

Stage au CNES : la découverte des projets spatiaux de demain

CENTRE SPATIAL DE TOULOUSE



RAPPORT de JULIETTE DESAMIS
Stage effectué au 10 au 14 février 2025

3-ème Windsor au collège sainte Marie des Ursulines
34 avenue de la colonne 31500 Toulouse

Remerciements

Avant tout chose, je tiens à remercier le personnel du CNES : les directeurs et les experts qui ont consacré du temps pour nous expliquer leurs métiers et leurs parcours. Merci à Monsieur CHAPUT, mon tuteur de stage, qui a répondu à toutes mes questions, m'a décrit son quotidien au sein du CNES et le monde du travail. Et enfin je remercie toutes les personnes mobilisées pour nous accueillir, nous guider au CNES à travers des visites de structures techniques et de centres opérationnels, la journée à la Cité de l'espace et des ateliers ludiques.



Photo 1 : les stagiaires des classes de 3^{ème} au centre spatiale toulousain (CST).

Source : <https://phototheque.cnes.fr/cnes/categories/2896>

Table des matières

Remerciements	1
1. Introduction	3
2. Présentation de l'entreprise	4
2.1 Situation géographique	5
2.2 Histoire.....	6
2.3 Le CNES toulousain	7
2.3.1 : les missions	7
2.3.2 : la répartition des effectifs	8
2.4 Partenaires et concurrents	8
3-Déroulement de la semaine	10
3.1 Horaires de la semaine de stage	10
3.2 Premier jour de stage	10
3.3 Deuxième journée.....	13
3.3.1 le CADMOS.....	13
3.3.2 Les opérations sur les satellites	15
3.4 Une journée à la cité de l'Espace	17
3.3 Une journée avec mon tuteur de stage	19
3.3 La dernière journée de stage	20
4. Présentation du métier	22
4.1 Formation nécessaire	22
4.2 Débouchés et stabilité	22
4.3 Compétences attendues et avantages/inconvénients	23
4.4 Evolution de carrière.....	23
5.Bilan du stage	25
ANNEXE 1 : 60 ans d'histoire du CNES	27
ANNEXE 2 : Organigramme du CNES.....	29
ANNEXE 3 : Toulouse, capitale française et européenne de l'aéronautique et de l'aérospatiale	30

1. Introduction

Collégienne en classe de troisième dans l'établissement Sainte-Marie des Ursulines, je m'appelle Juliette Desamis et j'ai vécu l'une des semaines les plus marquantes de mon année : la semaine de découverte d'une entreprise, qui, dans mon cas, s'est déroulée au Centre Nationale d'Etudes Spatiales à Toulouse.

Pour trouver mon stage d'observation, je me suis d'abord basée sur le fait que je me suis toujours intéressée au domaine du spatial. Notre univers et les galaxies qui nous entourent me fascinent. C'est un sujet si vaste que le nombre de choses à découvrir est infini. J'ai réalisé que notre galaxie n'en était qu'une parmi des milliards, et que cet univers gigantesque semble impossible à explorer pour nous, les humains. Mon rêve était de remettre en question ce préjugé et de surmonter cette peur de l'inconnu.

Je me suis donc mise à chercher un stage dans le domaine du spatial. J'ai d'abord déposé ma demande à l'Institut de Recherche en Astrophysique, mais ils avaient déjà fermé leurs portes à toute candidature. C'est pourquoi, peu après, j'ai envoyé ma lettre de motivation au CNES. Plusieurs semaines plus tard, j'ai passé un entretien téléphonique, mon premier entretien d'embauche. On m'a posé des questions sur ma lettre de motivation et sur mon intérêt pour le spatial. À mon plus grand bonheur, j'ai été acceptée pour effectuer mon stage dans l'agence spatiale française !

Durant cette semaine au rythme soutenu et riche en découvertes, j'ai pu explorer des métiers qui m'étaient jusqu'alors inconnus. Grâce à ce stage, j'ai pris conscience de la diversité des métiers et des voies d'orientation possibles dans le domaine du spatial. J'ai pu poser toutes les questions qui m'intriguaient et observer de près les activités et les pratiques de chaque métier.

Aujourd'hui, je suis davantage éclairée sur les sciences du spatial, même si ce sujet reste encore largement inconnu de l'Homme. Je suis fière de vous présenter mes connaissances dans ce rapport de stage passé au CNES.

2. Présentation de l'entreprise

L'entreprise où j'ai effectué mon stage est le Centre National d'Etudes Spatiales de Toulouse. Cette structure s'appelle aussi le Centre Spatial Toulousain ou CST.

D'après le site officiel du CNES : « Le CNES est un établissement à caractère industriel et commercial (EPIC) placé sous la tutelle conjointe de trois ministères : Ministère de l'Économie et des Finances, Ministère des Armées, Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Le CNES affiche une mission de service public en plus de son rôle de préparation et de mise en œuvre de la politique spatiale de la France au sein de l'Europe . Le siège du CNES est situé à Paris, et ses services définissent les grandes orientations stratégiques de l'entreprise et les programmes prioritaires. »

À la fois agence de programme, centre technique et opérateur spatial, le CNES réunit toutes les fonctions permettant au gouvernement français de définir et mettre en œuvre sa stratégie spatiale, ainsi que de déployer les politiques publiques qui demandent l'appui du secteur spatial (gestion des territoires, agriculture, santé, télécommunications, catastrophes naturelles, défense, etc.).

A Paris, Toulouse, Aire-sur-l'Adour et Kourou, le CNES compte plus de 2 300 femmes et hommes qui contribuent à faire rayonner l'excellence française dans le monde et assurer une place de choix à la France dans les grands programmes scientifiques de demain.

Ses missions couvrent, à l'exception des lanceurs et de leurs lancements, l'essentiel des tâches techniques et d'assistance aux scientifiques qui sont de la responsabilité du CNES.

On distingue dans ses activités :

1. La gestion des projets.
2. Les études de recherche et technologie.
3. Les centres d'opérations pour les mises à poste et le contrôle des satellites en orbite.
4. Les moyens informatiques et d'études mathématiques
5. Les activités de support : administration, logistique et communication.

2.1 Situation géographique

Le Centre spatial de Toulouse s'étend sur une cinquantaine d'hectares dans la zone de Rangueil-Lespinet. Proche du site historique de Montaudran (Aéropostale), il est au centre d'un vaste complexe scientifique et universitaire à vocation aérospatiale où se trouvent notamment des Écoles (université Paul-Sabatier, ISAE (Sup Aéro), ENAC, IAS, INSA), des Laboratoires (ONERA), l'Institut de Recherche Technologique et des entreprises aérospatiales (Airbus Defense and Space, Thales Alenia Space).

