



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



CNESMAG

#99 HIVER 2026

Espace : science essentielle

Rampe de lancement

#99 — HIVER 2026

05

Horizon

Marie-Claude Salomé

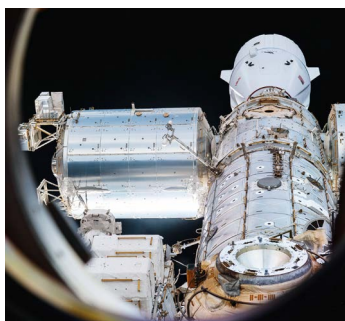
06

Dans l'objectif



10

Flash spatial



12

Cosmoculture(s)

Des petits hommes verts aux grandes questions humaines

14

Signal fort

« Le triptyque CNES – laboratoires – industrie est un écosystème vertueux »

Nabila Aghanim, directrice de recherche au CNRS, présidente du CERES



17

Balises



18

Planète CNES

Le CNES à l'écoute de l'Univers



19/ La tête dans les étoiles, les pieds sur Terre

21/ Des expertises en mission

23/ Tisser les alliances spatiales

25/ L'incertitude, moteur de la science

26

Retour vers le futur

GEIPAN : enquêter
et documenter l'étrange



27

Espace éthique

Cosmét(h)ique



28

Constellation

Galerie de portraits



32

Trajectoire

De l'idée à l'orbite : odyssee
d'une mission spatiale

34

Attractions terrestres



36

Open space

LISA : à l'écoute des ondes
émises par l'Univers

Pour lire
le magazine
en ligne

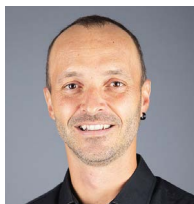


Olivier Joie-La Marle



Responsable des programmes en sciences de l'Univers, Olivier est ingénieur avec une formation en astrophysique. Il arrive au CNES en 2001 sur le programme militaire Helios. Depuis, il a rejoint les sciences de l'Univers, un monde où les maîtres mots sont coopération et curiosité. Coopération, avec les équipes pluridisciplinaires en France et les partenaires internationaux. Curiosité, dans l'esprit de ceux qui font la science, autant que dans les yeux des plus jeunes. Pour lui, il est essentiel d'éveiller et de transmettre cet état d'esprit.

Martin Boutelier



Au CNES depuis 2015, Martin possède une double formation en ingénierie et astrophysique. Idéal pour avoir la tête dans les étoiles et les pieds sur Terre. Sa passion ? Comprendre le fonctionnement de phénomènes spatiaux qui ne peuvent pas être reproduits en laboratoire. Précédemment, Martin a travaillé sur les logiciels embarqués – les cerveaux – de plusieurs satellites. Côté communauté scientifique et ses besoins l'a conduit à devenir expert gravité, cosmologie et métrologie, sur des missions comme LISA ou Pharo, à retrouver dans *CNESMAG*.

Jean Blouvac



Ingénieur de formation, Jean est arrivé au CNES en 1989 en Guyane. Il est aujourd'hui responsable des programmes exploration et vol habité et représente la France au sein de l'ESA sur ces thématiques. La coopération au sein du CNES et avec des partenaires internationaux est au cœur de ses missions. Concernant le vol habité, les défis sont immenses : préparer le post-ISS, viser Mars en repassant par la Lune. Mais la motivation est là, pour servir ce programme en forte expansion au niveau européen et mondial.

Louise Lopes



Après un double cursus en ingénierie spatiale et en physique fondamentale, Louise travaille dans l'industrie puis à l'ESA sur des projets martiens. Convaincue de l'importance du service public, elle rejoint le CNES et étudie notamment les potentielles missions spatiales du futur. Aujourd'hui sous-directrice adjointe des projets sciences de l'Univers, elle construit ces missions avec les scientifiques et œuvre sur des sujets qui font rêver petits et grands. Elle défend une science internationale et universelle, deux facteurs essentiels dans le contexte géopolitique actuel.

CNESMAG, le *CNESMAG*, le magazine du Centre national d'études spatiales, 2 place Maurice Quentin.

75039 Paris cedex 01. Adresse postale pour toute correspondance : 18, avenue Édouard Belin, 31401 Toulouse cedex 9. Tél. : +33 (0)5 61 27 40 68. Internet : <http://cnes.fr>. Abonnement : <https://cnes.fr/cnesmag/>

abonnement. **Directeur de la publication** : François Jacq. **Directrice éditoriale** : Marie-Claude Salomé. **Rédactrice en chef** : Mélanie Ramel. **Secrétaire générale de la rédaction** : Céline Arnaud. **Rédaction** : Dominique Fidel, Aude Borel, Alexia Attali, Hortense Lasbleis, Mélanie Ramel. **Iconographie** : Loïc Octavia, Orianne Arnould, Ambre Bonnefoi (Photon).

Credits photo : Couverture : © NASA, ESA, CSA, STScI ; p. 4 : CNES/Frédéric Maligne, CNES/Hervé Piraud ; p. 5 : CNES/Christophe Peus ; p. 6 : ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA, image processing by J.-C. Cuillandre, G. Anselmi, T. Li ; p. 7 : ESA & NASA/Solar Orbiter/EUI Team, D. Berghmans (ROB) ; p. 8 : NASA/JPL-Caltech/MSSS ; p. 9 : CNES/Thierry De Prada ; p. 10 (bas) : NASA ; p. 10 (haut) : CNES/Adrien Ribet ; p. 11 (haut) : Manon Lemahieu - Occelot Productions ; p. 11 (droite) : Pitris ; p. 11 (bas) : ESA/Stéphane Corvaja ; p. 12 (haut) : Collection Christopel / NZ @ Columbia - Armbilin ; p. 12 (gauche) : Allied Artists Pictures Corporation ; p. 13 (de haut en bas) : Collection Christopel / RnB @ Twentieth Century Fox Film Corporation, Collection Christopel / RnB @ Universal Pictures / Armbilin Entertainment, Collection Christopel / RnB @ Warner ; p. 14 et p. 16 : CNES/Stéphane Maillard ; p. 17 (haut) : M3B / Jan Rathke ; p. 17 (droite) : CNES/Emmanuel Grard ; p. 17 (bas) : CNES/Frédéric Maligne ; p. 18-19 : ESA/Euclid/Euclid Consortium/NASA/CUILLANDRE J.-C. (CEA Paris-Saclay), ANSELMIG ; p. 20 (haut) : APL/JHU ; p. 21 (haut) : CNES/Thierry De Prada ; p. 21 (bas) : ESA/Gaia/DPAC, Stefan Payne-Wardenaar ; p. 22 (haut) : Welcome to the Jungle ; p. 22 (bas) : DLR ; p. 23 : CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG/JM Guillon ; p. 24 (haut) : CNES/QuisProduction/ Frédéric Quignaux ; p. 24 (bas) : Cross U ; p. 25 (haut) : ESA/Planck Collaboration. Acknowledgment : M.-A. Miville-Deschênes, CNRS - Institut d'Astrophysique Spatiale, Université Paris-XI, Orsay, France ; p. 25 (bas) : NASA - JSC ; p. 26 : CNES ; p. 32 : Vitalii Barida ; p. 33 : CNES/Thierry De Prada, CNES, Xinhua/Wang Yirjie ; p. 34 (haut) : Zooniverse ; p. 34 (bas) : SapienSapien/Midjourney ; p. 35 (gauche) : CNES/Macon&Lesquoy ; p. 35 (bas) : JAXA ; p. 36 : ESA

Illustrations : Citizen Press pour Décryptage et Anne Cresci pour Constellation. **Webmaster** : Mathilde Tournier. **Réseaux sociaux** : Aurélie Marmu, Hermine Chaumolot, Marie Dupont (Citizen Press), Méliandre Laccaille (La Netscouade). **Traduction** : Boyd Vincent. **Conception, conseil et réalisation** : Citizen Press - David Corvaisier, Hortense Lasbleis, Stéphane Boumendil. **Impression** : Ménard. ISSN 1283-9817. **Ont participé à ce numéro** : Clara Nicolas, Marine Ruffenach, Eric Lorfeyre, Magali Bouyssou, Raphaël Sart, Charles Yana, Karine Mercier, Didier Massonnet, Jean Blouvac, Christian Mustin, Nabila Aghanim, Jérôme Rousseau, Marie Fesucik, Louise Lopes, Mioara Manda, Olivier Joie-La Marle, Thierry Bret-Dibat, Angélique Barbier, Géraldine Constant, Vincent Alboys, Jean-Claude Souyris, Julien Baroukh, Rozenn Saunier, Julien Mariez, Jacques Arnould, Frédéric Courtade, Charlotte Corbel, Sébastien Fernandez, Masaki Fujimoto, Hélène Boithias, Martin Boutelier et Alice Lebreton.



Propulsez le magazine sur les réseaux sociaux

Un article vous plaît ?
N'hésitez pas à le partager avec votre communauté.



@cnes



facebook.com/
CNESFrance



CNES



cnes_france



CnesFrance



CnesFrance



cnes.fr



Horizon



« Science et avenir »

Marie-Claude Salomé

Directrice de la communication

Faire progresser la connaissance grâce aux sciences spatiales.

C'est l'un des objectifs du CNES, au cœur de son écosystème.

Les certitudes d'aujourd'hui sont le fruit des recherches du passé. Et il est essentiel de poursuivre cette quête de découvertes, pour étendre les frontières de notre univers de savoirs.

Il est essentiel aussi pour le CNES d'agir en tant que passeur de sciences vers les jeunes, ces derniers étant particulièrement exposés à la désinformation, voire aux théories du complot qui visent à discréditer une démarche scientifique pourtant très encadrée.

Ce faisant, nous visons également la pérennité de cette démarche et l'éducation des consciences. Les projets spatiaux s'inscrivent sur le temps long et il y aura toujours besoin de scientifiques, d'ingénieurs mais aussi d'autres profils pour étudier les mystères de l'Univers. Et pourquoi pas, les résoudre !

Enfin, au quotidien, les équipes du CNES valorisent la contribution scientifique de la France en Europe et dans le monde et contribuent à des prouesses technologiques sur de nombreuses missions. Pour une science toujours en mouvement, vous le constaterez au fil des pages.

Bonne lecture.

