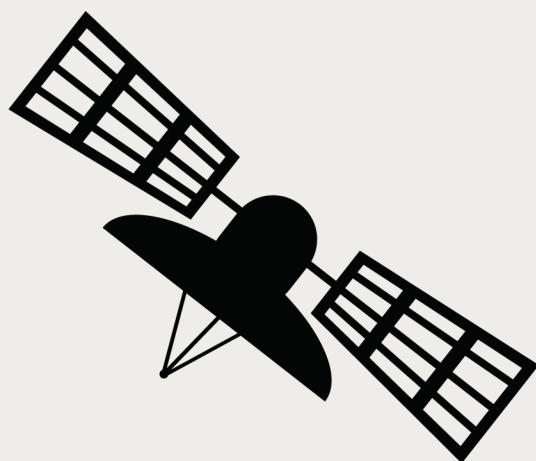


INT'OSPACE



Rapport C'space 2025

DU 7 AU 12 JUILLET 2025



SOMMAIRE



1 Le club

2 Le projet et L'équipe

3 Conception du projet

1. Mécanique et CAO
 2. Parachute
 3. Electronique
-

4 Problème avant le Largage

1. Mécanique et CAO
 2. Electronique
-

5 Résultat du C'space

1. Mission Principale
 2. Missions secondaires
-

6 Bilan

7 Conclusion et remerciements

8 Références

1. Le club



INT'oSpace est le club d'aéronautique et d'ingénierie spatiale de Télécom SudParis, fondé en novembre 2024. Sa création est née d'un constat simple : malgré la richesse de la vie associative de l'école, aucun club n'était dédié au spatial. Nous avons voulu combler ce manque en lançant une structure qui permette aux étudiants de s'initier à la conception de systèmes embarqués et aux projets d'ingénierie liés à l'espace.

Dès le départ, notre objectif a été de créer un club pédagogique et concret, capable de mener des projets ambitieux tout en formant ses membres. Notre rattachement à Minet, une des plus grosses association du campus, nous avons pu acquérir le matériel de base indispensable (imprimante 3D, composants électroniques, consommables).

Afin de financer les projets, l'équipe a également organisé plusieurs stands sur le campus (vente de gâteaux, cookies, etc.). Ces actions, en plus de fédérer les étudiants autour du club, ont permis de lever des fonds complémentaires. À cela s'ajoute un soutien financier direct de l'école, qui a reconnu la valeur formatrice du projet et souhaité encourager cette nouvelle initiative.

1. Le club



Enfin, nous avons eu la chance de recevoir un coup de pouce extérieur : certaines cartes électroniques nous ont été fournies par Semtech. Ce n'était pas un partenariat officiel, mais plutôt un geste de soutien, car l'entreprise a apprécié notre projet et a voulu nous aider à le concrétiser.

Finalement, INT'oSpace a choisi le concours C'Space - CanSat France comme projet fédérateur. L'objectif était double : acquérir une première expérience concrète et poser les bases pour les futures générations d'élèves. Ce rapport a également pour vocation de servir de référence et d'outil de transmission pour un club encore en développement, afin d'assurer la continuité et la progression des projets à venir.



2. Le projet



Le CanSat conçu par le club a été baptisé Gemini, en référence à la constellation des Gémeaux composée de deux étoiles jumelles. Ce nom illustre le choix d'une architecture en deux modules séparés, conformément à la mission principale du concours.

Mission principale

Le règlement impose que le CanSat se sépare en deux parties entre 40 et 60 mètres d'altitude, la chaîne de séparation devant résister à une traction de 30 N.

Dans notre projet Gemini, nous avons conçu un système basé sur un crochet mécanique imprimé en 3D. Après séparation, chaque module devait descendre de manière autonome grâce à son parachute, avec une vitesse comprise entre 2 m/s et 15 m/s (spécification REQ 14 du règlement).

Missions secondaires

Mission 3 : Instrumentation cassée

Cette mission consiste à déterminer l'altitude avec un capteur autre qu'un GPS ou altimètre barométrique.