L'activité du CNES est répartie entre quatre sites : le site principal à Toulouse, le Centre spatial guyanais (CSG) situé à Kourou dans le département de la Guyane, la direction des lanceurs dans le douzième arrondissement de Paris et le siège social dans le 1^{er} arrondissement de Paris. Les effectifs sont en 2023 de 2 351 salariés.

Le CNES est localisé depuis 1968 dans le technopôle du Sud-Est toulousain à Rangueil-Montaudran, à l'opposé de l'aéroport de Toulouse-Blagnac. Il appartient au Parc du Canal qui a une vocation aéronautique et aérospatiale. Avec plus de 1.700 salariés, ce site constitue le plus important de cette grande agence spatiale publique, la première en Europe. Le CNES de Toulouse assure en particulier la conception, le développement et la réalisation, en partenariat avec des entreprises et des laboratoires, d'équipements de niveau mondial, la mise en orbite, le contrôle et l'exploitation des véhicules et des systèmes spatiaux, des satellites, sondes et ballons.

Le CNES exerce à partir de Toulouse une délégation de maîtrise d'ouvrage¹ pour la Délégation Générale de l'Armement. Enfin, c'est un pôle au cœur d'un réseau de coopérations scientifiques et techniques internationales portant sur une quarantaine de projets spatiaux réalisés en collaboration avec une vingtaine de pays.

Sur la carte ci-dessous est surligné en vert foncé le trajet que j'ai fait chaque jour en bus (ligne 27) entre mon domicile et l'entrée sud du CNES. Le trajet dure environ 35 minutes.

¹ D'après le site www.actu-juridique.fr : La délégation de maîtrise d'ouvrage est une technique de représentation permettant de faire exécuter en son nom et pour son compte nombre de missions et prestations.



Carte 1 : Représentation du trajet en bus ligne 27 entre mon domicile et l'entrée sud du CNES situé au 1^{er} RDPT Pierre Guillaumat 31400 Toulouse.
Source du fond de carte : tisseo.fr

2.2 Histoire

Le CNES a été créé en 1961 à l'initiative du Général De Gaulle, dans le but de faire de la France une puissance spatiale indépendante, surtout dans le contexte de la Guerre Froide. La création officielle a eu lieu le 1^{er} mars 1962, après une décision gouvernementale prise le 19 décembre 1961. Le CNES réunit toutes les fonctions nécessaires pour définir et mettre en œuvre la stratégie spatiale de la France.



Figure 1 : le logo du CNES. Source cnes.fr

En 1965, le pari est réussi: la fusée Diamant s'envole avec succès et la France devient le troisième pays à réussir cet exploit, après les Etats-Unis et l'URSS. S'ensuivront de nombreux succès parmi lesquels le programme européen Ariane, ainsi que l'envoi de nombreux satellites d'exploration, d'observation de la Terre, de télécommunications, etc.

Aujourd'hui, le CNES est un acteur reconnu à l'international pour son savoir-faire et contribue aux grandes collaborations scientifiques. Pour plus de détails sur l'histoire du CNES, lire l'annexe 1.

2.3 Le CNES toulousain

2.3.1 : les missions

Le Centre national d'études spatiales travaille en collaboration avec Arianespace et l'Agence spatiale européenne (ESA), sur cinq domaines d'activité :

1. Accès à l'espace (lanceurs)
2. Terre, environnement et climat (sciences et innovation pour le développement durable)
3. Applications grand public (télécoms et navigation)
4. Science et innovation (pour l'astronomie et la physique fondamentale)
5. Sécurité et défense.

Le CNES est à l'origine de quantité de projets spatiaux, même si ce n'est pas lui qui fabrique les lanceurs ou les satellites. Dans le cas des lanceurs, après avoir conçu la filière Ariane, le CNES agit aujourd'hui comme autorité de conception et de qualification pour le compte de l'État français qui est l'État de lancement.

Les missions du centre spatial toulousain couvrent, à l'exception des lanceurs et de leurs lancements, l'essentiel des tâches techniques et d'assistance aux scientifiques qui sont de la responsabilité du CNES. On distingue dans ses activités :

1. La gestion des projets.
2. Les études de recherche et technologie.
3. Les centres d'opérations pour les mises à poste et le contrôle des satellites en orbite.
4. Les moyens informatiques et d'études mathématiques

5. Les activités de support : administration, logistique et communication.

2.3.2 : la répartition des effectifs

Le centre de Toulouse regroupe 1736 personnes en 2023 dont une majorité d'ingénieurs et cadres. Le CNES a assuré une augmentation significative de la proportion de femmes au sein d'un effectif traditionnellement masculin (38% de l'effectif est féminin en 2022), en veillant à la mixité du recrutement avec un accent particulier sur les métiers techniques - près de 30% des ingénieurs et techniciens sont des femmes - pour lesquels les flux sortant du système de formation initiale sont essentiellement masculins. C'est un point important qui nous a été rappelé tout au long de notre semaine de stage.



Figure 2: la répartition des effectifs par sexe et par contrat.

Source : <https://cnes.fr/sites/default/files/2024-06/plan-egalite-des-genres-2022-2024.pdf>

2.4 Partenaires et concurrents

Les partenaires nationaux du CNES sont :

- Le Centre d'innovation B612.
- La Cité de l'Espace.
- L'ENAC - Ecole Nationale de l'Aviation Civile.
- L'IRAP - Institut de Recherche en Astrophysique et Planétologie.
- ISAE-SUPAERO - Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace.
- Thales Alenia Space.
- Toulouse Métropole.

Le CNES n'a pas de concurrent puisque c'est une entreprise d'état, il ne cherche pas à faire de l'argent mais seulement à faire des innovations au profit de la France et de son rayonnement.

Les coopérations internationales du CNES recouvrent trois types de partenariats :

- Les coopérations européennes, pour lesquelles le CNES entend demeurer un acteur majeur et qui s'exercent aussi bien avec l'Union européenne (UE) qu'avec l'Agence spatiale européenne (ESA), ou dans le cadre de relations bilatérales.
- Les coopérations historiques et structurantes avec les grands acteurs spatiaux, en particulier les Etats-Unis, le Japon, ou encore l'Inde, qui constituent une part centrale de l'activité internationale du CNES.
- Les coopérations avec d'autres acteurs (Émirats Arabes Unis, Corée du Sud, Singapour, Brésil...) qui ont l'ambition de transformer leurs sociétés et leurs économies grâce au spatial, offrant ainsi au CNES des opportunités en termes d'accompagnement de l'industrie française et d'actions propres à servir l'action diplomatique de la France.

