordre d'ouverture n'est donné que dans la descente, à 50 mètres en se basant sur l'altitude obtenue par le capteur d'atmosphère **BME680**. L'altitude est déduite par le capteur en fonction de la pression. Avant chaque largage, nous calibrons la pression atmosphérique du BME680.



Pour garantir une séparation nette en vol, nous avons intégré des aimants disposés en configuration antipolaire, de sorte à ce qu'ils se repoussent. Ensuite, une fois le système d'attache libéré, les deux modules se repoussent immédiatement, assurant ainsi une séparation claire et visible.



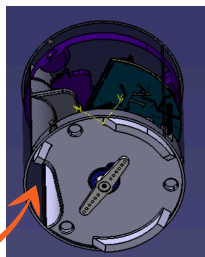
| CanSat assemblé                                                                  | CanSat séparé                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |

## RÉCUPÉRATION

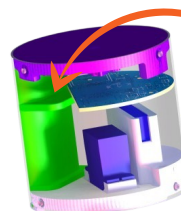
Notre système de récupération repose sur deux parachutes créés proportionnellement aux modules du CanSat. Ils ont deux vitesses de descentes différentes que nous avons aussi pu observer lors des largages.

De plus, on peut retrouver une rampe verticale en impression 3D dans Helios nous permettant de ranger le parachute du module Selene tout en gardant le pliage optimal pour le déploiement lors de la séparation.

EMPLACEMENT DU  
PARACHUTE



EMPLACEMENT DE  
LA RAMPE

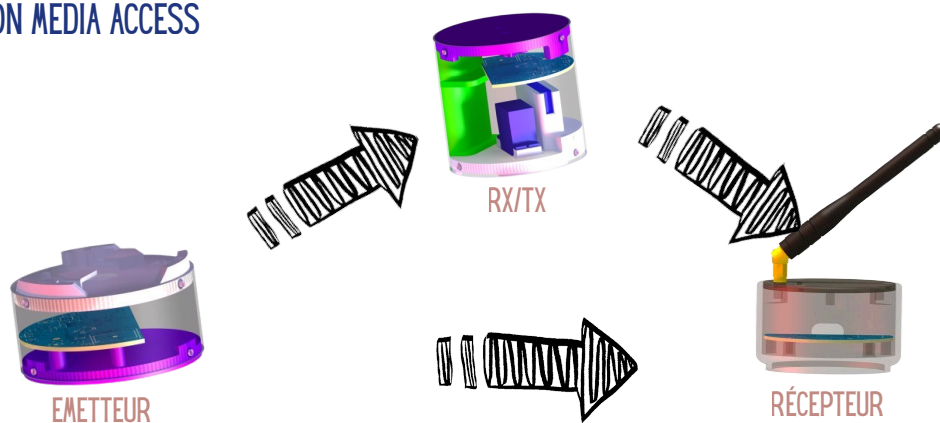


# MISSION PRINCIPALE : TRANSMISSION

Un second impératif de ce projet était la communication entre les modules de l'altitude et d'une donnée de l'atmosphère, en temps réel. Nous avons décidé de communiquer l'altitude obtenue par le GPS ainsi que les données mesurées par le capteur d'atmosphère (**BME680**) de Selene à la station sol et à Helios. La trame de données créée grâce à des structures suit une configuration identique pour les deux modules. Helios envoie une information additionnelle à la station sol, la distance entre les deux modules, calculée à l'aide de la formule d'haversine.

Nous avons choisi un module de communication LoRa1280 pour nos modules et notre station sol. C'est entre autres parce qu'il permet une communication longue distance en 2.4 GHz. Chaque carte électronique est équipée d'une antenne omnidirectionnelle et d'un microcontrôleur ESP-32. Un interrupteur accessible depuis la peau du CanSat nous a permis de réaliser tous les tests en amont du premier lancer.