Mission 4 : Distance

Il s'agit de mesurer la distance entre les deux modules et de l'envoyer par télémétrie.

→ Nous avons envisagé d'utiliser les données de la transmission radio comme estimation indirecte



L'équipe



L'équipe était composée d'étudiants de 1ère et 2ème année. Cette diversité a été une force en termes de dynamisme, mais aussi un défi, les niveaux d'expérience étant très différents.

- Chef de projet : coordination générale, suivi du calendrier.
- Pôle mécanique : modélisation 3D, impression et conception du système de séparation.
- Pôle électronique : intégration des cartes électronique, capteurs et transmission radio.

Ci-joint un tableau présentant les membres les plus investis dans le projet CanSat Gemini.

D'autres étudiants du club ont apporté une aide ponctuelle à certaines étapes, mais ils ne souhaitent pas s'engager pleinement dans le projet.

Nom	Rôle dans le projet
Clément Bondaz-Sansson	Gestion de projet / Assemblage mécanique
Nihel Tadjerouni	Gestion de projet / CAO / Conception du parachute
Chadi Ait Ekioui	CAO / Assemblage mécanique
Mael Hostettler	Électronique / Codage

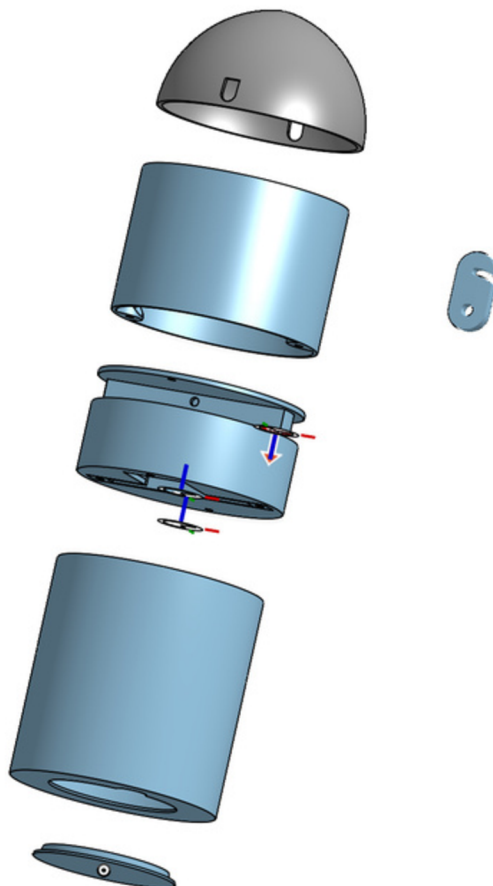
3. Conception du projet



Mécanique et CAO

La structure a été intégralement modélisée sous Fusion 360 et Onshape, puis imprimée en 3D.

Le système de séparation repose sur un crochet maintenu par un servomoteur, capable de résister à l'effort de maintien et de libérer les deux modules sur commande. Plusieurs prototypes ont été réalisés avant de retenir cette solution. De plus nous avons prévu deux systèmes d'éjection par servomoteurs, avec des couvercles coniques pour libérer chaque parachute. Mais sur conseil de nos encadrants, nous avons simplifié : un seul parachute est éjecté activement, tandis que l'autre se déploie automatiquement dès la séparation. Cette solution garantit la fiabilité tout en réduisant la complexité.



3. Conception du projet



Parachute

Pour respecter le règlement, notre CanSat devait assurer une vitesse de descente d'environ 5 m/s. Connaissant la masse d'un CanSat (260 g), nous avons pu calculer la surface de parachute nécessaire à l'aide de la formule suivante :

$$s = \frac{2mg}{v^2 \rho C_d} \approx 1660 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} m &= 260 \text{ g} \\ g &= 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\ v &= 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ \rho &= 1,225 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \\ C_d &\approx 1 \end{aligned}$$

Concernant le design, nous avons hésité entre un modèle cruciforme et un modèle circulaire. Finalement, après avoir testé le parachute circulaire a été retenu, car il présentait plusieurs avantages :

- une trajectoire plus régulière, avec moins d'oscillations,
- une mise en œuvre plus simple (fabrication et pliage).