PARTENAIRES

Sont cités dans ce numéro :

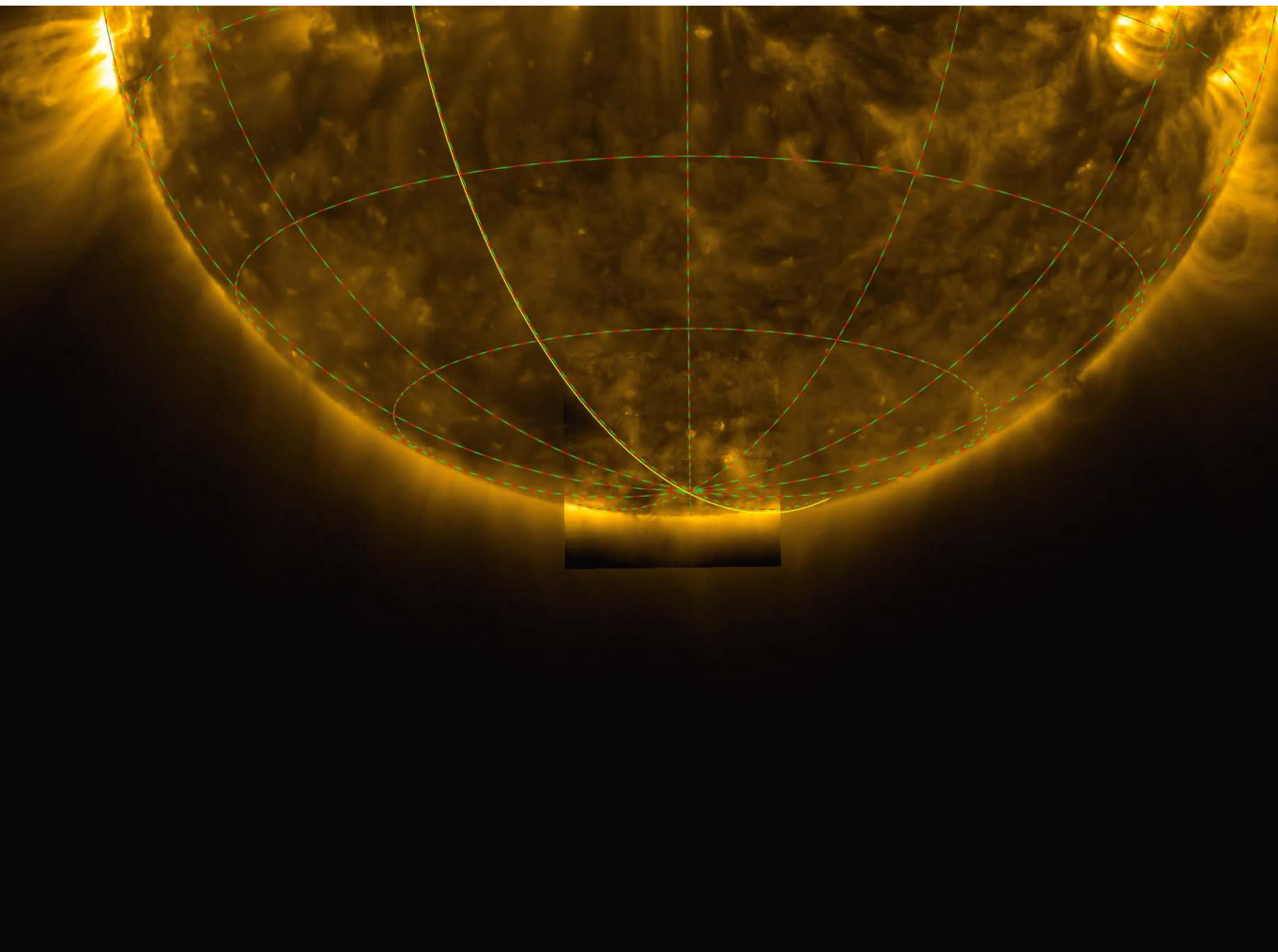
ESA - p. 6, 11, 17, 22, 25, 31, 36 ; Université de Leicester - p. 9 ; NASA - p. 10, 16, 24, 25, 31 ; IRAP - p. 10 ; Los Alamos National Laboratory - p. 10 ; École Polytechnique - p. 11 ; Novespace - p. 11 ; CNRS - p. 14, 16, 28, 33, 36 ; UE - p. 17 ; Sorbonne Université - p. 17, 28 ; Ministère de l'Éducation nationale - p. 17 ; Ministère de l'Agriculture - p. 17 ; DLR - p. 22, 30 ; JAXA - p. 24, 30, 35 ; Ministère de la Défense - p. 26 ; LATMOS - p. 28 ; Université de Versailles-Saint Quentin en Yvelines - p. 28 ; Observatoire de Paris - p. 29 ; AID - p. 29 ; ISAS - p. 30 ; Airbus - p. 31 ; CEA - p. 33, 36 ; Zooniverse - p. 34 ; Macon & Lesquoy - p. 35 ; Merlin - p. 35

Un anneau si lointain

— **Découvert en février 2025** par le télescope européen Euclid, cet anneau d'Einstein (au centre de l'image) entoure la galaxie NGC 6505, à 590 millions d'années-lumière. Il provient de la lumière d'une autre galaxie bien plus lointaine, courbée par la gravité. Ces effets de lentille¹, utilisés pour évaluer la masse de ce type de « galaxies écrans », sont au cœur de la mission Euclid, lancée en 2023 par l'ESA pour cartographier l'Univers et sonder matière noire et énergie sombre.



1. Déviation de la lumière par une masse.

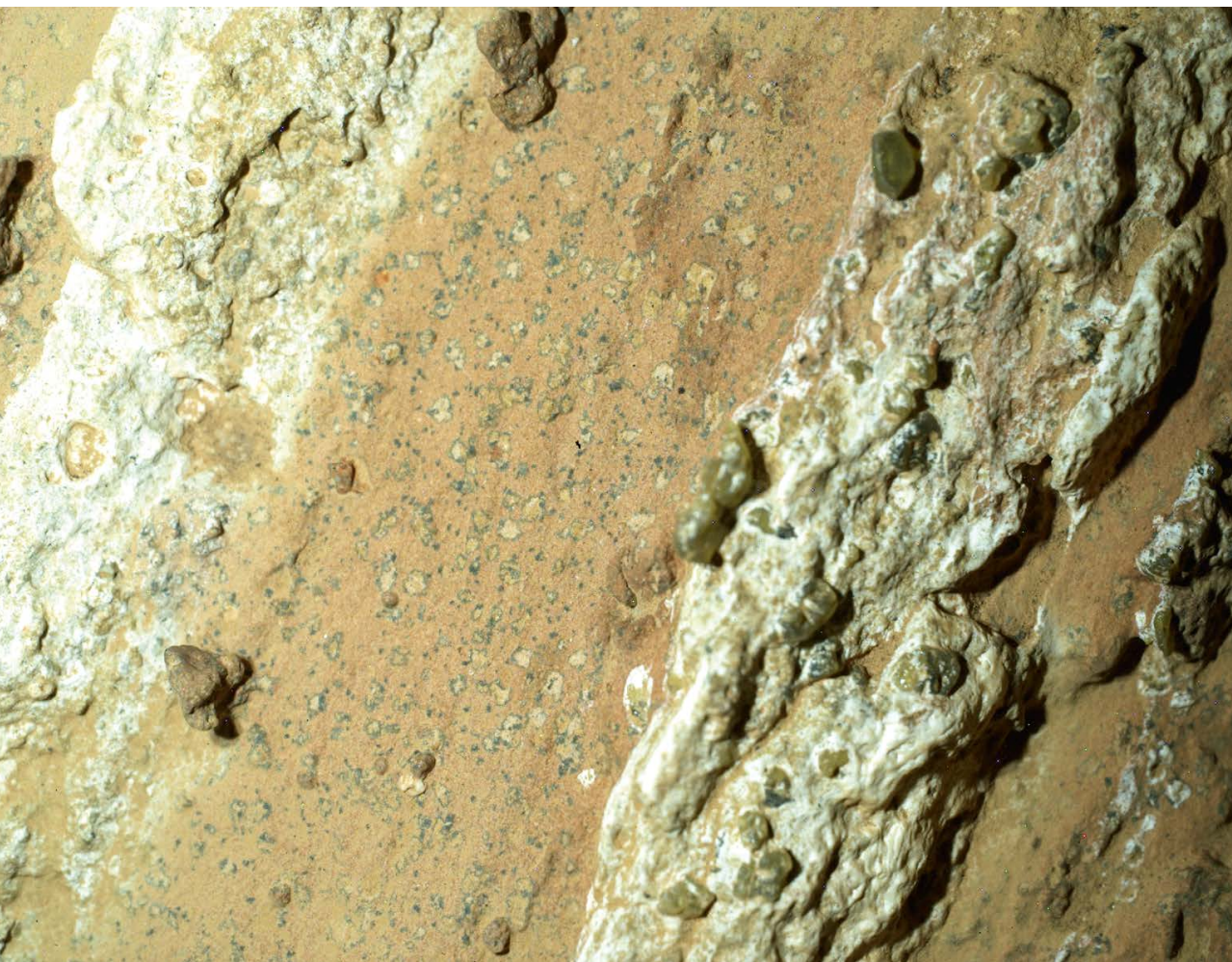


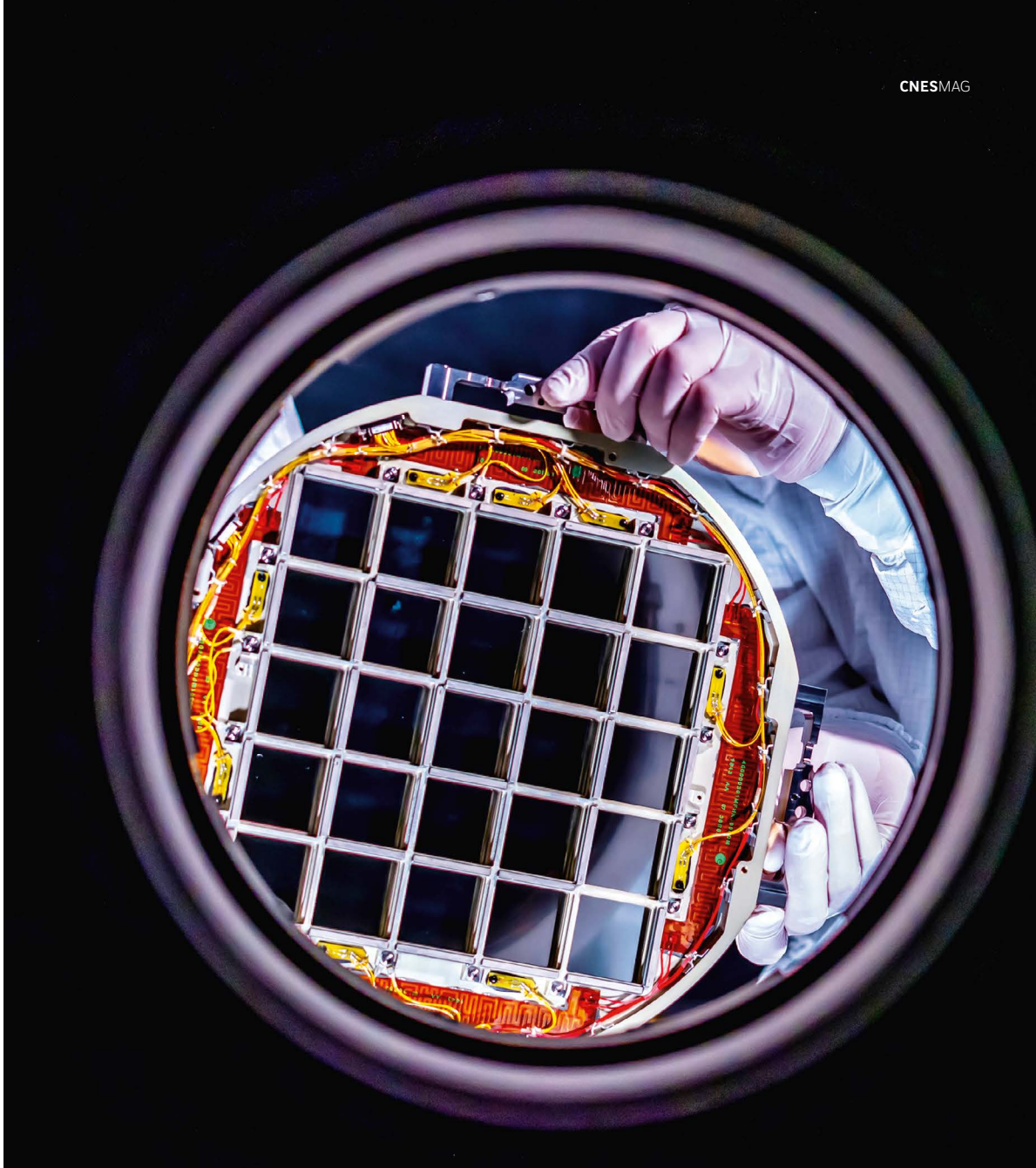
Le Soleil dévoile ses pôles

————— **Grâce à l'inclinaison de son orbite** par rapport au plan de rotation des planètes, la sonde européenne Solar Orbiter a fait, en juin dernier, des observations inédites du pôle Sud du Soleil. Cette prouesse ouvre la voie à une meilleure compréhension des mécanismes à l'œuvre dans notre étoile, comme son cycle d'activité de onze ans ou encore l'origine du « vent solaire ».