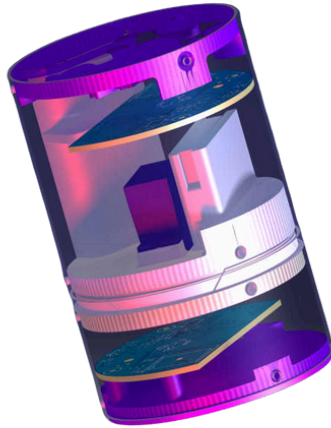
## TIME DIVISION MEDIA ACCESS



La trame de données pour chaque module est identique à l'exception de la distance calculée par Helios. Elle commence systématiquement par un identifiant pour permettre le traitement rapide des trames reçues. Afin d'obtenir des résultats cohérents et exploitables, nous avons mis en place un Time Division Media Access. Par conséquent, Helios n'enverra ses données qu'une fois qu'il reçoit les coordonnées de Selene. Le délai entre chaque envoi de trame de Selene a été déterminé arbitrairement.

## MISSION SECONDAIRE : RÉTRÉCISSEMENT

Le défi de la miniaturisation du CanSat suscitait déjà un grand intérêt pour nous. C'est naturellement que nous avons cherché à rétrécir le CanSat de sorte à ce qu'il fasse exactement 33 cl. Pour cela, nous avons dû optimiser l'espace dans le CanSat, en terme de solution mécanique mais aussi d'intégration électronique. Nous avons entre autres pris la décision de ne pas inclure d'interface graphique sur la peau du CanSat. Toutes les manipulations de tests sont faites à l'aide d'interrupteurs et de LEDs.



## MISSION SECONDAIRE : INSTRUMENTATION CASSÉE

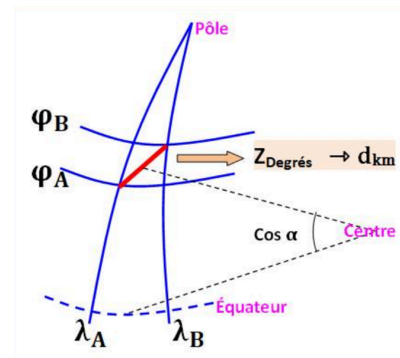
Dans l'optique de déclencher la transmission des données d'Hélios, nous avons inclus une centrale inertielle (**BMO055**, IMU: inertial measurement unit) sur notre circuit imprimé. Composé de gyromètres et d'accéléromètres, cet instrument aurait aussi pu nous permettre de déduire notre altitude, dans le scénario où l'altitude principale serait défectueuse.

Malheureusement, malgré nos nombreuses tentatives de compréhension du problème, nous ne sommes pas parvenu à obtenir des données de cette instrument de mesure. Dans le premier cas, la centrale inertielle a été remplacée par un câble jack, relié à notre microcontrôleur. Celui-ci sera également relié au largueur attaché au drone lors du largage. La rupture déclenche le début de l'expérience d'Helios.

## MISSION SECONDAIRE : DISTANCE

Afin de calculer la distance entre les deux modules en temps réel et la communiquer à la station sol, nous avons utilisé la fonction haversine. Celle-ci prend en compte la courbure de la Terre dans les calculs. L'altitude et les coordonnées utilisées sont obtenues grâce au GPS. Nous avons affiché le nombre de satellites via notre station au sol afin de garantir l'exactitude des données. Les faibles distances calculées nous assurent des erreurs de calculs minimales. Nous n'avons donc pas à les prendre en compte. Cependant, l'outil de mesure (GPS SAM M10Q) présente une incertitude de 5 mètres, qui constituera notre erreur.

$$d = 2r \arcsin\left(\sqrt{\text{hav}(\varphi_2 - \varphi_1) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \text{hav}(\lambda_2 - \lambda_1)}\right)$$
$$= 2r \arcsin\left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) + \cos(\varphi_1) \cos(\varphi_2) \sin^2\left(\frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2}\right)}\right)$$