Ces projets développés partout dans le monde sont l'occasion de partager le savoir-faire du CNES, enrichir ses connaissances ainsi que valoriser les compétences scientifiques et techniques françaises.

3-Déroulement de la semaine

3.1 Horaires de la semaine de stage

Jours	Horaires	Localisation
Lundi 10 février	9h30-16h30	CNES
Mardi 11 février	9h30-16h30	CNES
Mercredi 12 février	9h30-17h00	Cité de l'espace
Jeudi 13 février	9h30-16h30	CNES
Vendredi 14 février	9h30-16h00	CNES

Chaque repas a été offert par la CNES et pris dans le restaurant d'entreprise. Les repas étaient de très bonne qualité et copieux. A chaque pause, nous avions à notre disposition des viennoiseries, jus de fruit ainsi que des friandises. Les conditions d'accueil étaient superbes, nous ne manquions de rien !

Lors de la journée à la cité de l'espace, tout a été pris en charge également par le CNES pour tous les stagiaires.

3.2 Premier jour de stage

À mon arrivée le premier jour, les organisateurs du CNES, qui nous attendaient à l'entrée sud du site, nous ont distribué à chacun un badge nominatif où apparaissait également le nom de notre collègue. Un chasuble nous a été donné, et chaque stagiaire a dû le porter tout au long du stage. Ce chasuble permettait de nous repérer si l'un de nous se perdait, car nous étions 104 stagiaires de troisième ! Pour information, pendant ce stage il était interdit de prendre des photos à l'intérieur du CNES.

Rassemblés tous dans une salle de conférence, nous avons commencé la journée avec le discours de la Directrice des Ressources Humaines, qui nous a accueillis. Mme SEBAS nous a présenté le CNES, expliqué les sujets importants que nous allions découvrir plus en détail comme les rôles des satellites, les travaux sur la météo, le changement climatique.. puis nous a montré les différents établissements avec qui le CNES travaillait, et où étaient les différentes agences du CNES à travers la France ainsi que les bases de lancement. Nous avons ensuite assisté à une visioconférence avec les autres agences en France qui accueillent, elles aussi, des élèves de troisième en stage (Kourou en Guyane, Aire-sur-l'Adour et Paris).

Après le discours de la DRH et la visio-conférence, un accompagnateur nous a expliqué nos emplois du temps, les règles à suivre sur le site du CNES.

Puis, nous avons été répartis en sept groupes différents pour des animations sur diverses missions et métiers, présentées par des experts du CNES. Mon groupe a commencé par la visite du magnétiseur, une machine unique en Europe.



Photo 2 : Le magnétiseur de batterie de satellite

Source : <https://phototheque.cnes.fr/cnes/categories/2896>

Cette bobine a pour rôle de magnétiser ou démagnétiser la batterie d'un satellite afin qu'il ne soit pas dévié par la gravité dans l'espace. La machine est composée de bobines en bois et de boucles entourant la batterie sur six mètres, ce qui permet d'annuler ou de simuler le champ magnétique terrestre.

Nous avons ensuite visité le SERUM, un endroit où l'on reproduit et étudie le terrain de Mars, ainsi que conçoit et analyse les robots qui servent à son exploration : Persévérance et Curiosity. C'est une mission double de la NASA, lancée en 2003, ayant pour objectif d'étudier la géologie de Mars.

Nous avons assisté à une présentation des machines ainsi qu'à un diaporama expliquant les différences entre les vrais robots et les robots de fiction. Ensuite, nous sommes allés sur un terrain aménagé qui reproduit le sol sableux de Mars. Grâce à des manettes, le présentateur commande le robot.



Photo 3 : la simulation de terrain de Mars

Source : <https://phototheque.cnes.fr/cnes/categories/2896>

Pour tester sa capacité à survivre, il le couche afin d'observer comment il peut se relever (il doit être capable de se relever dans n'importe quelle situation). Il teste également ses capacités en milieu hostile. Sur la planète Mars, les conditions de vie sont différentes, donc il faut adapter le robot (roues adaptées à un terrain rocheux et pointu en l'absence d'humidité, matériaux spécifiques pour sa construction, etc.).

Un robot est plus pratique qu'un humain dans tous les domaines : en termes de ressources, un robot n'a besoin de rien, à part de la lumière du soleil grâce à ses panneaux solaires, tandis qu'un humain a besoin de ressources et doit pouvoir repartir. Le trajet est long (environ deux ans pour atteindre Mars) et il n'y a pas besoin de gérer une quelconque santé mentale, contrairement à un humain qui peut subir des crises de panique. Le robot s'adapte aux conditions les plus extrêmes.

En fin de matinée, deux personnes exerçant des métiers au CNES sont venues parler de leur parcours et répondre à nos questions pendant une vingtaine de minutes. J'ai retenu que ces deux personnes avaient intégré des écoles d'ingénieurs pour exercer un métier dans des agences comme le CNES.

L'après-midi, toujours par groupe, nous avons pratiqué une activité sur le lancement d'une fusée. Nous devions la fabriquer puis la lancer à l'extérieur à l'aide de propulseur. Nous

avons commencé par assembler des pièces en carton avec comme matériel des ciseaux, du scotch et comme support un gabari qui nous a aide a bien mouler la forme principale de la fusée. A l'aide des propulseurs qui envoient grâce à des tuyaux l'air a haute vitesse nos fusées ont été envoyés là 5 mètres dans les airs .



Photo 4 : lancement de notre fusée à l'extérieur de la salle

Source : <https://phototheque.cnes.fr/cnes/categories/2896>

3.3 Deuxième journée

3.3.1 le CADMOS

Nous avons commencé par visiter le Centre d'Aide au Développement des Activités en Micropesanteur et des Opérations Spatiales, ou CADMOS. Depuis la Terre, le CADMOS conçoit, développe et assure le suivi d'expériences scientifiques ou technologiques menées en micropesanteur. Il est constamment en contact avec la salle de contrôle de la NASA, qui se charge elle aussi du même travail et communique avec les astronautes.

Dans des avions 0G, on teste systématiquement des expériences avant de les envoyer dans l'ISS, ce qui permet de les valider à moindre coût. L'impression 3D permet

de fabriquer des pièces pour les réutiliser dans l'espace et de comparer les propriétés des métaux.