Nous avons également comparé deux tissus différents : l'un plus souple, l'autre plus rigide. Les résultats n'ont pas montré de différence significative en termes de performance de descente, mais cette comparaison nous a semblé intéressante pour explorer l'influence du matériau sur le déploiement et la stabilité du parachute.

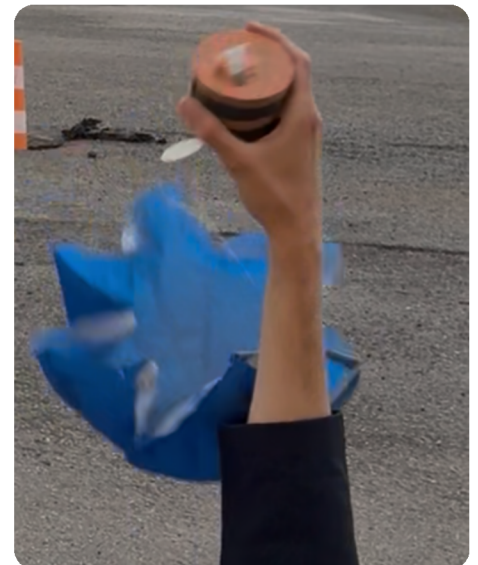
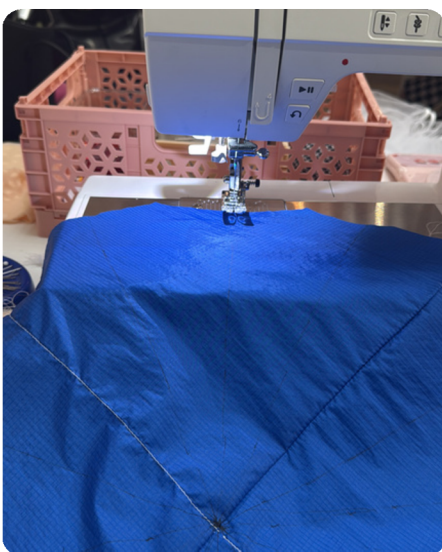
3. Conception du projet



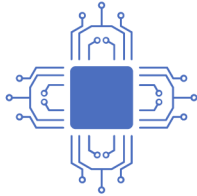
Parachute

Afin d'éviter que les suspentes ne s'emmêlent lors du déploiement, nous avons également conçu et imprimé en 3D un disque séparateur. Conformément au règlement, nous avons visé une vitesse de descente de 5 m/s pour les deux modules.

- Premier module : d'une masse de 260 g, il a été équipé d'un parachute circulaire de 23 cm de rayon (46 cm de diamètre).
- Deuxième module : intégrant le système LoRa et son antenne, il atteignait une masse d'environ 384 g. Nous avons choisi un parachute circulaire de 28 cm de rayon (56 cm de diamètre)



3. Conception du projet



Électronique et transmission

Nous avons choisi d'utiliser un STM32 comme microcontrôleur central, capable de gérer à la fois les capteurs et la communication. L'alimentation a été réalisée de manière simple avec trois piles de 9 V en série, suffisantes pour nos besoins en puissance et en autonomie.

- Mission principale (séparation et transmission de données) :

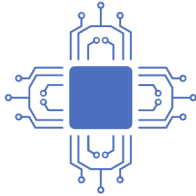
Deux capteurs ont été intégrés :

- un capteur GPS, fournissant l'altitude du CanSat,
- un capteur de température, pour répondre à l'exigence de mesure atmosphérique.