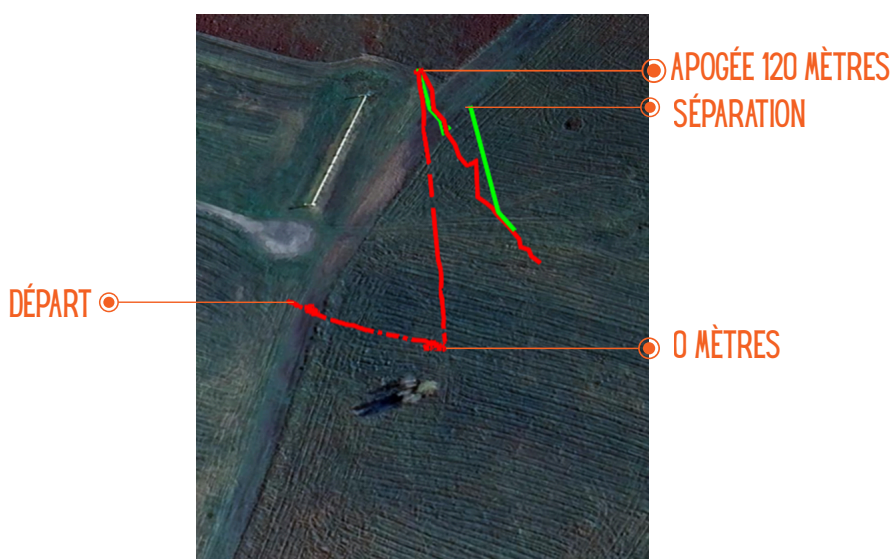
Dans notre cas, les distances obtenues sont relativement précises car toutes les données utilisées viennent des mêmes outils de mesures. Les données de chaque module étaient cohérentes, permettant une erreur minimale.

# RÉSULTATS

Dans le cadre de la campagne de lancement du CSpace 2025 à la 19ème édition du Concours CanSat, nous avons effectué trois largages de notre CanSat. Au cours de ceux-ci, nous avons enregistré les données obtenues afin de les afficher et d'avoir une interprétation visuelle de la trajectoire des CanSats avant et après leur séparation. Nous pouvons observer ci-dessous la trajectoire de notre vol officiel sur la zone de largage CanSat, le mardi 8 juillet 2025. Après avoir calibré la pression atmosphérique pour chacun des capteurs atmosphériques, nous avons obtenu des données en continue et en temps réel durant notre vol.

SELENE

HELIOS



SELENE

HELIOS



Après notre premier essai, nous avons, sur conseils des debuggers, choisi d'utiliser un logiciel de récupération des données pour notre station sol. Cela n'a pas changé notre fonctionnement et nous pouvons toujours monitorer nos données de la même façon.

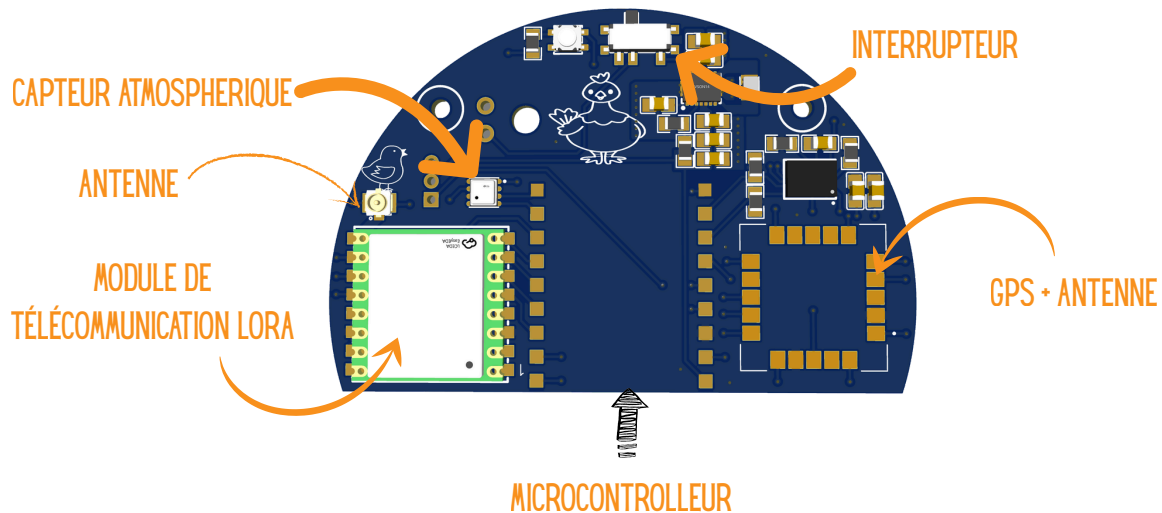


Voici un échantillon des trames de données récupérés, que nous utilisons par la suite pour tracer nos graphiques. L'identifiant 0 correspond à la Selene et l'identifiant 1 correspond à Helios. Seul Helios est équipé d'un capteur d'atmosphère.