Les astronautes sont à bord de l'ISS, la Station Spatiale Internationale placée en orbite terrestre à 400 km de la Terre. À bord de l'ISS, des astronautes du monde entier sont présents (Russie, États-Unis, France). Leur objectif est de mener des expériences sur le corps humain et d'observer son évolution.

L'ISS mesure environ 40 m de haut, 73 m de long et 109 m de large avec les panneaux solaires. Avant l'ISS, il existait MIR, une station spatiale russe. L'ISS² fait le tour de la Terre en 90 minutes et tourne à une vitesse de 27 000 km/h.

À bord de l'ISS, il est très important de recycler les ressources (urine, air, sueur). Les panneaux solaires génèrent une énergie de 110 kW pour optimiser les ressources. Des radiateurs sont présents sur l'ISS à cause des températures extrêmes (-120 °C à +120 °C).

Le Soyouz, un vaisseau avec du carburant supplémentaire, remonte l'ISS une fois par an afin qu'elle ne retombe pas sur Terre, car elle est constamment attirée par la gravité.

Au CADMOS, une pièce spacieuse remplie de bureaux alignés avec de très larges ordinateurs possède deux grands écrans au bout de la pièce, face aux bureaux : celui de gauche affiche OPTIMIS, le planning détaillé des astronautes, leurs identités, ainsi que les machines présentant une anomalie à bord du vaisseau.

² ISS : international space station ou station spatiale internationale



Photo 5 : la salle de contrôle CADMOS

Source : <https://phototheque.cnes.fr/cnes/categories/2896>

Plusieurs métiers sont nécessaires au CADMOS :

- Le grand contrôleur, qui se charge des moyens au sol (ingénieur SUPAERO).
- L'expert en systèmes informatiques.
- Le payload developer, ingénieur qui propose des innovations à bord de l'ISS, évalue leur intérêt scientifique et, si l'idée est approuvée, organise les financements industriels pour les pièces (AIRBUS).
- L'opérateur, qui communique avec un autre opérateur de la NASA avant de transmettre les informations à l'astronaute.

Le MEDES est une clinique scientifique créée par le CNES. Elle étudie l'évolution des astronautes dans l'espace et mène des expériences.

3.3.2 Les opérations sur les satellites

Nous avons assisté à un diaporama expliquant les opérations des satellites et leurs rôles dans l'espace :

- Observation de la Terre,
- Météo,

- Navigation (GPS),
- Fourniture de données,
- Applications militaires,
- Télécommunications,
- Astronomie (étude des étoiles),
- Simple démonstrateur technologique.

Un satellite est similaire à un drone et se construit en deux parties :

1. La plateforme, qui contient les panneaux solaires, un moteur, des radiateurs et un viseur d'étoiles (pour se repérer et comparer des cartes).
2. La charge utile, qui peut être un appareil photo ou un laser.

Grâce à un réseau de stations au sol, on peut recueillir les données envoyées par le satellite (4 à 5 passages par jour, avec une période orbitale entre 1h30 et 2h et une durée de passage d'environ 10 minutes).

Les différents métiers de l'équipe sont :

- L'ingénieur orbite, en charge des manœuvres orbitales du satellite.
- L'ingénieur de bord, responsable du bon fonctionnement du satellite.
- L'ingénieur mission, chargé de la programmation de la mission et de la récupération des données.
- L'ingénieur sol, qui veille au bon fonctionnement du centre de contrôle.
- Le chef de mission, qui coordonne les opérations.

Les activités de routine consistent à guider, programmer à l'avance et régler le satellite. En fonctionnement normal, le satellite est en mode nominal. En cas d'anomalie transmise au centre de contrôle, une intervention d'astreinte est déclenchée : le satellite se met en mode survie, ce qui peut modifier sa trajectoire et provoquer un risque de collision avec un autre satellite ou un débris spatial.

La Chronologie des opérations d'un satellite :

- Début de vie : LEOP (Launch and Early Orbit Phase) : vérification avant le vol pour s'assurer que tout fonctionne correctement, mise à poste, manœuvres en orbite...

- Avant le lancement (2 à 3 ans d'attente) : installation et préparation au centre de contrôle, tests des télécommandes sur un simulateur, entraînement des équipes à réagir en cas d'anomalie...
- Phase de routine : peut durer plus de 15 ans.
- Fin de vie : désorbitation du satellite (le faire rentrer dans l'atmosphère) et retour d'expérience (analyse des résultats).

Dans l'après-midi, on nous a présenté un diaporama sur l'observation de la Terre, et en particulier sur un service dédié au climat qui cherche à mesurer les conséquences des phénomènes climatiques, à identifier leurs causes et à comprendre les mécanismes du changement climatique afin de mieux s'y adapter.

Pour conclure cette journée dense, nous avons réalisé une expérience sur les cyclones et les tornades, ainsi qu'une autre sur la montée des océans sur la planète.

3.4 Une journée à la cité de l'Espace

La Cité de l'Espace a battu ces dernières années ses records de fréquentation, avec près de 423 000 visiteurs en 2022. La maquette du lanceur Ariane 5, qui trône le long de la rocade toulousaine, constitue d'ailleurs un repère majeur à la fois pour les locaux et les touristes.

Nous avons tous rendez-vous à 9h30 à la Cité de l'Espace (où j'étais déjà allé(e) deux fois, mais sans pouvoir faire toutes les activités). Tout au long de la journée, invités par le CNES, nous avons exploré toutes les expositions et participé à toutes les activités.

Parmi ces différentes expériences, plusieurs m'ont surpris :

- La description de la maquette grandeur nature d'Ariane 5, où l'on nous a expliqué les particularités de la fusée, son site de décollage et la composition de ses différentes pièces.
- La visite guidée du Soyouz, l'un des premiers vaisseaux russes, avec des explications sur ses moteurs et ses pièces détachées.
- La visite de l'ISS à taille réelle, avec des expositions montrant les conditions de vie à bord et l'inconfort auquel les astronautes doivent faire face lors de leurs missions.
- Un spectacle mettant en scène les reproductions des robots martiens !

Ensuite, l'une des activités qui m'a le plus marquée est le LuneXplorer. Nous avons été placés dans des capsules ressemblant au poste de pilotage d'un astronaute à bord d'une fusée. Des boutons de différentes couleurs s'allumaient aléatoirement, et nous devions les éteindre le plus rapidement possible. La particularité de cette activité était que la capsule nous fait subir des contraintes physiques subies lors du décollage de la fusée : une force de 2 G (deux fois le poids du corps) nous écrasait sous l'effet de l'accélération, c'est pourquoi il était presque impossible d'appuyer sur un bouton !