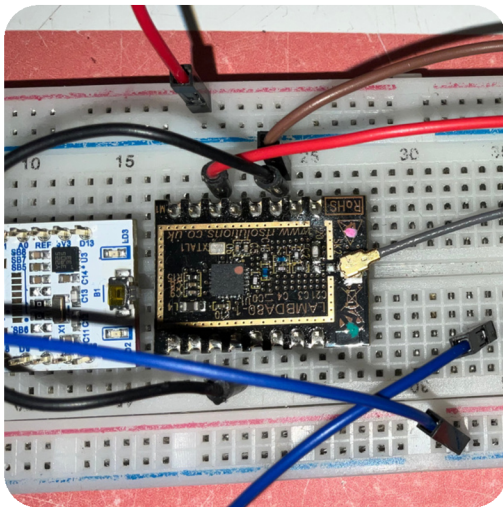
Ces données étaient lues par le STM32 puis transmises via un module LoRa vers la station sol. Un script en C++ nous permettait de décoder les messages reçus et d'afficher les données en direct.

- Mission secondaire (détermination du positionnement) :
Nous avons initialement prévu de réaliser une triangulation basée sur le LoRa, en nous appuyant notamment sur la publication scientifique de Mueller et al. (2021). L'idée était de déployer plusieurs stations au sol et de mesurer le temps de propagation des signaux afin d'estimer la position du CanSat.

3. Conception du projet



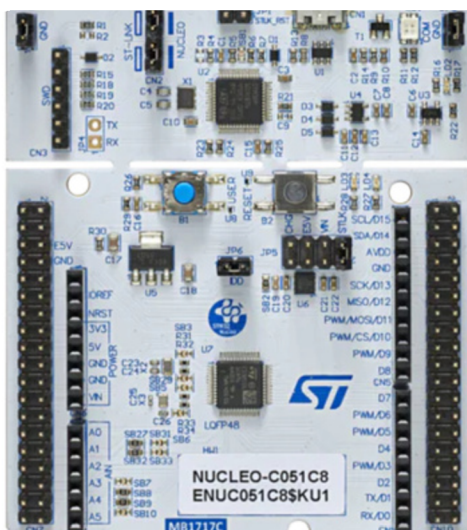
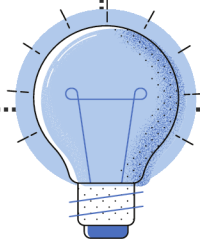
Électronique et transmission