| ID | Date       | Heure    | Lat       | Lng       | Alt    | Sat | Temp  | Hum   | Pres  | Gaz  | Alt_sol | distHaversine |
|----|------------|----------|-----------|-----------|--------|-----|-------|-------|-------|------|---------|---------------|
| 1  | 08/07/2025 | 10:22:54 | 43.221527 | -0.052302 | 543.50 | 12  | 30.85 | 33.53 | 95914 | 2416 | 84.13   | 7             |
| 0  | 08/07/2025 | 10:22:56 | 43.221497 | -0.052251 | 529.30 | 12  | 0.00  | 0.00  | 0     | 0    | 0.00    | 0             |
| 1  | 08/07/2025 | 10:22:55 | 43.221508 | -0.052275 | 536.50 | 12  | 30.83 | 33.31 | 95986 | 2416 | 77.70   | 7             |
| 0  | 08/07/2025 | 10:22:57 | 43.221481 | -0.052228 | 522.20 | 12  | 0.00  | 0.00  | 0     | 0    | 0.00    | 0             |
| 1  | 08/07/2025 | 10:22:56 | 43.221504 | -0.052251 | 529.40 | 12  | 30.83 | 33.08 | 96065 | 2816 | 71.02   | 7             |
| 0  | 08/07/2025 | 10:22:58 | 43.221474 | -0.052207 | 515.20 | 12  | 0.00  | 0.00  | 0     | 0    | 0.00    | 0             |
| 1  | 08/07/2025 | 10:22:57 | 43.221489 | -0.052228 | 529.40 | 12  | 30.83 | 32.81 | 96145 | 3572 | 64.08   | 14            |
| 0  | 08/07/2025 | 10:22:59 | 43.221458 | -0.052176 | 508.10 | 12  | 0.00  | 0.00  | 0     | 0    | 0.00    | 0             |
| 0  | 08/07/2025 | 10:22:59 | 43.221458 | -0.052176 | 508.10 | 12  | 0.00  | 0.00  | 0     | 0    | 0.00    | 0             |
| 1  | 08/07/2025 | 10:22:57 | 43.221489 | -0.052228 | 529.40 | 12  | 30.84 | 32.59 | 96226 | 3513 | 57.05   | 21            |
| 0  | 08/07/2025 | 10:23:00 | 43.221443 | -0.052168 | 508.10 | 12  | 0.00  | 0.00  | 0     | 0    | 0.00    | 0             |
| 0  | 08/07/2025 | 10:23:01 | 43.221436 | -0.052160 | 508.10 | 12  | 0.00  | 0.00  | 0     | 0    | 0.00    | 0             |
| 1  | 08/07/2025 | 10:22:57 | 43.221489 | -0.052228 | 529.40 | 12  | 30.83 | 32.38 | 96307 | 3809 | 50.03   | 21            |
| 0  | 08/07/2025 | 10:23:01 | 43.221436 | -0.052160 | 492.20 | 12  | 0.00  | 0.00  | 0     | 0    | 0.00    | 0             |
| 1  | 08/07/2025 | 10:23:01 | 43.221443 | -0.052150 | 529.40 | 12  | 30.82 | 32.21 | 96387 | 4408 | 43.62   | 44            |
| 0  | 08/07/2025 | 10:23:02 | 43.221416 | -0.052120 | 484.90 | 12  | 0.00  | 0.00  | 0     | 0    | 0.00    | 0             |
| 1  | 08/07/2025 | 10:23:01 | 43.221443 | -0.052150 | 529.40 | 12  | 30.81 | 32.02 | 96455 | 4408 | 37.39   | 50            |

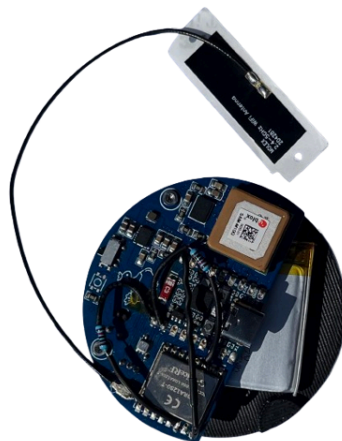
# PCB

Dans un souci de compréhension, nous présentons une de nos cartes électroniques ci-dessous sous forme de schéma puis de photographie. Elle sont toutes de la même forme afin de faciliter l'intégration électronique dans le CanSat et la station sol. Nous les avons conçues sur le logiciel EasyEDA.