Photo 6 : Intérieur de la capsule de Lune explorer.

Source : <https://www.cite-espace.com>

Enfin, l'activité qui m'a définitivement transformée en passionnée de l'espace fut un film sur le télescope spatial James Webb. Lancé à 9 600 000 km de la Terre, ce télescope capture, grâce à un miroir géant, des images de galaxies lointaines et d'exoplanètes situées bien au-delà de notre système solaire. Dans le film se trouvent les témoignages de ceux qui avaient participé à la création du télescope et ceux qui avaient vu pour la première fois les photos si impressionnantes de James Webb.



Photo 7 : IMAX : Deep Sky, l'aventure du télescope JWST

source : <https://www.cite-espace.com>

3.3 Une journée avec mon tuteur de stage

Cette journée s'est passée avec mon tuteur de stage. J'ai découvert le métier de responsable d'expériences en sciences de la vie. Il travaille au sein de la direction des systèmes orbitaux et des applications et fait partie de la sous-direction des explorations et des vols habités. J'aborde son métier et parcours dans la partie 4 de ce rapport de stage.



Photo 8 : Mon tuteur Mr Chaput de dos. Source : <https://phototheque.cnes.fr/cnes/categories/2896>

En fin de journée, nous avons fait des expériences sur la maquette d'un satellite. La personne qui nous a présenté cette activité nous a parlé des fortes différences de température auxquelles le satellite doit se préparer lorsqu'il est dans l'espace.

Pour se protéger des températures extrêmes, le satellite doit être recouvert de couvertures de survie qui réfléchissent la lumière du soleil quand il fait trop chaud et le protègent du froid lorsque le satellite gravite dans l'ombre de la Terre.

Il nous a expliqué que la température dans l'espace ne varie pas : elle est soit de -120 °C (à l'ombre), soit de 120 °C (au soleil). Il nous a expliqué comment et quelles parties du satellite prenaient des photos et, enfin, il nous a aussi expliqué des phénomènes terrestres liés aux astres, comme les marées.

3.3 La dernière journée de stage

Pour ma dernière journée de stage, j'ai assisté dans la matinée à une présentation sur la mission martienne dans la salle où travaillaient les ingénieurs sur cet objectif : Depuis plus de 11 ans, au CNES à Toulouse, le Centre d'opérations Martien, nommé FOCSE (French Operations Centre for Science and Exploration). On nous a expliqué en détail pourquoi il était important aller explorer Mars, quels étaient les intérêts, les découvertes faites jusqu'à présent sur la planète par les deux robots Curiosity et Persévérance, quelles étaient les conditions d'exploration martienne et comment elles nécessitaient de s'adapter, et en quoi Mars nous permet de prédire l'avenir de notre planète .

Puis pour terminer la matinée, on nous a présenté l'endroit où étaient construits les satellites et par qui. A travers une baie vitrée nous avons pu voir la salle blanche, avec le prochain satellite que nous allons lancer! Il nous était interdit d'entrer dans la salle blanche car il faut une combinaison spéciale pour ne pas salir le satellite. En effet, si le satellite avait une seule poussière, il sera impossible de la nettoyer dans l'espace : elle y resterait collée pour toujours.

L'après-midi, le directeur du CNES Lionel Suchet (cf.ANNEXE 2 organigramme de l'entreprise) nous a adressé un discours pour conclure notre semaine de stage. Il nous a demandé si nous avions des questions, puis a remercié toutes les personnes qui nous ont guidés et qui ont pris sur leur temps libre pour nous présenter leurs parcours et répondre à nos questions.



Photo 9 : Mr Lionel Suchet directeur du CNES avec le micro à la main

Source : <https://phototheque.cnes.fr/cnes/categories/2896>

Chacun des stagiaires a reçu un sac-cadeau comprenant un tote bag du CNES, un livre expliquant divers phénomènes liés à l'espace, à l'ISS et aux astronautes (par exemple, quelle est la différence entre le ciel et l'espace ?), un stylo CNES, une fiche d'autocollants, une boîte contenant un livret en anglais sur les compétences requises pour devenir astronaute, ainsi qu'un DVD expliquant le livret et montrant des extraits d'enregistrements à bord de l'ISS. Enfin, deux posters complétaient le sac : l'un représentant Thomas Pesquet et l'autre illustrant la fusée Ariane 6.

4. Présentation du métier

Pour devenir responsable d'expériences en sciences de la vie, au sein de la direction des systèmes orbitaux et des applications, et en faisant partie de la sous-direction des explorations et des vols habités, monsieur Didier Chaput m'a décrit, au cours de ma quatrième journée de stage, son parcours, la formation nécessaire, les débouchés et la stabilité du métier, les compétences attendues, les avantages et les inconvénients, ainsi que l'évolution de sa carrière.

4.1 Formation nécessaire

Monsieur Chaput a fait ses études secondaires à Toulouse, dans l'établissement Déodat de Séverac aux Arènes, qui était auparavant un lycée technique. En prenant l'option maths, technologie (sciences de l'ingénieur) et atelier (manuel, soudure, mécanique) en première et terminale, il a ensuite poursuivi une prépa maths sup et maths spé, puis il a passé un concours pour intégrer une école d'ingénieur. Il est entré à l'École des Arts et Métiers (où il a fait deux ans à Bordeaux, puis un an à Paris), a ensuite obtenu un DEA (diplôme d'études approfondies) en biomécanique, et enfin, il a réalisé une thèse en biomécanique, ce qui l'a rendu expert.

Monsieur Chaput n'a pas suivi une voie hiérarchique, mais a fait une carrière technique qui fait de lui un expert. Voulant travailler à Toulouse, il a été accepté au CNES en 1991 et y travaille depuis cette année-là.

Aujourd'hui, il se charge de l'organisation des missions avec l'aide d'une équipe, reçoit des demandes de scientifiques pour de nouvelles innovations dans le domaine spatial. Il retransmet ensuite ces demandes pour les communiquer à l'international (NASA³, Roscosmos) avec des groupes de travail. Il négocie avec les autres pays qui travaillent sur le même projet.

4.2 Débouchés et stabilité

Avec ce métier, nous avons la possibilité de voyager à l'international dans plusieurs pays participant à la mission. Nous pouvons aussi nous rendre sur plusieurs sites du CNES en France : celui d'Aire-sur-l'Adour dans les Landes, Kourou en Guyane, Paris ou Toulouse.