Perseverance et les mystères de Cheyava Falls

————— **L'an dernier, en explorant le cratère martien Jezero**, Perseverance a découvert une roche nommée « Cheyava Falls ». Les instruments du rover y ont détecté des structures qui, sur la Terre, sont typiquement associées à une activité biologique. Un indice de vie passée sur Mars ? Il est bien trop tôt pour l'affirmer, mais les échantillons prélevés sur place nous apporteront peut-être des éléments de réponse dans les années à venir.



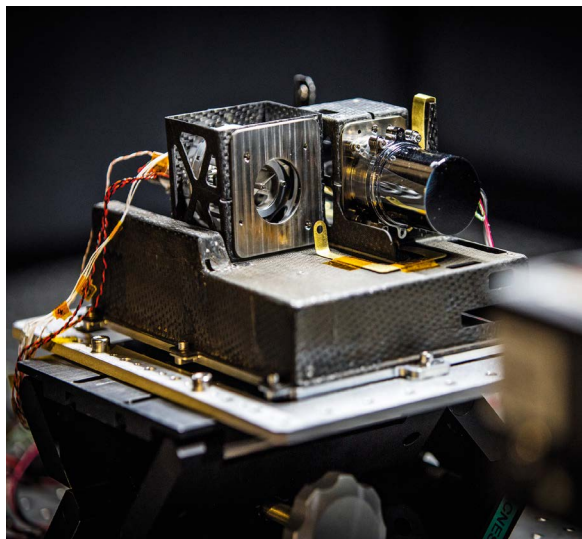
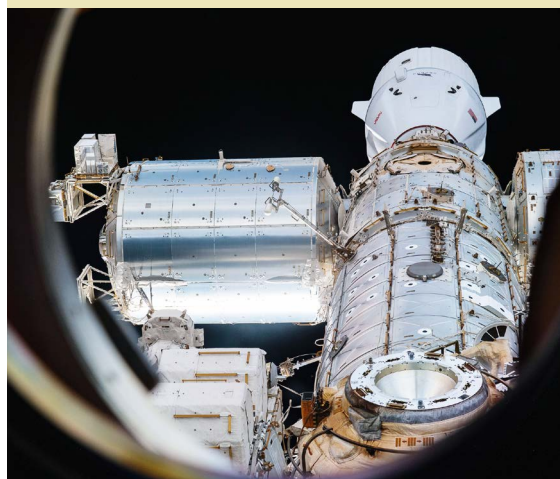


Des sursauts dans l'œil du homard

———— **Immortalisé lors de son intégration**, MXT, le télescope à rayons X de la mission franco-chinoise SVOM, s'inspire des yeux du homard. Conçue par l'université de Leicester et fabriquée par une société corrézienne, son optique permet une localisation plus précise des sursauts gamma – phénomènes énergétiques extrêmes observés lors de la mort d'une étoile – grâce à ses microcanaux carrés qui concentrent la lumière sur le détecteur.

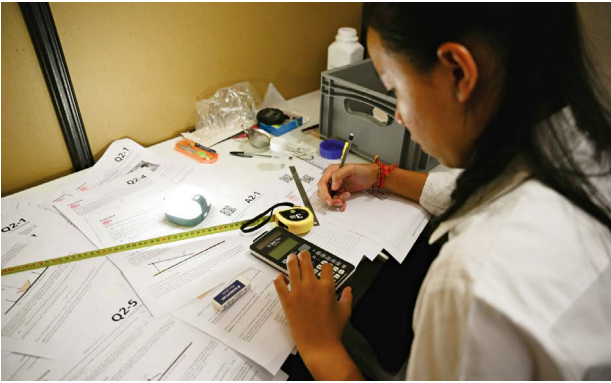
Fin de l'ISS en 2030 : quels scénarios pour l'après ?

En 2030 ou 2031 au plus tard, les États-Unis mettront fin à la mission de la Station spatiale internationale, après trente ans d'activités et plus de 3 000 expériences scientifiques. Tandis que SpaceX et la NASA développent le module cargo qui gèrera sa rentrée atmosphérique dans le Pacifique, les grandes puissances préparent l'après-ISS : stations spatiales privées Commercial Low orbit Destination (CLD) pour les États-Unis, extension de Tiangong pour la Chine, lancement de la station BAS pour l'Inde. Les acteurs européens, eux, étudient plusieurs scénarios, dont une implication dans le projet américain, une coopération renforcée avec l'Inde, un projet de station en partenariat avec d'autres acteurs (Canada, Japon, Émirats arabes unis...), ainsi que le recours à des moyens robotiques pour certaines expériences en microgravité.



MicroLIBS : mini-instrument, grandes ambitions

MicroLIBS est un instrument de spectroscopie par ablation laser miniaturisé, conçu par le CNES, l'IRAP et le Los Alamos National Laboratory, dans la continuité de ChemCam et SuperCam, instruments emblématiques des missions martiennes. Contrairement à ses prédécesseurs, il est pensé pour la cartographie élémentaire à micro-échelle, et sa petite taille permettra son intégration à des plateformes légères comme un drone hexacoptère. Un attelage de ce type ouvrirait des perspectives révolutionnaires pour la géologie de Mars en accédant à des terrains inaccessibles aux rovers. Pour l'heure, un premier prototype de MicroLIBS est en cours d'assemblage. L'enjeu pour le CNES et ses partenaires est de démontrer que cet instrument de moins de 1,5 kg sera à la hauteur des performances visées.



Olympiades internationales de physique : le prix CNES en impesanteur

En juillet dernier, le campus de l'École polytechnique à Palaiseau a vibré au rythme des 55^{es} Olympiades internationales de physique.

Organisé sur sept jours, ce concours, le plus prestigieux pour les moins de 20 ans, a réuni plus de 400 candidats venus de 80 pays. Partenaire de l'événement, le CNES y a proposé son propre prix, récompensant la meilleure prestation globale d'un candidat européen.

Objectif : faire découvrir ses activités et les métiers du spatial à un public de talents émergents. Le prix CNES a été attribué à Ionut-Gabriel Stan (Roumanie), qui embarquera bientôt à bord de l'Airbus A310 Zéro-g opéré par Novespace, pour un vol scientifique en impesanteur.

SVOM

et les sursauts du passé

Lancé en juin 2024 depuis Xichang, le satellite franco-chinois SVOM a franchi avec succès ses phases de tests et de validation et est officiellement en phase opérationnelle depuis janvier 2025. Ses instruments – dont les français ECLAIRs et MXT – traquent les sursauts gamma, éclairs brefs et d'une puissance extrême qui révèlent la fusion d'étoiles à neutrons, la naissance de trous noirs ou l'explosion d'étoiles massives. Depuis le lancement de SVOM, 210 sursauts gamma ont été captés et transmis en temps quasi réel aux télescopes au sol pour observation, ouvrant une nouvelle fenêtre sur l'évolution de l'Univers. En mars, SVOM a détecté un sursaut faible qui s'est révélé provenir d'une supernova, la plus ancienne jamais datée, survenu alors que l'Univers n'était âgé que de 729 millions d'années (contre 13,8 milliards aujourd'hui).

1. Au 15 décembre 2025.

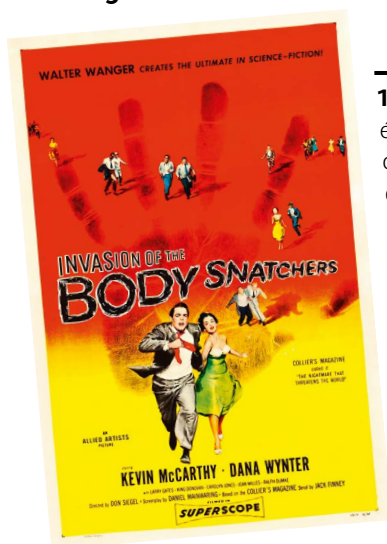


Pharaon prête à mettre les pendules à l'heure

Pharaon est une horloge atomique, à atomes refroidis par laser, ultraprécise. Elle a pour objectif de tester, depuis l'espace, la théorie de la relativité générale d'Einstein. Dans le cadre du projet ACES de l'ESA, Pharaon est accompagnée par une autre horloge atomique appelée « SHM » (Space Hydrogen Maser) et par des moyens pour communiquer le temps au sol. Développée, assemblée et testée par le CNES, Pharaon a été lancée à destination de l'ISS en avril dernier par un Falcon 9 de SpaceX, puis transférée à l'extérieur du module européen Columbus. Tous ses paramètres ont d'ores et déjà été testés et Pharaon atteint les performances prévues dans l'espace. Les scientifiques se concentrent désormais sur une méthode permettant de contourner le fait que l'horloge SHM n'est – pour sa part – pas encore fonctionnelle.

Des petits hommes verts aux grandes questions humaines

Des Envahisseurs à Rencontres du troisième type, d'Alien à Men in Black, le cinéma a fait de la vie extraterrestre un miroir de nos angoisses, de nos croyances et de nos doutes. Entre fascination scientifique et soupçons complotistes, ces fictions racontent autant l'époque qui les a vues naître que nos manières de regarder le ciel.