Modules RF 2.4GHz LoRa



GPS



Nucleo-64 development board
STM32F446RE MCU



Capteur de température et d'humidité

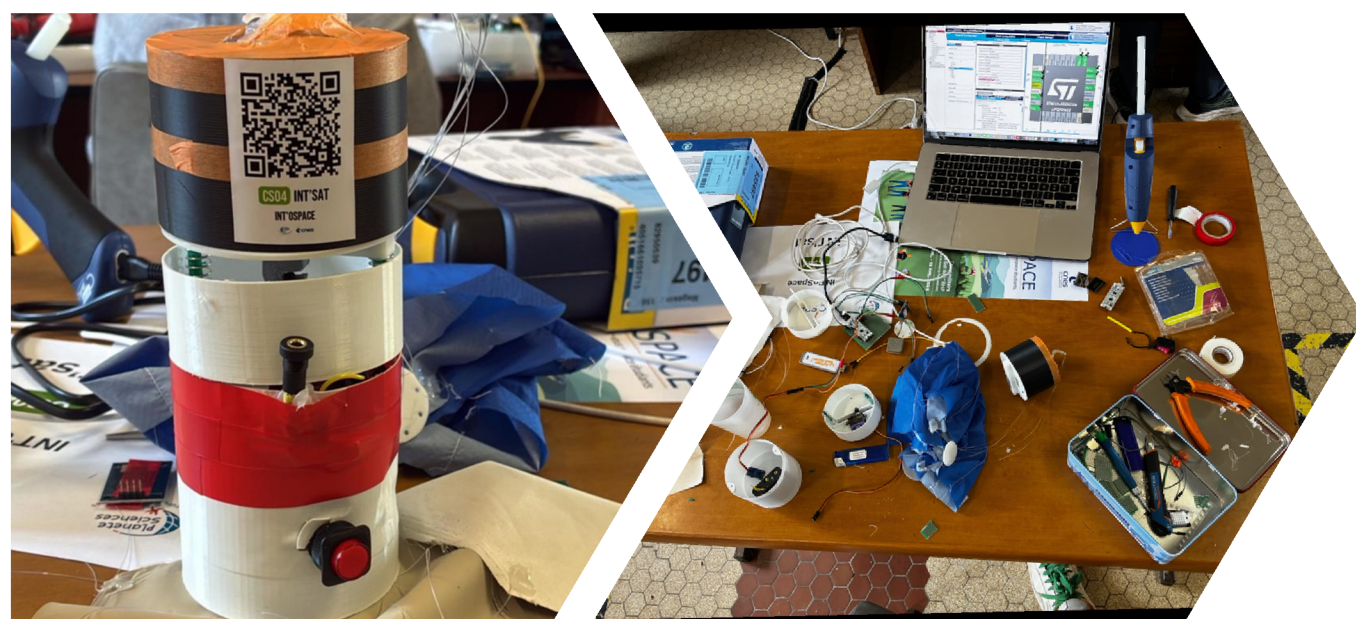
4. Problèmes avant le largage



Le projet n'a pas été exempt de difficultés, et plusieurs imprévus ont impacté la réalisation finale.

1 Mécanique

Une partie importante de notre CanSat a été retenue par la douane à l'aéroport d'Orly lors du départ, ce qui nous a contraints à refaire une partie de la structure en urgence, sur place. Cela a mobilisé beaucoup de temps et d'énergie, et a limité nos possibilités de tests finaux.



4. Problèmes avant le largage



2 Électronique

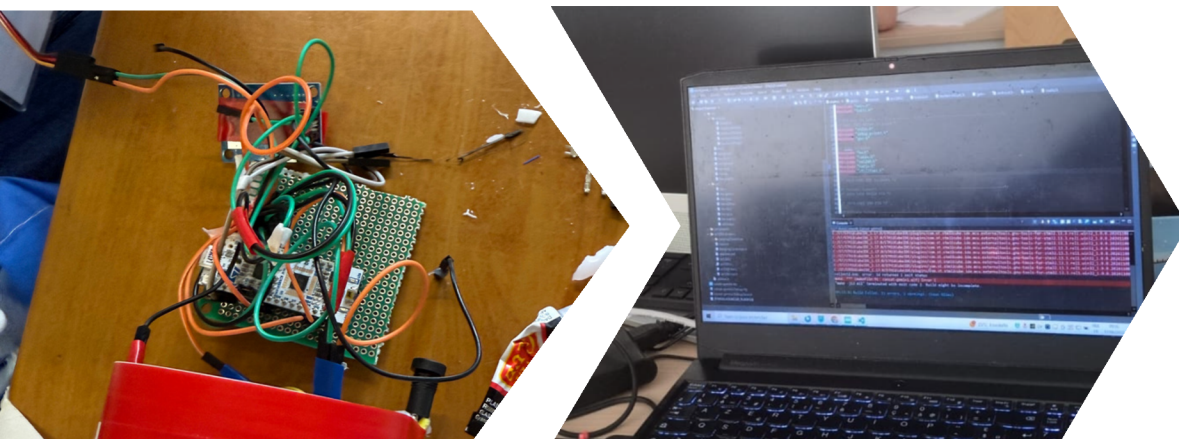
Mission principale

Un problème organisationnel est survenu. Les programmes avaient été rédigés en C++ par un seul membre de l'équipe, qui n'était malheureusement pas présent lors de la campagne. Les deux membres restés sur place n'ont pas réussi à déboguer le code à temps, et le CanSat a donc été largué sans transmission de données.

Missions secondaires

Nous savions que la triangulation basée sur le LoRa serait difficile à mettre en œuvre. En effet, ce protocole n'est pas conçu pour mesurer des temps de vol avec la précision nécessaire :

- la synchronisation des oscillateurs introduit des erreurs de plusieurs dizaines de mètres,
- et les délais internes du module, non maîtrisables, ajoutent encore de l'incertitude.