³ NASA : National Aeronautics and Space Administration

4.3 Compétences attendues et avantages/inconvénients

Les compétences attendues sont : savoir communiquer les demandes et les informations clairement, savoir travailler en groupe et être à l'aise lors de conférences, organiser n'importe quelle mission, faire face aux imprévus, savoir négocier et mettre en valeur une innovation, ainsi qu'assumer la responsabilité des expériences.

Les avantages : toutes les missions changent et les demandes sont différentes, on ne reproduit jamais la même chose au quotidien. La rédaction d'articles peut être demandée, et les conférences ainsi que l'organisation se construisent différemment selon la mission.

Les inconvénients peuvent être de ne pas avoir immédiatement une représentation concrète du travail, ou encore de travailler sur des innovations trop projetées dans le futur, dont on ne sait pas si elles aboutiront.

4.4 Evolution de carrière

Il est possible de changer totalement de métier au sein du CNES, mais aussi d'évoluer dans la hiérarchie et de prendre, par exemple, le poste de chef de service.



Figure 3 : évolution des promotions de carrière au CNES entre 2019 et 2021

Source : <https://cnes.fr/sites/default/files/2024-06/plan-egalite-des-genres-2022-2024.pdf>

Je n'ai pas abordé de l'objet des rémunérations avec mon tuteur de stage cependant j'ai trouvé des éléments de réponses sur la répartition des salaires moyens au CNES comme ci-dessous.

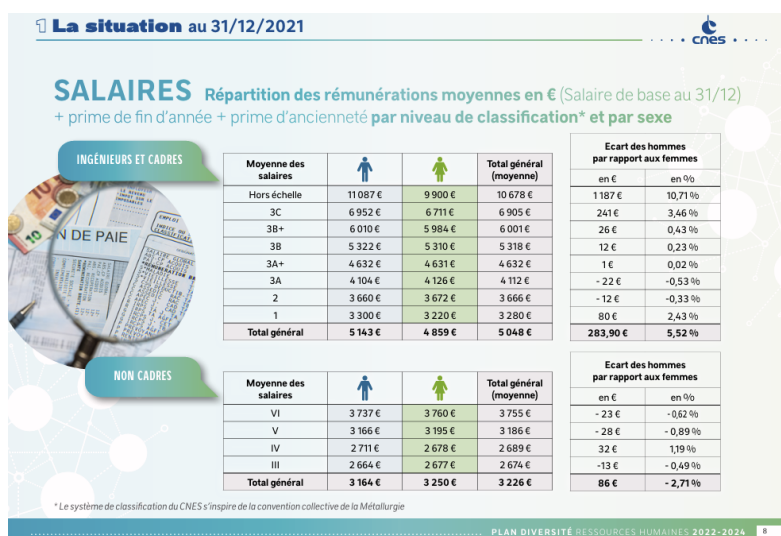


Figure 4 : répartition des rémunérations moyennes en euros.

Source : <https://cnes.fr/sites/default/files/2024-06/plan-egalite-des-genres-2022-2024.pdf>

De source CNES : « Sur la période, le CNES a quasiment fait disparaître les inégalités de rémunération entre femmes et hommes : une enquête externe menée par le cabinet DELOITTE en 2021 montre un écart de rémunération de -0,3% en défaveur des femmes parmi les ingénieurs et cadres, et de +0,7% pour ce qui concerne les non cadres. Les écarts qui subsistent concernent les plus hauts niveaux de rémunération (3B+ et 3C), dans des proportions modestes (respectivement 1,4% et 3,2%) comme l'a constaté l'expert mandaté par le CCSE, SYNDEX, dans son dernier rapport ».

5. Bilan du stage

Les nombreux domaines du CNES sont passionnants et, comme ce sont des métiers d'avenir, ils deviennent d'autant plus attrayants. C'est pourquoi je souhaitais en savoir plus, explorer le CNES et découvrir les différents métiers du domaine spatial. L'objectif de ce stage était pour moi de déterminer si le domaine spatial m'intéressait réellement.

J'ai découvert des métiers dont j'ignorais l'existence, et cela grâce aux interventions d'experts ouverts à nos questions. Ces professionnels ont détaillé le parcours des études supérieures nécessaires pour travailler dans le domaine spatial. Le métier qui m'a le plus intéressé est celui d'astronaute.

Grâce à ce stage, j'ai appris à travailler en équipe avec des jeunes de mon âge que je ne connaissais pas. J'ai donc dû vaincre ma timidité, poser des questions et prendre en compte l'avis des autres lors des travaux de groupe.

En étant sélectionnée parmi de ces candidats de troisième, j'ai eu la chance de participer à des activités uniques, accessibles à très peu de personnes. Ainsi, j'ai visité des locaux en Europe dont l'accès au public est restreint. J'ai observé les astronautes à bord de l'ISS et découvert leur emploi du temps ainsi que la structure de la Station Spatiale Internationale. J'ai également visité (à travers une baie vitrée) une salle blanche contenant un véritable satellite.

La journée à la Cité de l'Espace, accompagnée d'un guide, m'a permis de comprendre que les étoiles ne sont pas si lointaines, que les observer n'est plus un travail réservé aux grands scientifiques et que les astéroïdes pourraient nous concerner tous un jour.

Malgré mes incertitudes initiales, la bienveillance et l'atmosphère agréable qui régnaient dans les bureaux et entre les personnels du CNES m'ont rendue optimiste. C'est grâce à ce climat de confiance que j'ai pu poser des questions, communiquer et participer aux activités tout en m'amusant.

Je me suis particulièrement amusée en découvrant le CADMOS, notamment lorsque l'astronaute s'est mis à chanter alors que le présentateur essayait de nous expliquer calmement les choses pour ne pas déranger ceux qui travaillaient. J'ai aussi passé un excellent moment avec mon tuteur de stage, qui nous racontait des anecdotes

drôles sur l'ISS et ses habitants. Je n'avais jamais construit de fusée auparavant, mais j'y suis parvenue, même si l'envol n'a pas été très concluant.

Désormais, j'envisage de travailler dans le domaine du spatial, en particulier dans deux domaines :

- L'étude des conséquences de la vie dans l'espace sur le corps humain, afin d'aider l'Homme à aller sur Mars ou encore plus loin.
- L'analyse des images des télescopes comme James Webb, pour découvrir et expliquer des phénomènes extraordinaires dans l'Univers et ainsi contribuer à l'exploration spatiale.