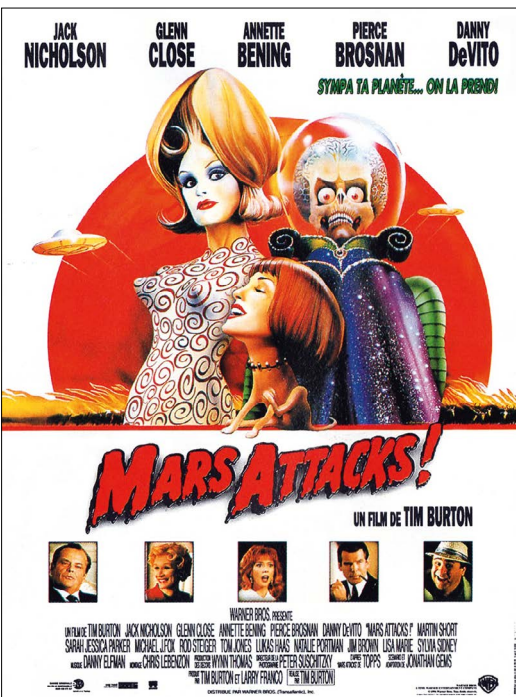


Depuis les années 1950, les aliens colonisent les écrans à la vitesse d'une peur collective. Dans l'Amérique du maccarthysme, les soucoupes volantes d'*Invasion des profanateurs de sépultures* (Don Siegel, 1956) ou de *La Chose d'un autre monde* (Christian Nyby, 1951) traduisent la hantise de l'infiltration et du lavage de cerveau. Les monstres venus d'ailleurs sont les métaphores commodées d'un ennemi

intérieur insaisissable. Le cinéma de science-fiction devient alors un terrain d'expérimentation politique, où chaque invasion raconte la guerre froide sous couvert de fiction. À la fin des années 1970, la peur laisse place à la curiosité amicale. *Rencontres du troisième type* (Spielberg, 1977) et *E.T.* (1982) réconcilient l'humanité avec l'Autre. En pleine détente Est-Ouest, les extraterrestres prennent les traits de messagers pacifiques, reflets d'une aspiration



à la communication et à la confiance dans la science. Ces films réenchangent la conquête spatiale tout en l'inscrivant dans un imaginaire humaniste et quasi spirituel. Mais l'apaisement ne dure pas. *Alien* (Ridley Scott, 1979) puis *Predator* (1987) ramènent la menace dans les entrailles du vaisseau : l'inconnu y devient biologique, intime et contagieux, alors que l'épidémie de sida est dans tous les esprits. Les années 1990, elles, oscillent entre inquiétude et dérision. La série *X-Files*, les films *Independence Day* (Roland Emmerich, 1996) et *Men in Black* (Barry Sonnenfeld, 1997) rejouent la peur du mensonge d'État et la fascination pour les technologies cachées. *Mars Attacks!* (Tim Burton, 1996), quant à lui, en propose une parodie flamboyante : un feu d'artifice satirique où les clichés de l'invasion tournent à la farce atomique. Ce rire grinçant clôt une décennie où le soupçon généralisé devient un spectacle à part entière. Aujourd'hui, la frontière entre fiction et croyance s'est encore brouillée. Des longs-métrages comme *Phénomènes paranormaux* (Olatunde Osunsanmi, 2009) exploitent les codes du reportage pour faire passer la fiction pour un témoignage scientifique. Quant à la série de pseudo-documentaires *Alien Theory*, analysée par plusieurs chercheurs comme un modèle de « *conspirationnisme de prime time* », elle recycle des mythes archéologiques pour en faire des « preuves » de contacts extraterrestres. Ces formats entretiennent un flou où l'argumentaire pseudo-rationnel et le montage télévisuel voudraient valider des théories infondées. À l'heure où les réseaux sociaux



amplifient ces narrations, l'éducation scientifique et le regard critique demeurent essentiels. Le cinéma, lui, peut encore rappeler que la curiosité vaut mieux que la croyance, et que le ciel, avant d'être une menace ou le royaume de Dieu, reste une *terra incognita* à découvrir.

Décryptage

Christian Mustin,

RESPONSABLE EXOBIOLOGIE,
EXOPLANÈTES ET PROTECTION PLANÉTAIRE AU CNES



« L'ignorance est la porte d'entrée aux croyances aveugles »

Une étude Ifop de 2023 montre que les jeunes ont de moins en moins confiance en la science.

Quel est votre ressenti sur ce sujet ?

Pour ma part, je suis surtout le témoin de représentations erronées du monde ou de connaissances floues plutôt que d'une adhésion aveugle à des thèses farfelues. Un adolescent m'a demandé, par exemple, pourquoi la lave des gigantesques volcans martiens ne dégoulinait pas sur les bords de la planète. Et même dans les classes d'ingénieurs, nous ne sommes pas à l'abri de surprises sur la taille estimée des choses... des bactéries de 1 mm de long par exemple.

Cette ignorance vous inquiète ?

Non, si toutefois les citoyens comprennent que la science progresse par la controverse, par la formulation d'hypothèses et leur vérification rigoureuse. L'ignorance de la méthode scientifique est la porte d'entrée aux croyances aveugles. D'explications probables transformées à la hâte en certitudes peuvent naître des convictions indéfectibles, surtout dans nos sociétés de plus en plus soumises à la dictature de l'instant.

Dans notre époque où les théories du complot représentent un vrai danger, peut-on encore dire qu'on croit à l'existence d'une autre forme de vie dans l'Univers ?

Bien sûr, dans la mesure où croire signifie que l'on considère comme probable ou vraisemblable. Je crois, pour ma part, l'Univers assez vaste pour qu'il y ait des systèmes planétaires habités par d'autres formes de vie. On retrouve dans certains astéroïdes des molécules organiques qui pourraient servir de briques du vivant. Elles ne sont pas utilisées par la vie terrestre, mais on peut imaginer qu'elles pourraient entrer dans la composition d'autres formes de vie ailleurs dans l'Univers.

NABILA AGHANIM

Directrice de recherche au CNRS, présidente du CERES

« Le triptyque CNES–laboratoires –industrie est un écosystème vertueux »

Astrophysicienne, directrice de recherche au CNRS et à l'Institut d'astrophysique spatiale (IAS, CNRS et université Paris-Saclay), Nabila Aghanim préside le CERES. Il s'agit d'une instance consultative du CNES dédiée à la recherche spatiale dans le domaine des sciences de l'Univers et de l'exploration. Spécialiste du fond diffus cosmologique, la chercheuse revient sur les grands enjeux scientifiques et sur la dynamique collective qui sous-tend l'exploration de l'Univers.



Pour lire
la version
longue
de l'article



« Je trouve fascinant qu'on puisse bâtir un modèle cohérent sur une telle part d'inconnu »

Vous avez travaillé sur la mission Planck, qui a observé les vestiges des premiers instants de l'Univers. Que vous a appris ce voyage dans le passé ?

La mission Planck explorait les origines et l'évolution de l'Univers. Nous avons observé le fond diffus cosmologique : cette lumière fossile, reliquat du Big Bang, conserve la mémoire de l'histoire cosmique, depuis ses premiers instants jusqu'à la formation des galaxies. Comme des archéologues, l'étude de ces signaux nous a permis de dévoiler une partie des mystères du passé et d'appréhender comment les toutes premières perturbations de densité ont finalement donné naissance aux galaxies. Étudier ces traces, c'est revenir à l'origine de tout ce qui existe – et cela reste, pour moi, l'un des grands moments de ma carrière scientifique. Planck nous a aussi permis de préciser la composition de l'Univers : 95 % d'éléments inconnus – matière et énergie noires – pour 5 % de matière ordinaire. Je trouve fascinant qu'on puisse bâtir un modèle cohérent sur une telle part d'inconnu ; le défi désormais sera d'en comprendre la nature.

Quelles sont les priorités établies lors du dernier séminaire de prospective scientifique en matière de projets spatiaux, et quel est le rôle du CERES à cet égard ?

Le dernier séminaire de prospective scientifique a défini plusieurs axes majeurs, des origines de l'Univers à l'étude du vivant dans l'espace : gravitation, formation des galaxies, caractérisation des planètes extrasolaires, exploration planétaire. Dans ce dernier domaine, les attentes portent notamment sur les lunes glacées comme Europe (pour Jupiter) et Encelade (pour Saturne), susceptibles d'abriter des océans, ainsi que sur le retour d'échantillons martiens, étape cruciale pour retracer l'histoire comparée des planètes telluriques. Constitué de scientifiques fédérés par le CNES, le CERES contribue à cette dynamique, en

éclairant les priorités de la recherche spatiale dans le domaine des sciences de l'Univers et de l'exploration, et en formulant des recommandations à l'agence spatiale française.

Comment fonctionne le triptyque CNES–laboratoires–industrie, et en quoi ce modèle constitue-t-il un atout pour l'écosystème spatial français ?

La grande force de ce triptyque, c'est sa complémentarité : la recherche élabore la stratégie scientifique – les questions qu'on se pose et les concepts instrumentaux pour y répondre –, les industriels transforment ces concepts en systèmes spatiaux fiables, et le CNES en assure la cohérence et le pilotage. Ce modèle embrasse tout le cycle, de l'idée scientifique à l'exploitation des données. C'est un écosystème vertueux où la science stimule la technologie et où la technologie ouvre de nouveaux champs à la science – un équilibre fondé sur la confiance entre chercheurs, ingénieurs et industriels.

Pourquoi la coopération internationale est-elle si importante dans le domaine spatial et comment résiste-t-elle aux tensions géopolitiques actuelles ?

Les projets spatiaux d'envergure sont trop ambitieux pour être portés par une seule nation : ils exigent une intelligence collective que seul permet un consortium international où les coûts, les expertises et les risques sont répartis. Cette coopération s'avère essentielle, non seulement pour la réalisation des projets, mais aussi pour l'enrichissement de la science grâce à la diversité des approches et des points de vue. Les perturbations actuelles ne tiennent pas à une incapacité à collaborer, mais à des décisions politiques prises au plus haut



« La science éclaire le monde sans en épuiser la part de rêve »

niveau. Néanmoins, les grandes initiatives spatiales sont pensées pour être robustes et prévoient les risques de défaillance. Mais il arrive que la rupture d'une collaboration mette en péril une mission ; c'est ce que le monde du spatial redoute aujourd'hui pour plusieurs projets où la NASA devait jouer un rôle important.

_____ On entend souvent dire que les jeunes, et plus encore les jeunes filles, se détournent des carrières scientifiques. Qu'en pensez-vous et avez-vous eu un déclic dans votre parcours ?

Quand je me rends dans des établissements scolaires, je vois des regards qui brillent de curiosité. L'intérêt est bien là, chez les filles comme chez les garçons. Ce qui freine, ce sont les biais sociaux et culturels : beaucoup de jeunes s'autocensurent, parce qu'ils ne se croient pas taillés pour une voie longue, exigeante et incertaine, dans une société qui valorise l'efficacité à court terme. Pour les filles, ces obstacles sont renforcés par des stéréotypes de genre persistants, même si les comités de recrutement y sont aujourd'hui sensibilisés. Pour ma part, le déclic a eu lieu quand une institutrice remplaçante nous a lu

1997

Titulaire d'une allocation postdoctorale du CNES.

1999

Rejoint le CNRS et l'Institut d'astrophysique spatiale (IAS) après des postdoctorats au CNES et à l'université de Californie à Berkeley.

2009-2016

Coordonne les équipes internationales lors de l'exploitation scientifique des données de la mission Planck.

2017

Reçoit la médaille d'argent du CNRS.