5. Résultats au C'Space

1 Mission Principale

Nous avons réussi à reconstituer notre CanSat à temps pour le largage. Cependant, la transmission radio ne fonctionnant pas, nous avons retiré l'antenne LoRa. Le CanSat s'est ainsi retrouvé plus léger que prévu, ce qui a entraîné une vitesse de descente d'environ 4 m/s au lieu des 5 m/s visés.

La séparation était programmée pour être déclenchée par la position GPS afin d'ouvrir le servomoteur au bon moment. En système de secours, le CanSat était également relié à un jack et devait s'ouvrir automatiquement après un délai calculé à partir de la vitesse de chute. En supposant une descente à 5 m/s et un largage à 100 m d'altitude, l'ouverture de secours était prévue après environ 20 secondes.

Le vol s'est déroulé nominalement, mais aucune transmission de données n'a pu être effectuée en raison de l'impossibilité de déboguer le code à temps.

2 Missions secondaires

Elles n'ont pas pu être réalisées, puisque la transmission de base n'était déjà pas fonctionnelle.

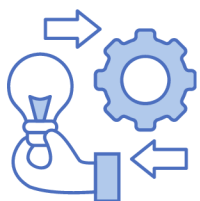




6. Bilan

Points positifs

Cette première participation au C'Space a représenté une étape importante pour le club INT'ospace. Malgré les contraintes de temps et les nombreux imprévus, nous avons réussi à assembler et lancer un CanSat. Nous retiendrons notamment la réussite du vol, la fiabilité du parachutage et la capacité de l'équipe à s'adapter rapidement, même dans des conditions difficiles



Difficultés rencontrées

La dépendance à un seul membre pour la programmation a montré la nécessité de mieux répartir les compétences. De même, une planification plus rigoureuse aurait permis de mieux anticiper les imprévus logistiques et de disposer de plus de temps pour les essais. Ces points constituent des axes d'amélioration essentiels.



Compétences développées

Enfin, ce projet nous a permis de développer de nombreuses compétences techniques et humaines. Les membres de l'équipe ont appris à modéliser et imprimer en 3D, à intégrer une électronique embarquée, et à réfléchir à des problématiques de communication radio. Mais surtout, ce projet nous a permis de progresser en gestion d'équipe, en organisation et en prise de décision rapide. C'est un bagage précieux que nous souhaitons transmettre aux futurs membres du club afin d'assurer la pérennité du projet





7. Conclusion

Cette première participation au C'Space a marqué un moment fondateur pour notre jeune club INT'ospace. Nous avons relevé le défi de concevoir, assembler et lancer notre premier CanSat, en surmontant de nombreux imprévus. Le succès de la séparation mécanique et du parachutage a démontré la solidité de nos choix techniques, tandis que les difficultés rencontrées sur la transmission ont mis en lumière les axes d'amélioration, en particulier sur la gestion d'équipe et la répartition des compétences. L'expérience acquise constitue une base solide pour pérenniser le projet et préparer les futures générations d'étudiants.

Nous tenons à adresser nos remerciements à Arnaud Costermans et William Fournier pour leur aide précieuse tout au long du projet, ainsi qu'à l'association Minet et à l'administration de Télécom SudParis pour leur soutien lors de la création du club. Nous remercions également l'ensemble des membres de l'équipe, qu'ils aient pu être présents ou non sur la campagne, pour leur engagement et leur contribution.



7. Conclusion



Enfin, nous exprimons toute notre gratitude au CNES et à Planète Sciences pour l'opportunité unique que représente le C'Space. Nous sommes particulièrement fiers d'avoir reçu le **Prix de la Persévérance**, qui récompense les efforts et l'engagement de l'ensemble de l'équipe. Ce prix symbolise l'esprit d'apprentissage et de ténacité qui anime notre club, et nous encourage à poursuivre cette aventure pour les années à venir.

8. Références

[1] Mueller, S., Loh, F., Braun, T., & al. Outdoor ranging and positioning based on LoRa modulation. In: 2021 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2021, pp. 1-8. IEEE.