J'ai été heureuse de faire ce stage et je me sens privilégiée d'avoir été retenue par le CNES, car c'est une véritable chance. Cette immersion m'a permis de mieux comprendre les différentes activités du CNES et de m'orienter au mieux pour mes futures études.

Cette semaine m'a confortée dans mon choix de travailler dans le domaine spatial, et je vais m'orienter vers des études scientifiques afin que mon avenir se dirige « vers l'infini et l'au-delà ».



Photo 10: les derniers moments du stage en salle Leonhard de Vinci.

source : photothèque du cnes)

ANNEXE 1 : 60 ans d'histoire du CNES

Cette chronologie est issue du site du CNES.

Les débuts du CNES

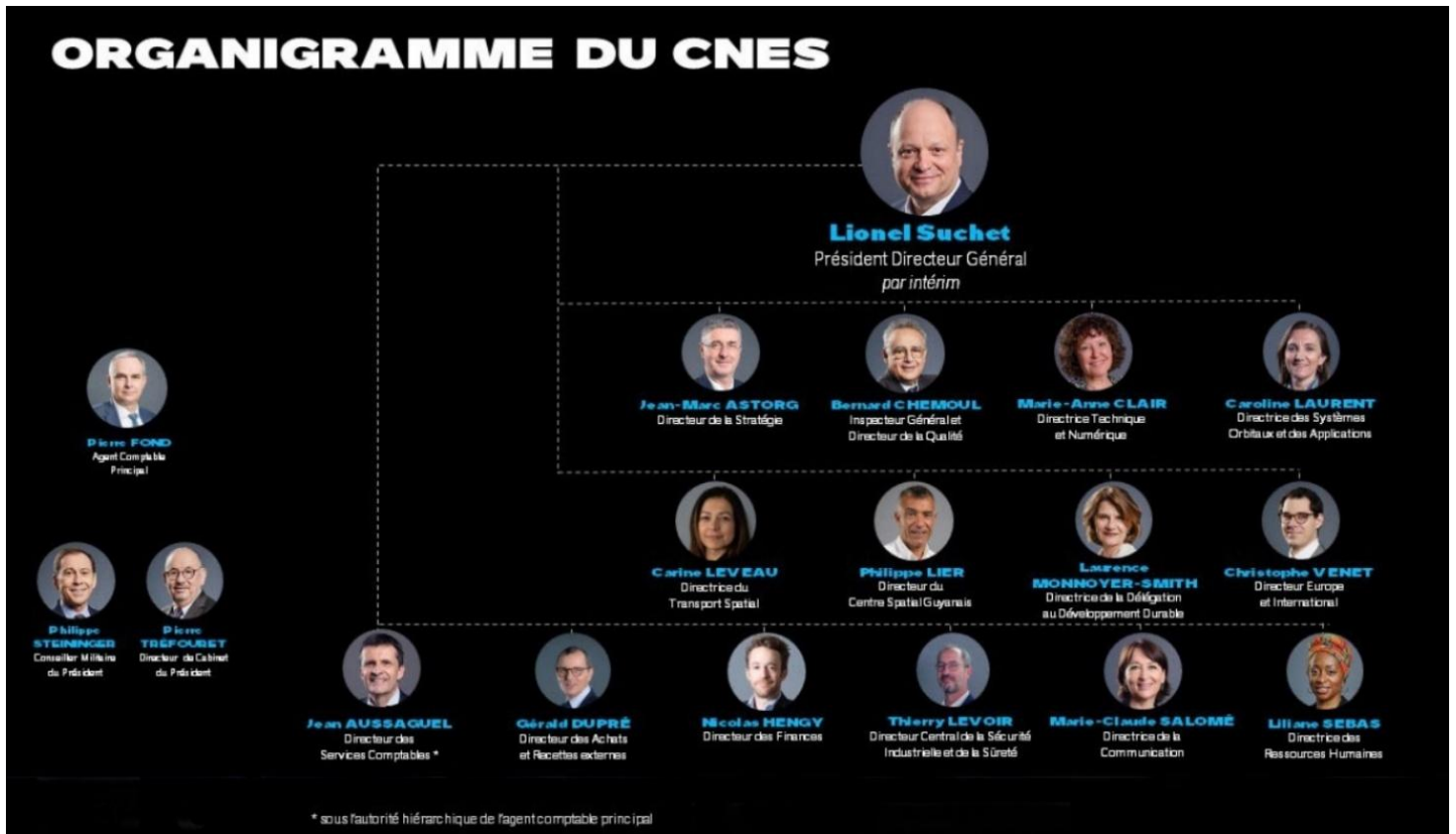
- **19 décembre 1961** : création du CNES
- **1965** : création du Centre spatial guyanais
- **26 novembre 1965** : la fusée Diamant met sur orbite le satellite Astérix, respectivement la première fusée et le premier satellite français, depuis la base d'Hammaguir (Algérie)
- **1968** : création du Centre spatial de Toulouse
- **1973** : création du programme Ariane
- **1975** : création de l'Agence spatiale européenne (ESA), dont le CNES est le principal contributeur
- **24 décembre 1979** : premier lancement de la fusée Ariane 1, le début d'une longue histoire
- **24 juin 1982** : Jean-Loup Chrétien devient le premier astronaute français dans l'espace

Les grandes missions spatiales

- **1978** : Argos, un allié de l'environnement et de la biodiversité. Méduses géantes, aigles royaux, éléphants de mer... Les balises Argos suivent les migrations et les espèces animales pour analyser les impacts du changement climatique.
- **1982** : Cospas-Sarsat, quand les satellites sauvent des vies. Utilisés par les navigateurs, les aviateurs ou les alpinistes, les balises sont déclenchées dans les situations d'urgence pour localiser les personnes en détresse, calculer leur position et alerter les secours.
- **1986** : SPOT, la Terre vue de l'espace. C'est le premier satellite d'observation civil en imagerie haute résolution. Plusieurs générations de SPOT (et aujourd'hui Pléiades) se succèdent pour cartographier les forêts ou suivre les catastrophes naturelles.
- **1995** : Hélios, la défense passe au spatial. Premier satellite d'observation militaire française, Hélios apporte à nos forces armées des images de n'importe quel endroit du globe. Un gage d'autonomie dans la prise de décisions stratégiques.
- **2001** : Jason, pour surveiller les océans. Cette famille de satellites mesure des données essentielles (niveau de la mer, hauteur des vagues, vitesse des vents) pour établir la « météo des océans » et analyser le changement climatique.
- **2006** : CoRoT, à la recherche des étoiles et des exoplanètes. Le télescope spatial a apporté une contribution majeure en identifiant 34 planètes hors du Système solaire.