2022

Reçoit le grand prix Huy Duong Bui de l'Académie des sciences.

quelques pages d'un livre sur la formation du système Terre-Lune. J'avais 9 ans et j'ai été saisie par cette idée qu'on pouvait comprendre la formation de la Lune ! Par la suite, j'ai eu la chance d'être pleinement encouragée par mes parents et par des enseignants qui m'ont aidée quand j'ai dû partir d'Algérie pour la France après mon master. J'ai pu avancer au gré de mes propres choix, sans reproduire les schémas préétablis et c'est ce que je souhaite aux jeunes femmes – et aux jeunes hommes aussi ! – d'aujourd'hui.

_____ Quel est aujourd'hui votre rapport personnel au ciel et à l'espace ?

L'espace a toujours été une source de fascination pour moi. Durant mon enfance en Kabylie, le ciel n'était pas encore saturé de pollution lumineuse, et les nuits étaient d'un noir profond, constellé d'étoiles. Je garde en mémoire de longues promenades sous la clarté de la Lune, aux côtés de mon père et de mon grand-père. Le sentiment d'immensité qui m'envahissait alors ne m'a jamais abandonnée. Le ciel demeure un lieu de contemplation, à la fois sensible et intellectuel. Sensible, parce que sa beauté est bouleversante. Intellectuel, car cette splendeur peut être déchiffrée : comprendre les lois physiques qui orchestrent cette harmonie n'enlève rien à son mystère et à sa beauté, au contraire. J'aime l'idée que la science éclaire le monde sans en épuiser la part de rêve.

1. Comité d'Évaluation sur la Recherche et l'Exploration Spatiale.



Brême 2025 : l'Europe spatiale à l'heure des choix

Après Paris en 2022, Brême a accueilli en novembre dernier la Conférence ministérielle de l'ESA. Ce rendez-vous important permet aux États membres de décider des programmes à mener pendant la période 2026-2028 grâce à leurs souscriptions à l'Agence spatiale européenne. Cette conférence intervient dans un contexte marqué par les mutations du spatial, le rôle croissant de l'Union européenne et un environnement international et géopolitique nouveau. L'enjeu est de répondre aux objectifs de la politique spatiale, notamment en matière de science, de compétitivité et d'autonomie stratégique, et d'assurer une articulation cohérente des actions de l'ESA, des États membres et de l'UE. Et ce dans tous les domaines : sciences de l'Univers, transport spatial, exploration, observation de la Terre, télécommunications, navigation, sécurité dans l'espace, technologies.



4500

établissements scolaires,

de l'élémentaire au lycée, participeront à l'expérience ChlorISS. Celle-ci sera menée en 2026 par l'astronaute française de l'ESA Sophie Adenot lors de sa mission à bord de la Station spatiale internationale. Développée par le CNES, en partenariat avec Sorbonne Université, le ministère de l'Éducation nationale et le ministère de l'Agriculture, ChlorISS consistera à comparer la germination de deux variétés de plantes sur Terre et en micropesanteur. Au total, plus de 250 000 enfants et adolescents prendront part à cette aventure.



Les missions en sciences spatiales sont universelles et profitent à toute la communauté scientifique mondiale. Cependant, à l'origine et à la manœuvre de chaque mission, il y a ce que l'on appelle un "consortium scientifique", qui regroupe des équipes scientifiques issues de laboratoires, d'universités et d'institutions de recherche. Aidé des agences spatiales et piloté par un Principal Investigator (PI), ce collectif – presque toujours international – définit les objectifs scientifiques de la mission, conçoit les instruments, prépare l'exploitation des données et produit la science une fois la mission en orbite. »



Louise Lopes,

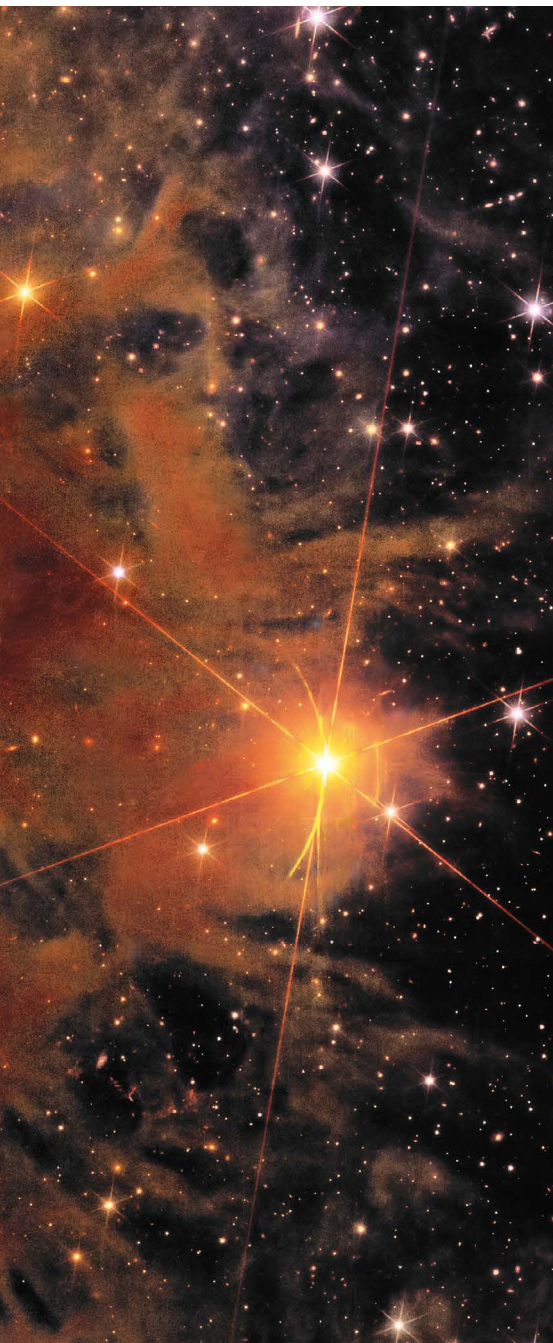
SOUS-DIRECTRICE ADJOINTE DES PROJETS SCIENCES DE L'UNIVERS AU CNES

Le CNES à l'écoute de l'Univers

Explorer l'Univers, c'est interroger nos origines autant que notre avenir. Grâce aux grandes missions scientifiques auxquelles il participe, le CNES relie chercheurs, ingénieurs et partenaires du monde entier pour faire progresser la connaissance.

Zoom dans la pouponnière d'étoiles
Messier 78 (M78), observée par
le télescope spatial Euclid.

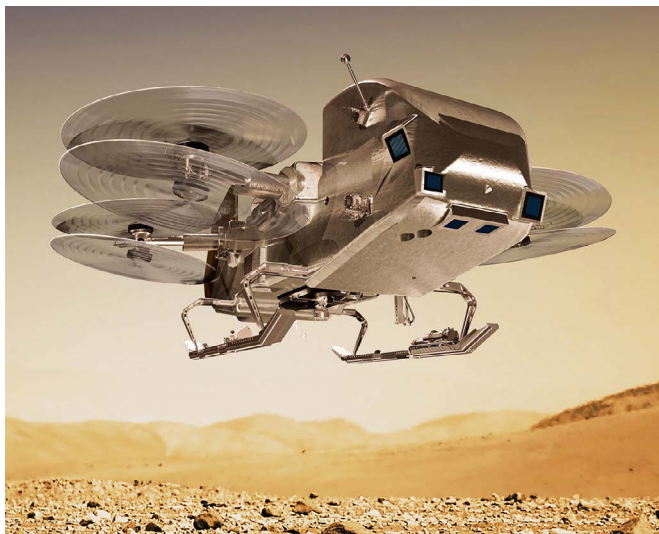




La tête dans les étoiles, les pieds sur Terre

Acteur majeur de la recherche spatiale, le CNES accompagne les scientifiques français de l'émergence des idées aux grandes missions internationales. Un rôle de coordinateur de son écosystème qui repose sur une exigence scientifique rigoureuse, tout en s'adaptant aux évolutions du contexte mondial.

————— **Les sciences de l'Univers et l'exploration s'attachent à répondre à quelques-unes des plus anciennes questions que nous nous posons :** d'où vient la matière ? Comment la vie est-elle apparue ? Quelles lois gouvernent l'évolution du cosmos ? Astrophysique, cosmologie, physique fondamentale, exobiologie... autant de disciplines qui cherchent, chacune à leur manière, à décrypter l'histoire et le fonctionnement de l'Univers. *« Ces domaines mobilisent depuis des décennies des équipes de chercheurs, d'ingénieurs, d'industriels et d'agences spatiales à travers le monde, souligne Mioara Manda, sous-directrice coordination scientifique au CNES. Aucune entité ne peut agir seule : les sciences spatiales nous obligent à penser à long terme et à l'échelle collective, voire mondiale. »* Dans ce cadre de coopération et d'exigence, le CNES occupe une place singulière : celle de catalyseur et de coordinateur de la recherche spatiale française, mais aussi de partenaire clé dans la dynamique scientifique internationale. Pour jouer ce rôle, il mobilise son écosystème interne. De la direction de la stratégie à celle des systèmes orbitaux et des applications, de la direction technique et numérique à la direction Europe et international, *« l'organisation de l'agence vise à transformer les idées scientifiques en missions opérationnelles, explique Thierry Bret-Dibat, sous-directeur sciences de l'Univers et de l'exploration. Nous faisons le lien entre organismes de recherche, industrie et agences spatiales : c'est cette continuité qui rend les missions possibles. »*



Le drone Dragonfly (« libellule » en français) dédié à l'exploration de la surface de Titan, la plus grande lune de Saturne.

L'action du CNES passe aussi par des dispositifs puissants, parmi lesquels figure le Programme d'accompagnement de la recherche spatiale (PARS), qui a permis en 2024 de soutenir 184 laboratoires à hauteur de 18 millions d'euros, ou encore le Programme PDoc+, qui accompagne chaque année plus d'une centaine de jeunes chercheurs, dont une trentaine dans le domaine des sciences de l'Univers et de l'exploration. « *Nous cofinancions des thèses, des recherches postdoctorales, des démonstrateurs technologiques et des études de faisabilité qui nourrissent les futures missions* », ajoute Mioara Manda.

Du recueil des besoins scientifiques à la diffusion des résultats des missions, les équipes du CNES s'attachent à respecter scrupuleusement les fondements de toute démarche scientifique : le doute constructif, la vérification systématique et la transparence sur toute la ligne. « *La science ne repose pas sur des croyances mais sur des faits mesurables et reproductibles*, rappelle Olivier Joie-La Marle, responsable du programme sciences de l'Univers au CNES. *C'est un enjeu majeur de nos jours, dans notre domaine exposé aux théories du complot et à la désinformation.* » De fait, le CNES promeut activement l'open data et l'open science. Et c'est dans la même optique qu'il a mis en libre accès les archives du GEIPAN dès 2007,

le Groupe d'études et d'informations sur les phénomènes aérospatiaux non identifiés (voir « Retour vers le futur », p. 26).