Ci-dessous, nous présentons la version physique de la carte électronique du module Selene. Il est équipé de la même antenne omnidirectionnelle qu'Helios. A sa différence, il ne contrôle aucun servomoteur et se comporte uniquement comme un émetteur.

CARTE ÉLECTRONIQUE DE SELENE:



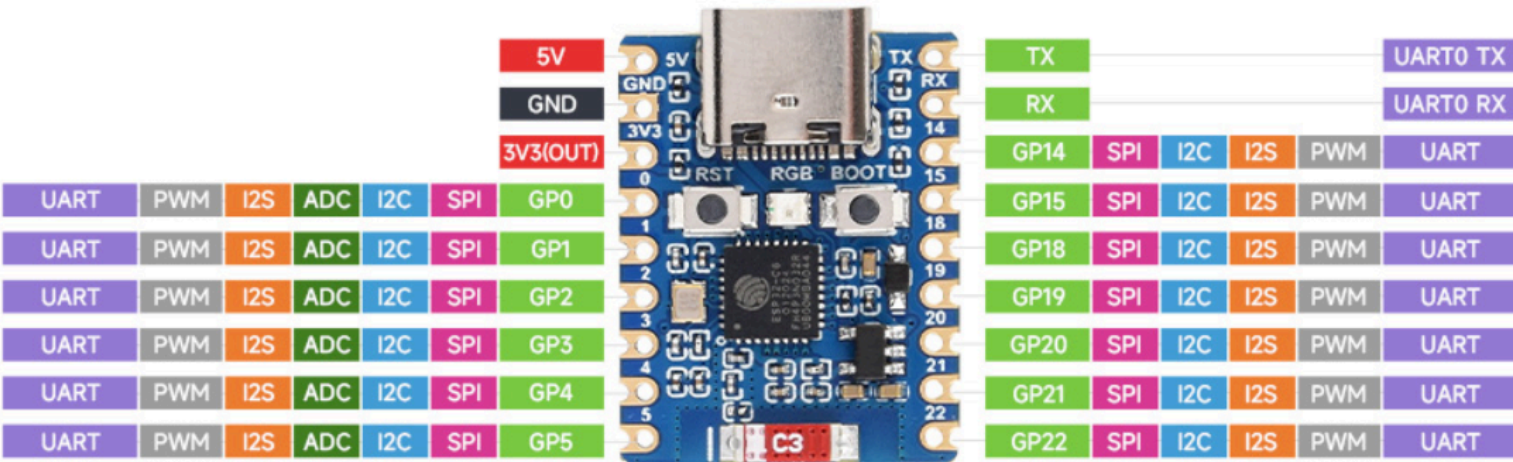
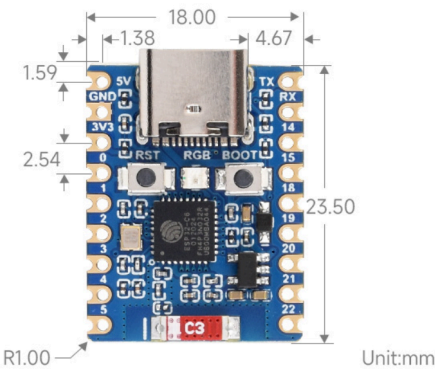
# COMPOSANTS

Afin de poursuivre, nous allons détailler les composants utilisés dans notre CanSat. Comme vu précédemment nous sommes partis sur deux PCBs identiques pour une question de budget. Nous avons alors cherché à optimiser notre CanSat et sa PCB afin que nous puissions facilement intégrer l'électronique.

## Microcontrôleurs :

Le microcontrôleur que nous avons utilisé est l'ESP32-C6 MINI, de Waveshare. Il embarque avec lui les caractéristiques suivantes : ESP32-C6FH4, Dual Processors, 160MHz Running Frequency, 2.4GHz WiFi 6 & Bluetooth 5.