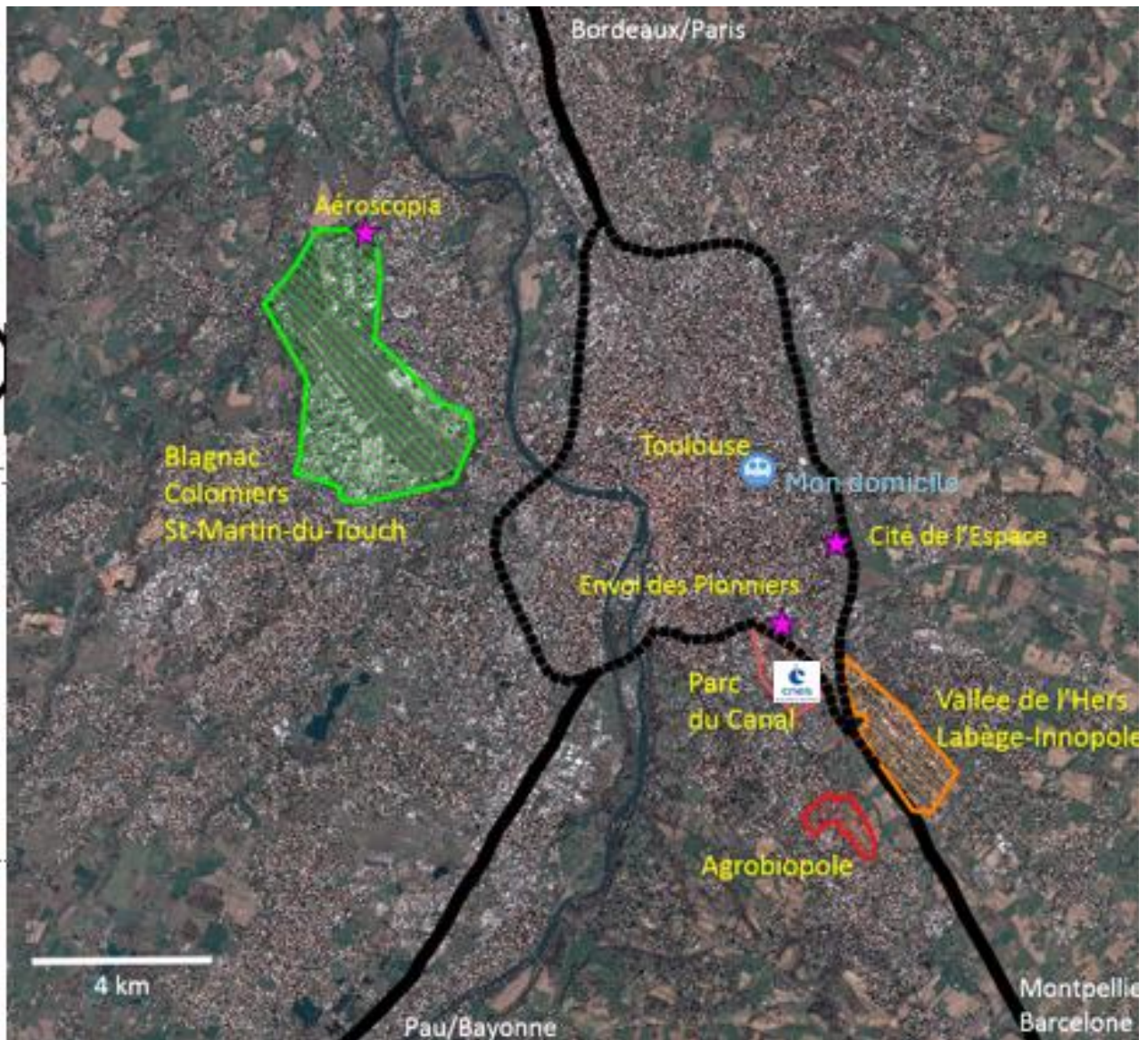
- **2008** : ATV, un vaisseau spatial pour ravitailler l'ISS. Cinq vaisseaux cargos européens ont ravitaillé la Station Spatiale Internationale (ISS) entre 2008 et 2015. Contrôlés depuis le CNES, ces véhicules pouvaient s'amarrer au millimètre près et acheminer jusqu'à 8 tonnes de fret.
- **2012** : Curiosity, à la découverte de Mars. Le rover Curiosity tente de percer les mystères de la planète rouge grâce à des instruments développés par le CNES. Quelques années plus tard, l'atterrisseur InSight (2018) puis le rover Perseverance (2020) assurent la relève, toujours avec des instruments CNES.
- **2013** : Gaïa, le catalogue de notre galaxie. Sa mission ? Cartographier plus d'un milliard d'étoiles de la Voie lactée en 3D. La précision inégalée du télescope en orbite font entrée l'astronomie dans le big data.
- **2014** : Philae, à la rencontre d'une comète. Dix ans après avoir quitté la Terre avec Rosetta, l'atterrisseur Philae s'est posé sur la comète Tchouri afin de remplir une mission ambitieuse : analyser la comète sous tous ses aspects et comprendre comment s'est formé notre Système solaire.
- **2016** : Galileo, le système de positionnement made in Europe. S'appuyant sur une constellation de 30 satellites, Galileo affiche une précision de positionnement au mètre près à tout endroit de la planète, soit encore plus précis que le GPS ! Aujourd'hui, 3 milliards de smartphones sont équipés d'un récepteur Galileo.
- **2021** : James Webb, l'Univers comme on ne l'avait jamais vu. Le télescope spatial, équipé d'instruments français et lancé sur Ariane 5, livre ses observations fascinantes : l'image la plus lointaine de l'Univers, des détails sur des étoiles naissantes ou à l'agonie, l'interaction entre des galaxies, l'influence d'un trou noir supermassif...
- **2024** : Ariane 6, la nouvelle génération de lanceurs européens. Le premier lancement a été réalisé avec succès en juillet 2024 pour continuer à écrire l'histoire du programme Ariane – l'un des tous premiers programmes du CNES.

ANNEXE 2 : Organigramme du CNES



Source : cnes.fr

ANNEXE 3 : Toulouse, capitale française et européenne de l'aéronautique et de l'aérospatiale



Carte 2 : Image satellite pleiades de Toulouse où sont localisées les principales infrastructures en relation avec le spatial et mon domicile.