Un contexte mouvant

Les grandes missions scientifiques auxquelles le CNES a participé ont jalonné la connaissance de l'espace : Planck (voir « Signal fort », p. 14-16), Rosetta et Philae, Gaia (voir ci-dessous), Euclid, SVOM (voir « Trajectoire », p. 32-33)... « *Ces succès ont façonné la crédibilité scientifique et technique de la France et posé les jalons indispensables aux défis à venir*, souligne Olivier Joie-La Marle. *Ils ont pour nom LISA, pour la détection des ondes gravitationnelles, NewAthena, pour l'étude des phénomènes à haute énergie et des trous noirs supermassifs, sans oublier Dragonfly, qui explorera la surface de Titan à la recherche de traces organiques.* »

Depuis un an, cet élan s'inscrit dans un contexte instable. « *Les incertitudes budgétaires et géopolitiques, notamment la remise en cause de certaines contributions américaines à LISA ou Mars Sample Return, rappellent la fragilité des grands équilibres internationaux* », indique Thierry Bret-Dibat. En réponse, le CNES devra plus que jamais continuer à mener sa mission d'opérateur de l'État, préserver la cohérence des engagements français et renforcer les coopérations. Cette constance est la condition pour maintenir une recherche spatiale ouverte, rigoureuse et utile à l'humanité.

1. Mission concernant le retour sur Terre d'échantillons martiens.

Gaia : après les dernières mesures, la mission continue

Après dix ans et demi d'observations, le satellite Gaia a cessé son activité le 15 janvier 2025. Mais la mission continue : cinq années de données restent à analyser avant la publication, en 2030, de son catalogue final recensant plus de deux milliards d'étoiles. Outre des découvertes majeures comme la galaxie naine Gaia-Encelade ou le trou noir BH3, elle ouvre le champ à de nouvelles applications pratiques, telle que la calibration des senseurs stellaires des satellites pour contrôler leur attitude ou la navigation spatiale.





Intégration du radiateur du télescope SVOM MXT au CNES à Toulouse.

Des expertises en mission

De l'amont à l'exploitation, les équipes du CNES mobilisent un large éventail de compétences scientifiques, techniques, systèmes et opérationnelles pour donner vie aux projets spatiaux.

960
experts techniques
du CNES accompagnent
les projets spatiaux.

Les missions scientifiques sont des projets longs, complexes et coûteux qui peuvent parfois mobiliser des centaines de personnes sur plusieurs continents. Par sa position d'agence spatiale nationale et de centre technique de niveau mondial, le CNES dispose d'un vaste répertoire d'expertises qu'il peut moduler et articuler en fonction des besoins, de la première idée à l'exploitation.



———— **Les pros de l'amont.** Le Plateau d'architecture des systèmes orbitaux (PASO) veille sur la genèse des projets en collaboration avec les équipes de recherche et technologie, et les experts techniques. Ces spécialistes de la phase 0 (voir p. 32-33, « Trajectoire ») apportent un support aux communautés scientifiques pour transformer une simple expression de besoin en dossier de faisabilité d'une mission, prêt à être présenté aux appels à idées de l'ESA.

———— **Les équipes projet.** En fonction de la nature et de l'ambition du projet, les équipes peuvent être de taille très variable : depuis une cellule réduite en appui à un laboratoire jusqu'à la constitution d'une équipe complète, notamment pour les projets complexes. Celle-ci sera chargée de coordonner l'ensemble des activités d'ingénierie du projet, en orchestrant les coopérations internationales aux côtés de l'investigateur principal qui pilote, lui, les questions scientifiques.

———— **Les experts techniques.** Ils sont 960 et couvrent la quasi-totalité des expertises du CNES en matériel, logiciel, systèmes orbitaux... Les experts techniques interviennent lors du développement



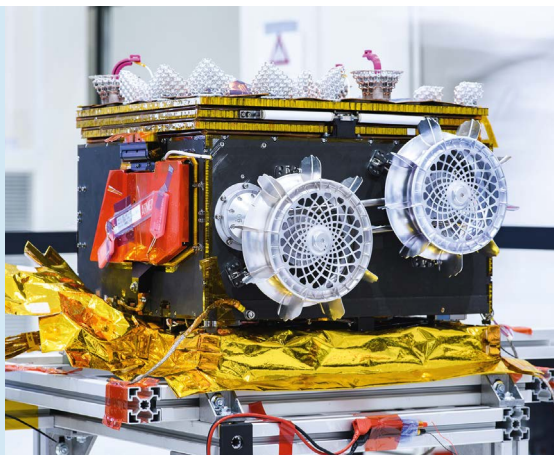
Le Centre d'opérations Martien, FOCSE, au CNES à Toulouse.

des projets, mais aussi en amont, pour anticiper les besoins technologiques ou accompagner les nouveaux entrants.

———— **Les centres opérationnels dédiés.** Au CADMOS, les équipes du CNES conçoivent et suivent les expériences menées à bord de l'ISS. Son pendant, le FOCSE (French Operations Center for Science & Exploration), coordonne les activités scientifiques martiennes et prépare les futures missions d'exploration.

IDEFIX dans les starting-blocks

———— Conçu par le CNES et l'agence spatiale allemande DLR, le petit rover IDEFIX accompagnera la mission japonaise MMX dédiée à l'exploration des lunes de Mars. Sa mission : analyser la composition, l'environnement et les propriétés mécaniques du sol de Phobos et ainsi préparer le prélèvement d'échantillons. Arrivé au Japon, IDEFIX participe actuellement aux essais d'intégration de la sonde de la mission. Le lancement est prévu en octobre 2026 et l'atterrissage, deux ans plus tard.





Tisser les alliances de l'espace

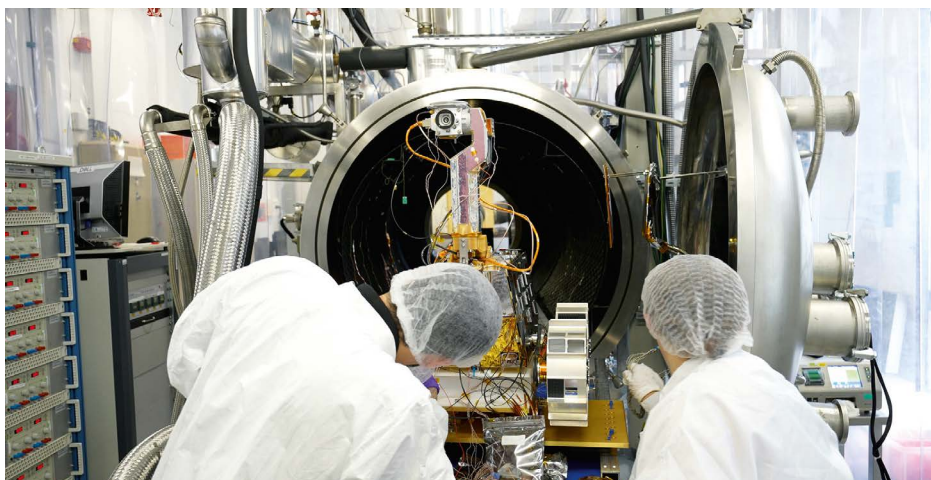
Dans les coulisses des coopérations spatiales, le CNES s'emploie à faire converger diplomatie, science et industrie au service des grandes missions.

_____ **9,7 milliards de dollars, vingt années de conception, trois agences spatiales partenaires**, 14 pays contributeurs, 258 institutions et entreprises impliquées, plus de 20 000 personnes mobilisées, dont plus de 1 200 chercheurs... Le télescope James Webb demeure aujourd'hui l'outil spatial le plus ambitieux jamais réalisé et illustre parfaitement le pouvoir transformateur de la coopération scientifique mondiale. Bien sûr, toutes les missions spatiales ne sont pas comme James Webb, mais une large part d'entre elles impliquent un coût et une technicité nécessitant la participation de partenaires du monde entier.

Une entité du CNES joue un rôle clé dans ce contexte : la direction de l'Europe et de l'international. « *Nous sommes une équipe d'une trentaine de personnes, installée entre Paris et huit ambassades où sont déployés des conseillers spatiaux* », indique Rozenn Saunier, adjointe au directeur de l'Europe et de l'international. Un effectif resserré pour un large champ d'activité.

Ses équipes sont l'un des fers de lance de la diplomatie spatiale française. « *Avec l'appui des directions techniques et opérationnelles, nous coordonnons la relation avec l'ESA, en tant que chef de file de la préparation française aux conférences ministérielles*

Préparation du télescope spatial James Webb au Centre Spatial Guyanais avant son lancement.



Le rover émirati Rashid équipé des caméras Caspex développées par le CNES, en test à Toulouse.

8

**CONSEILLERS
SPATIAUX
représentent
le CNES à
l'étranger.**

(voir « Balises », p. 17), poursuit Rozenn Saunier. *Entre deux conférences ministérielles nous veillons à la bonne exécution des engagements : suivi programmatique, réunions des comités de programme de l'ESA, conseils trimestriels...* » Cette direction met aussi son expertise technique au service des grands enjeux spatiaux, dans le contexte européen – notamment dans le cadre du futur EU Space Act – ou des discussions menées au Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (COPUOS), en particulier sur la gestion durable de l'espace.

Un autre grand volet de son activité consiste à accompagner le montage et la conduite de programmes spatiaux – de la négociation d'accords au suivi de leur mise en œuvre concrète. Enfin, elle

soutient l'écosystème industriel français dans son développement à l'international, en facilitant l'accès de ses entreprises aux partenariats et programmes européens et sur les marchés de l'export. « *Nous sommes, en quelque sorte, un pont entre le monde institutionnel et le monde de la science et de la technique* », résume Rozenn Saunier.

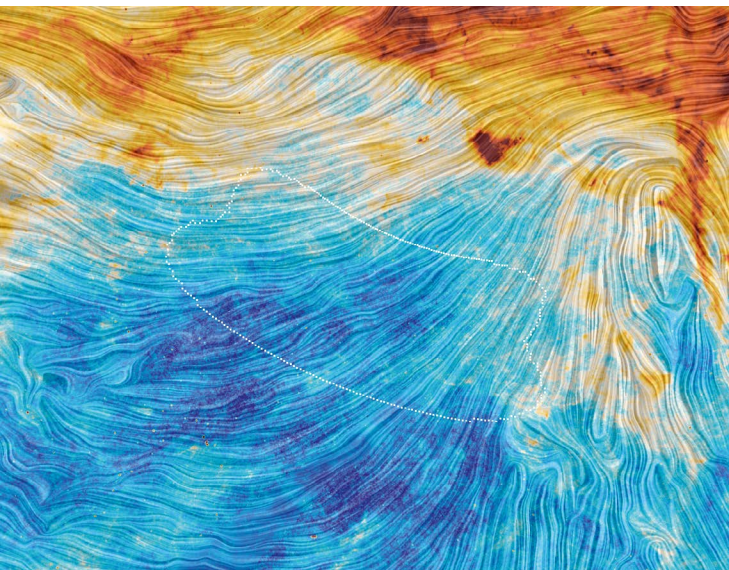
À ce jour, environ 120 accords internationaux sont en vigueur, et une vingtaine de nouveaux sont signés chaque année. Alors que le paysage spatial est en pleine recomposition avec les incertitudes qui entourent l'avenir des positions américaines, le CNES s'attache à maintenir un équilibre entre partenaires historiques – États-Unis, Japon, Allemagne, Inde – et nouveaux entrants comme Singapour, la Corée du Sud ou les Émirats arabes unis.