Nous avons choisi ce microcontrôleur car en plus d'être suffisamment puissant pour notre utilisation, il est parfaitement adapté à notre mission et ses contraintes au vu de sa taille.



## GPS : SAM M10Q



Notre GPS est un module SAM M10q équipé d'une antenne omnidirectionnelle sous forme de patch. On le retrouvera sur les cartes électroniques d'Helios et Selene.

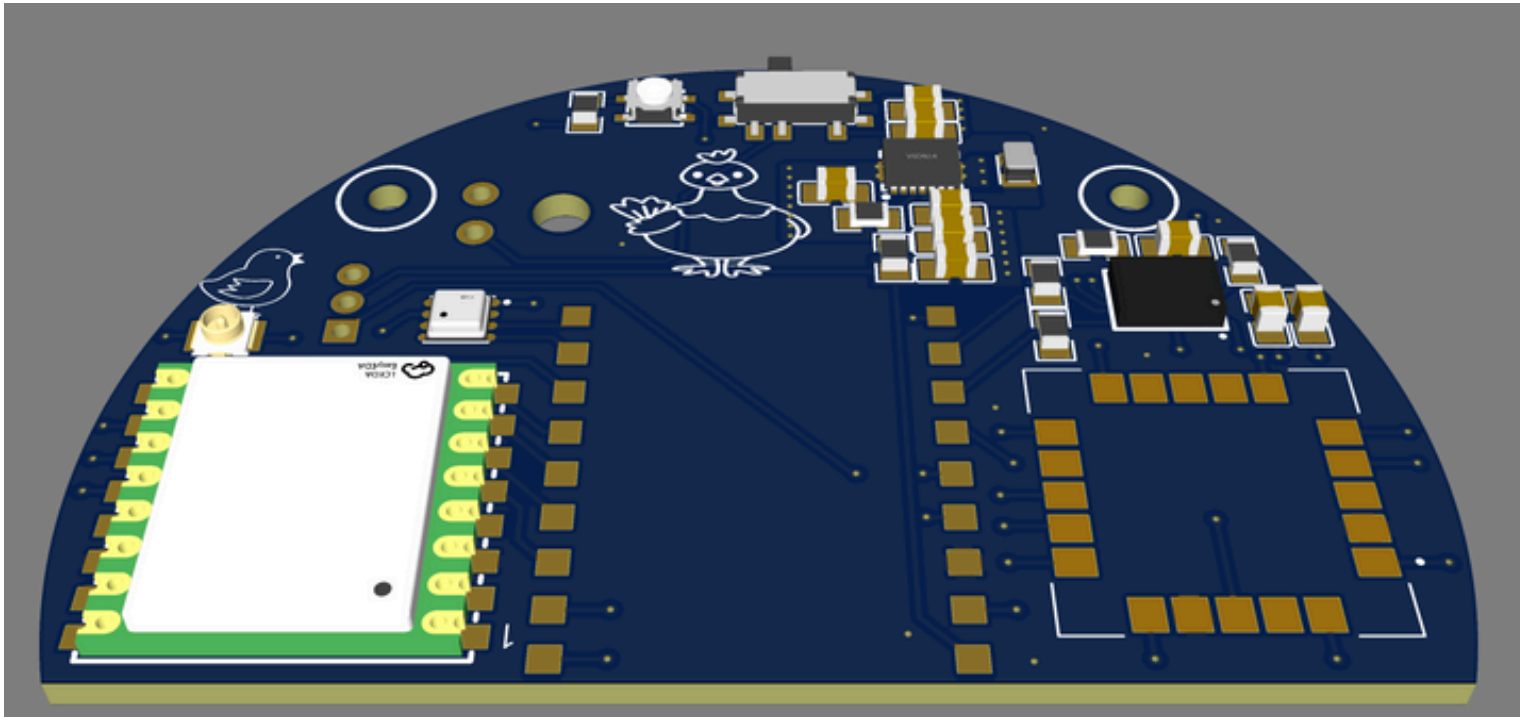
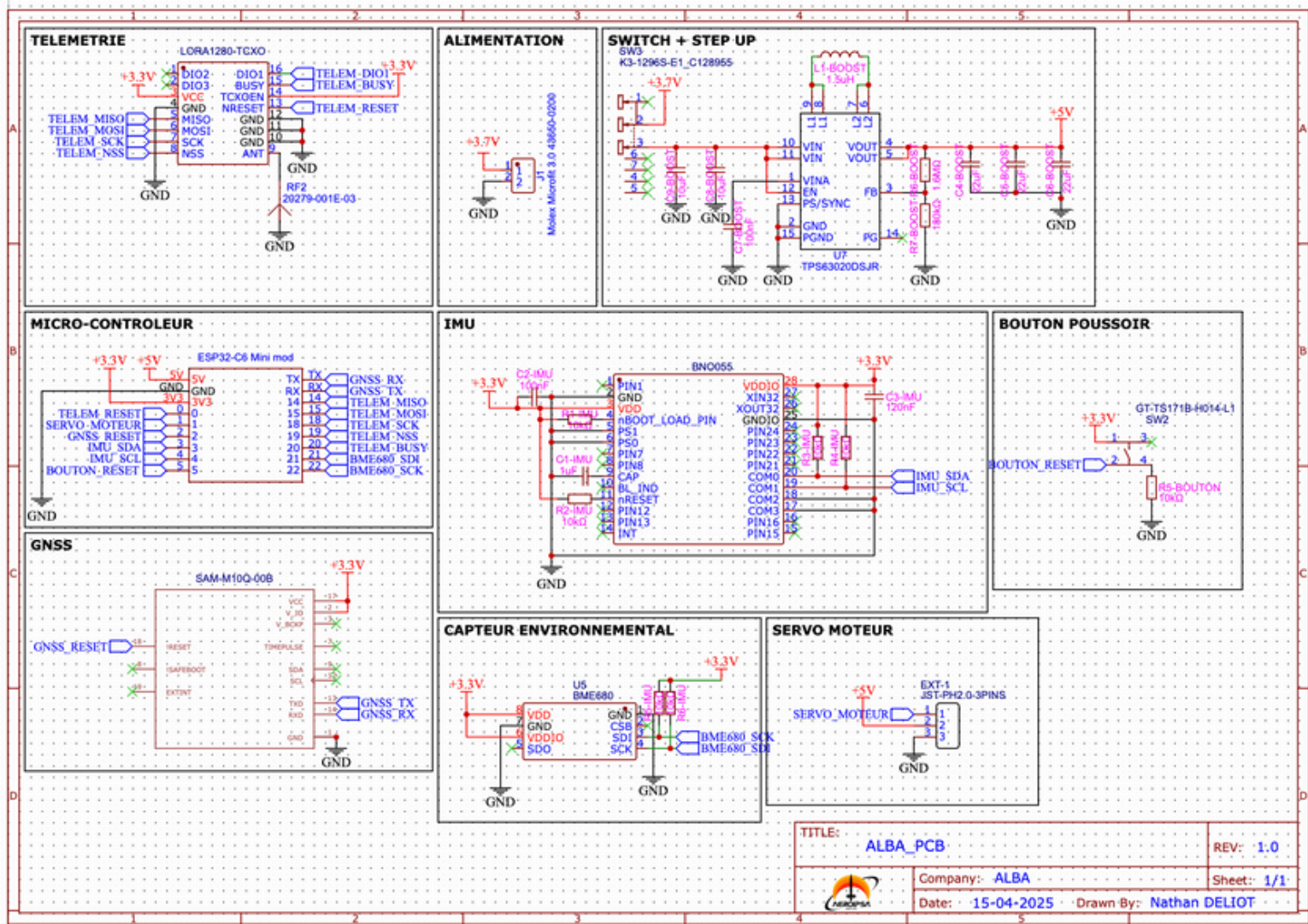
## Module de télécommunication LoRa SX1280:

Nous avons choisi ce module en raison de la fréquence qu'il utilise, de la portée qu'il permet d'atteindre et du faible impact qu'ont les interférences.

## Centrale inertielle BNO055:

Dans le cadre d'une de nos missions secondaires nous avons sélectionné la centrale inertielle présentée ci-dessous. Elle communique avec notre microcontrôleur via le bus I2C et est intégrée à la carte en SMD. Comme nous l'avons vu précédemment, ce composant n'a finalement pas pu être utilisé dans notre expérience officielle.







# POSTER



# ALBA

## MULTISTAGE CANSAT COMMUNICATING WITH GROUND STATION



### MISSIONS DESCRIPTION

#### 33 CL VOLUME

We decided to develop a small-sized CanSat. To reach this objective, we optimized the number of PCBs and their shape, leaving space for the separation system while adding the necessary sensors.

#### CANSAT SEPARATION

With the aim of splitting the CanSat in two, a Servo with propeller has been integrated into the upper part of the CanSat. It is locked at a certain angle thanks to the shape of the connected lower part. Moreover, we integrated repulsive magnets to facilitate the separation process.

#### COMMUNICATION

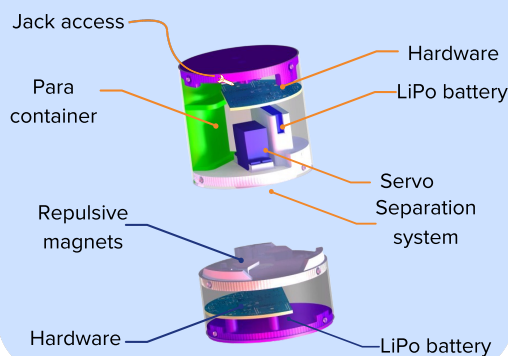
The two parts of the CanSat are equipped with multidirectional antennas. They allow a smooth communication between themselves. Moreover, they both send periodically a flux of data to the ground station. Since they communicate with the same frequencies, we made sure that they do not emit at the same time to avoid interferences.

#### RANGING

Without the assistance of the ground station, the lower part of the CanSat (Selene) sends its coordinates and altitude to the upper part (Helios). The latter computes the distance and send it back to the ground station Gaïa.

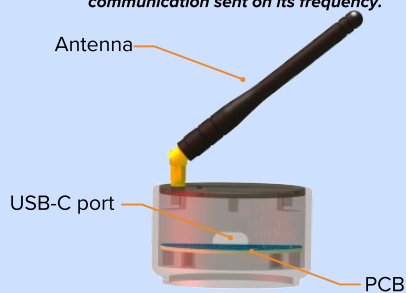
### CANSAT DESCRIPTION

*Our CanSat ALBA aims to separate two communicating modules and communicate major data to our ground station.*

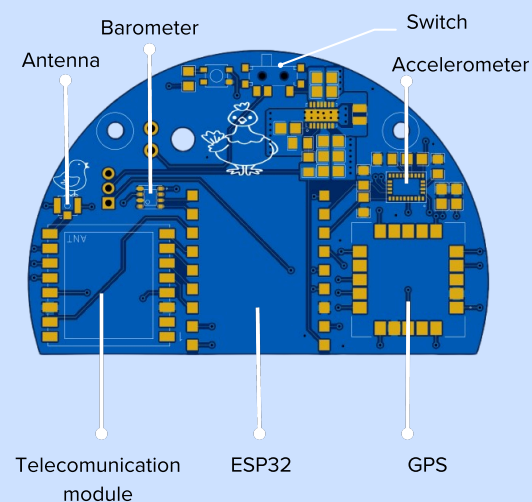


### GAÏA STATION DESCRIPTION

*Our ground station Gaïa receives every communication sent on its frequency.*



### PCB CONFIGURATION



*Each part of our CanSat is equipped with a PCB such as this one. It allows an efficient communication process and sensors for further computations.*

### MADE WITH LOVE BY:

Nathan DELIOT  
Théophile GRAFFIN  
Lyaannah OTHILY

Arthur PAULHAC  
Emilie MICHELOT  
Nour MOHAMMED  
Marie JOLY



# REMERCIEMENTS

Afin de terminer ce rapport, je souhaite remercier toutes les personnes m'ayant accompagnées au cours de ce projet, à commencer par mes membres qui depuis le début travaillent avec ferveur sur celui-ci. Je tiens également à remercier l'association Aerolpsa sans laquelle la réalisation de ce projet n'aurait pas eu lieu. Enfin, pour finir je remercie tout particulièrement Planète-Sciences et ses bénévoles pour avoir organisé le concours CanSat ainsi que le CSpace auquel nous avons pu participé cette année 2025.