Julien Mariez, conseiller spatial et représentant du CNES auprès de l'ambassade de France au Japon

« *Au quotidien, ma mission première est de développer la coopération avec la JAXA – l'agence spatiale japonaise – qui est le deuxième partenaire du CNES après la NASA, et d'entretenir un dialogue stratégique avec le gouvernement japonais et les différents ministères impliqués dans le spatial. Je suis également de plus en plus sollicité pour faciliter l'accès aux marchés japonais des industriels français, qui rencontrent un succès croissant dans un pays jusque-là chasse gardée de l'industrie américaine.* »



L'incertitude, moteur de la science



Carte de la poussière (couleurs) et du champ magnétique galactique (reliefs) mesurés par Planck. Le champ d'observation de BICEP2 est indiqué en pointillés blancs.

_____ **Mars 2014, la presse bruisse d'une grande nouvelle** : le télescope BICEP2 aurait permis à une équipe américaine de démontrer l'existence d'ondes gravitationnelles qui régnaient aux tout premiers instants de l'Univers. Des échos du Big Bang ! Une avancée colossale, digne d'un prix Nobel... Sauf que, quelques semaines plus tard, l'équipe scientifique de la mission Planck de l'ESA, qui observe le ciel à une fréquence d'émission plus haute que celle de BICEP, s'interroge : le signal mesuré par les chercheurs américains ne serait-il pas, au moins partiellement, dû à la poussière de notre propre galaxie ? Alors les deux équipes travaillent ensemble et arrivent à la conclusion que, hélas non, les ondes gravitationnelles primordiales n'ont pas encore été directement observées. Une issue décevante ? Pas vraiment. Pour Jacques Arnould, chargé des questions éthiques au CNES, « elle illustre au contraire la force du travail collectif et la rigueur d'une démarche scientifique où l'incertitude n'est pas un échec, mais une étape

essentielle. Car en science, on ne démontre rien sans évaluer cette incertitude. Chaque donnée doit être éprouvée, comparée, mise en tension avec d'autres. Les instruments sont testés au sol, puis à nouveau en orbite ; les résultats, confrontés à ceux d'équipes indépendantes. C'est ce cycle vertueux de vérification qui distingue la recherche de la croyance. Il en va de même avec les activités d'ingénierie du CNES : quand ils préparent une mission, nos experts travaillent à réduire en permanence les incertitudes, tout en acceptant que rien de ce qui peut se passer dans l'espace n'est jamais certain. »

L'épisode BICEP/Planck rappelle qu'entre intuition et preuve il y a tout un chemin fait de confrontations et de remises en question, où la coopération l'emporte sur la compétition.

Une météorite vivante ?

_____ En août 1996, la NASA annonce avec beaucoup d'éclat que des scientifiques ont identifié dans la météorite martienne ALH 84001 des indices en faveur d'une vie extraterrestre : présence de carbonates, de magnétites, de molécules organiques et de formes microscopiques rappelant des bactéries. Après l'emballement médiatique initial et une série d'analyses contradictoires, le doute s'installe. Vingt ans plus tard, une conclusion s'impose : ces indices proviennent de processus géologiques martiens et de contaminations terrestres. Mais à toute chose malheur est bon. Relayée par Bill Clinton, cette fausse découverte a relancé l'exploration robotique et la recherche de traces de vie sur Mars.





GEIPAN : enquêter et documenter l'étrange

Depuis près de cinquante ans, le Groupe d'études et d'information sur les phénomènes aérospatiaux non identifiés (GEIPAN) tente d'expliquer des observations inhabituelles rapportées par les citoyens.



Enquête sur le cas appelé « Le Trou normand » en 1989 à Brix, Manche (50).

REPÈRES

1977

Naissance du GEPAN

1988

Le GEPAN est remplacé par le SEPRA, Service d'études des phénomènes de rentrées atmosphériques

2005

Audit pour penser l'avenir de la structure. Naissance du GEIPAN

2007

Le GEIPAN publie ses archives sur un site Internet : www.cnes-geipan.fr

Dans les années 1970, les cas d'observation non répertoriés se multiplient.

« Les explications données étaient libres et quelquefois assez orientées », retrace Frédéric Courtade, directeur du GEIPAN. À l'initiative du ministère de la Défense et du CNES, un organe à vocation scientifique dédié à l'étude de l'étrange dans le ciel est alors créé : le Groupe d'études des phénomènes aérospatiaux non identifiés (GEPAN). Sa mission ? Recenser les phénomènes inexplicables et tenter d'y apporter une explication rationnelle. Une première mondiale. « Aucune autre agence spatiale que le CNES n'a osé raccrocher un organe qui s'occupe des ovnis dans son organigramme officiel », explique Frédéric Courtade. En 2005, il devient le GEIPAN, avec un « I », pour « information ». « À partir de là, notre mission n'a plus été de consacrer la primauté de ces enquêtes à un conseil scientifique, mais d'être complètement transparent vis-à-vis du grand public sur notre activité. » Au quotidien, trois salariés collectent et analysent les 5 000 « interactions » avec les citoyens répertoriées chaque année. Parmi elles, entre 800 et 1 000 signalements sont du ressort du GEIPAN. Pour mener l'enquête, ce dernier s'appuie sur un réseau d'experts externes (gendarmes, météorologues, physiciens, militaires, pilotes, spécialistes de la foudre, de l'ornithologie, sociologues, psychologues). « Les témoignages sont analysés pour en extraire ce qui relève d'un fait avéré ou d'une interprétation, d'un faux souvenir ou d'une perception biaisée », précise le directeur. Un phénomène non identifiable déclenche une enquête menée par l'un des 15 enquêteurs bénévoles du GEIPAN. Une fois les indices rassemblés, les cas sont classifiés. 65 % sont expliqués ou probablement expliqués par des preuves scientifiques. 3,2 % restent irrésolus. « Ces enquêtes marquent, car les gens sont sincères et nous avons du mal à leur donner une explication, souligne Frédéric Courtade. Pour éviter qu'ils ne se tournent vers une dimension idéologique, nous les éclairons sur notre méthodologie. »



Jacques Arnould

Historien des sciences et théologien, chargé de mission pour les questions éthiques au CNES

Cosmét(h)ique

Quelques siècles ont suffi pour que notre vision du ciel change profondément. Les quelques milliers d'étoiles visibles à l'œil nu sont devenus des milliards de milliards, emportés dans un exorbitant mouvement d'expansion, jailli d'un Big Bang enfoui dans les entrailles du temps. Avons-nous pour autant oublié le ciel de jadis ?

————— **Nihil novi sub sole.** Il n'y a rien de nouveau sous le soleil.

Le sage qui jadis cisela cette sentence ne parlait pas le latin mais plus certainement l'hébreu. Quoi qu'il en soit, il se fit le porte-parole d'une pensée humaine commune à bien des cultures, à bien des époques : qu'importe le défilement des heures, des jours et des saisons, qu'importe l'agitation subie ou provoquée de nos existences, rien ne dépasse l'assurance, la certitude, le soulagement que rien de réellement nouveau ne peut advenir.

Et, pour s'en convaincre, ce sage pouvait lever les yeux vers le ciel : inondé par la lumière du Soleil le jour, trempé par la Voie lactée la nuit, le ciel n'était-il pas l'image même de l'ordre, du mystère, de l'éternel recommencement ? Penseurs et poètes grecs n'avaient pas hésité à le baptiser *kosmos* pour célébrer sa beauté ; le terme même qu'ils usaient pour honorer celle de leurs femmes...

En braquant leurs lunettes et leurs télescopes vers le ciel, les astronomes des Temps modernes ont

apparemment terni cette beauté : il ne s'est plus appelé « cosmos » mais « univers » puisque les savants le disaient fait de la même matière que la Terre, mû par les mêmes lois. Ciel et Terre ne feraient désormais plus qu'un seul et même tout.

Le cosmos a-t-il pour autant disparu de nos esprits ? Certainement pas. Pensez seulement à notre fol engouement pour les images fournies par les télescopes spatiaux Hubble et James Webb... même si, pour nous les offrir, les astronomes n'ont pas hésité à les mettre en scène, à les soumettre à quelque opération cosmétique. Saviez-vous que, pour ce faire, ils se sont inspirés des artistes américains du XIX^e siècle qui avaient peint les grands sites de la Conquête de l'Ouest ? Mais passons. Pensez également à notre effroi, notre révolte lorsque nous découvrons l'ampleur de la pollution des orbites autour de la Terre. Sommes-nous vraiment inquiets du risque croissant des collisions entre des satellites qui, la plupart du temps, sont invisibles à nos yeux ? Ou bien n'avons-nous pas plutôt conservé l'idée que le ciel est un cosmos, un lieu si beau, si mystérieux que nous ne devrions pas le souiller de nos empreintes humaines ? Une lettre, un souffle séparent la cosmétique de la « cosméthique » (un mot créé pour vous, lecteur). Mais là se trouve notre responsabilité de Terriens à l'égard du ciel. Mieux le connaître pour mieux en gérer les richesses, les bienfaits, les ressources, tout comme les dangers, les colères : la tâche est loin d'être achevée.



LATMOS

« Mieux comprendre les processus qui conduisent au développement de la vie »

CHARLOTTE CORBEL

Ingénieure de recherche et cheffe de projet de l'instrument DraMS-GC de la mission Dragonfly

Le lancement de Dragonfly est prévu en 2028. Destination : Titan, situé à 1,5 milliard de km de la Terre. Après un voyage de six ans dans l'espace, le drone-libellule se posera à la surface de la plus grande lune de Saturne. L'objectif de cette mission d'exploration portée par la NASA ? Étudier les conditions d'apparition potentielle de vie sur Titan. « Dragonfly va faire des mesures au sol avec des prélèvements d'échantillons et des analyses de leurs composés chimiques, et rechercher des traces et des preuves chimiques d'une éventuelle vie qui serait basée sur de l'eau ou des hydrocarbures », explique Charlotte Corbel, ingénieure au Laboratoire Atmosphères, Observations Spatiales (LATMOS) et cheffe de projet de l'instrument DraMS-GC de Dragonfly. « Notre laboratoire fournit une partie du spectromètre de masse DraMS : le chromatographe en phase gazeuse, qui va servir à séparer les différents constituants des échantillons prélevés, pour pouvoir ensuite les analyser et identifier les molécules présentes sur Titan », décrypte-t-elle. Au sein de cette unité mixte de recherche sous tutelle du CNRS, de l'université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines, de la Sorbonne Université et du CNES, Charlotte Corbel coordonne une équipe d'une trentaine d'ingénieurs et de techniciens.

Elle assure la gestion technique, opérationnelle et budgétaire, en coordination avec le CNES qui finance l'instrument jusqu'à sa livraison et ses opérations sur Titan. « Pour Dragonfly, une équipe intégrée suit notre avancement au quotidien. Sur l'aspect technique, nous faisons appel à des expertises spécifiques du CNES en mécanique, en thermique, en sélection des matériaux... » détaille-t-elle. Entrée au Centre d'études des environnements terrestres et planétaires (ancien nom du LATMOS) en 2002, Charlotte Corbel collabore toujours avec l'agence spatiale française sur la conception et le développement de Wisdom, le radar d'ExoMars, mission européenne d'exobiologie¹ sur Mars. Si la présence d'eau sur cette dernière dans un passé lointain a pu faire débat, la mission Cassini a révélé l'existence de mers de méthane liquide sur Titan. « Nous savons qu'il y a sur sa surface une atmosphère très dense riche en composés carbonés », signale l'ingénieure. Comprendre les réactions chimiques qui s'y produisent, « c'est mieux comprendre les processus qui conduisent au développement de la vie sur une lune ou une planète. Et, de façon plus incertaine, se demander si la vie a pu se développer ailleurs dans notre système solaire. »

1. Étude de la vie dans l'Univers.



Pour lire
la version
longue
de l'article



OBSERVATOIRE DE PARIS

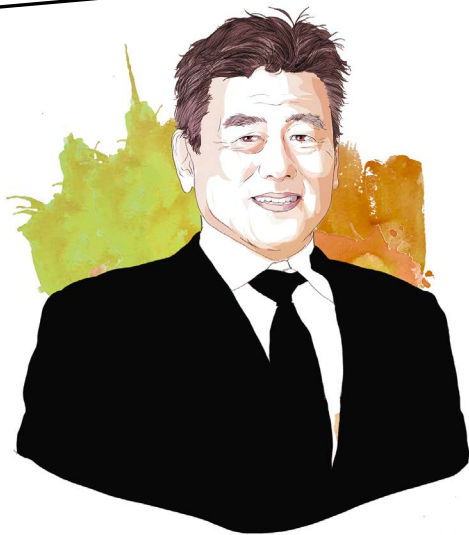
« Apprendre à travailler sans savoir exactement où cela mènera »

SÉBASTIEN FERNANDEZ

Doctorant rattaché à l'Observatoire de Paris

« **Je n'ai pas une formation de théoricien.** J'avais envie de continuer à faire de l'ingénierie en étant proche des chercheurs, des physiciens, de la physique fondamentale », indique Sébastien Fernandez. À 31 ans, ce diplômé de l'ISAE-Supaero a troqué les systèmes optiques de l'industriel Sodern contre une allocation de recherche de trois ans. Doctorant affilié au Laboratoire Temps Espace de l'Observatoire de Paris, il travaille dans les locaux du CNES à Toulouse. Sa thèse est cofinancée par l'agence spatiale française et l'Agence de l'innovation de défense du ministère des Armées (AID). En 2022, lorsque Sébastien décide de se lancer, c'est tout

naturellement qu'il sonde la plateforme d'appels à contribution du CNES. « *J'avais déjà une petite histoire avec le CNES, car j'y ai fait deux stages* », précise-t-il. En effet, en 2017, Sébastien est responsable de l'instrument optique du nanosatellite EyeSat. Un an plus tard, il s'envole pour le Centre Spatial Guyanais et découvre les campagnes de préparation des satellites. Fasciné par l'optique spatiale, l'observation de la Terre et de l'Univers, il trouve alors le sujet de recherche idoine. « *L'enjeu de ma thèse est de comparer la fréquence de battement de deux horloges optiques distantes d'environ 100 km. Je construis un système de communication laser qui les connecte, via un relais aéroporté* », explique Sébastien Fernandez. Embarqué à bord d'un ballon à l'hélium volant à 300 m du sol, son système retransmet un laser dont la fréquence est accordée à l'une des horloges. « *C'est une application très concrète de la théorie de la relativité d'Einstein qui prédit que l'écoulement du temps varie selon l'altitude de l'horloge qui le mesure.* » Relever cette variation de rythme en différents points du globe permettra de cartographier la hauteur du sol et le relief d'une zone donnée, avec une précision centimétrique inégalée. Son travail préfigure la mise en orbite de la génération d'horloges optiques spatiales qui prendra la suite de Pharaon. Alors que la rédaction de son manuscrit touche à sa fin, le doctorant dresse le bilan de ses trois années de thèse. « *On dispose de beaucoup de moyens et de liberté d'esprit pour tester des choses. J'ai appris à travailler dans un cadre très ouvert, sans savoir exactement où cela mènera* », observe-t-il. La recherche comme espace d'expériences, loin du cahier des charges formel propre à l'industrie. « *Cela demande de la rigueur, car il faut être capable de rendre compte de nos avancées. C'est l'occasion d'apprendre et de développer une méthodologie de travail très précieuse.* » Après sa soutenance, Sébastien se verrait bien poursuivre sa carrière d'ingénieur au sein du CNES.



JAXA

« Certaines missions nécessitent une étroite collaboration entre partenaires internationaux de confiance »

MASAKI FUJIMOTO

Directeur de l'Institut des sciences spatiales et astronautiques

En octobre 2018, Masaki Fujimoto est à Brême, en Allemagne, pour le Congrès international d'astronautique. Dans la nuit du 2 au 3 octobre, après quatre ans de voyage, la sonde spatiale japonaise Hayabusa2 arrive à proximité de l'astéroïde Ryugu. L'atterrisseur MASCOT se pose avec succès sur ce gros caillou de 920 m de diamètre, avec la mission de rapporter des informations cruciales sur les premiers instants du système solaire. *« Quelques heures après, je me trouvais sur scène avec la cheffe de projet du CNES pour MASCOT. Elle versait des larmes de joie. Ce moment m'a convaincu qu'en France comme au Japon nous étions tout autant passionnés par ces missions spatiales »*, se remémore Masaki Fujimoto. En 2015, son expertise dans la recherche sur l'origine du système solaire le place à la tête de la collaboration internationale entre l'agence spatiale allemande (DLR), le CNES et la JAXA, l'agence spatiale japonaise, autour de cette mission scientifique. À partir de 2020, en tant que directeur général adjoint de l'Institut de sciences spatiales et aéronautiques (ISAS) de la JAXA, il orchestre la coopération autour du satellite LiteBIRD. *« Cette mission cosmologique qui explore les origines de l'Univers ne peut voir le jour qu'en étroite collaboration avec*

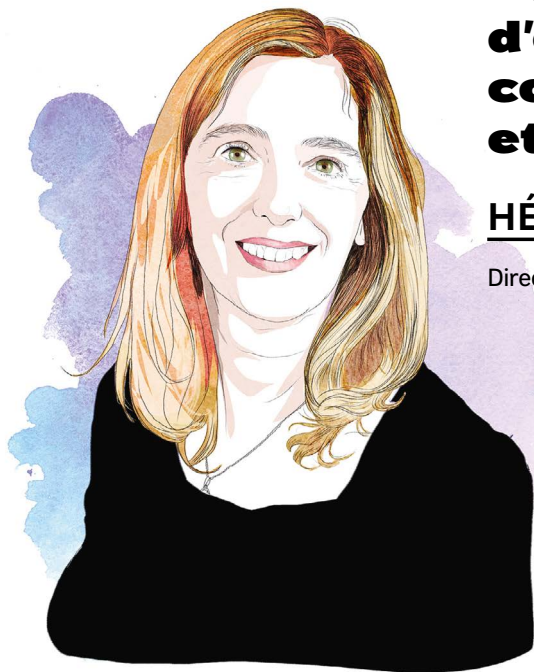
des partenaires internationaux de confiance, souligne-t-il. Le CNES a joué un rôle clé dans Planck – qui est en quelque sorte l'ancêtre de LiteBIRD – et possède donc une expertise. » Au cours de sa carrière, Masaki Fujimoto s'est aussi penché sur la physique des plasmas spatiaux. Il a ainsi travaillé avec le CNES autour d'une mission pionnière de l'Agence spatiale européenne : Cluster. Pendant deux décennies, cette constellation de satellites a récolté des données sur la façon dont le Soleil interagit avec le champ magnétique terrestre. Autres projets dans lesquels il a occupé un rôle de premier plan : BepiColombo, destiné à percer les secrets de Mercure, ou la sonde JUICE *« pour explorer les lunes glacées de Jupiter »*. Nommé directeur de l'Institut scientifique de la JAXA en 2025, Masaki Fujimoto est l'un des pères fondateurs de MMX, une mission d'exploration des deux lunes de Mars. Intégré sur la sonde, le robot franco-allemand IDEFIX ira visiter Phobos à compter de 2026. *« La grande question ici est celle de la vie en dehors de notre planète. Elle est étroitement liée au thème scientifique d'Hayabusa2 et à celui des missions astronomiques d'observation des exoplanètes. Ce réseau de missions montre le rôle central joué par la JAXA dans la communauté mondiale de l'exploration spatiale. »*

AIRBUS

« Pour gagner un appel d'offres, il faut comprendre la mission et ses challenges »

HÉLÈNE BOITHIAS

Directrice de campagne



« Pour faire une proposition

qui corresponde aux besoins et gagner un appel d'offres, il faut comprendre la mission et ses challenges », explique Hélène Boithias, directrice de campagne chez Airbus. Cette ingénieure formée à l'École nationale de l'aviation civile et à Centrale Paris entre chez le constructeur aéronautique en 1989. Elle commence sa carrière sur le rendez-vous en orbite du véhicule automatique de transfert européen destiné à ravitailler la Station spatiale internationale. « Airbus m'a ensuite mise à disposition de l'Agence spatiale européenne (ESA) pour travailler sur un satellite d'observation du Soleil », retrace-t-elle. Pour cela, elle s'installe dans le Maryland afin de renforcer les équipes du Goddard Space Flight Center, un centre de la NASA consacré à la recherche scientifique. À son retour en France, elle devient architecte du système de contrôle d'attitude d'Inmarsat-4, un groupe de satellites de télécommunications. En 2009, elle

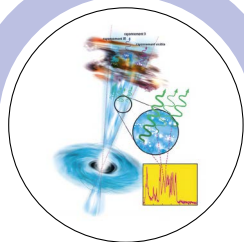
décide de « quitter la technique pour partir dans la vente » et se spécialise sur des missions scientifiques et d'exploration martienne. « Je travaille sur les campagnes de vente jusqu'au moment de la signature du contrat, c'est-à-dire au moment où l'on commence à développer le satellite. » En amont, Hélène Boithias est en lien avec les représentants du CNES pour connaître la position de la France sur les grands programmes spatiaux de l'ESA. « Les contributions financières de chaque pays membre sont ajustées au cours des réunions des comités de programme. En fonction des moyens déployés, il y a un retour industriel proportionnel. La maîtrise d'œuvre implique un financement d'au moins 35 % de la mission », explicite-t-elle. Airbus a ainsi été sélectionné pour développer le télescope de la mission Euclid. Lancé en 2023, ce satellite doit aider à percer les mystères de l'expansion de l'Univers. Airbus a aussi construit la sonde JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer). Responsable de la campagne de vente, Hélène Boithias se réjouit d'avoir contribué à cette « première mission européenne pour aller explorer le système de Jupiter ». Dans ses ateliers à Toulouse, Airbus « a assemblé le véhicule avec les instruments scientifiques développés en partie par des laboratoires de recherche soutenus par le CNES. » Autre projet phare sur lequel elle a été mobilisée : la mission de retour d'échantillons martiens. « Ce qui me fascine dans ces missions spatiales, c'est la part de mystère, le fait de découvrir des choses que l'on ne connaît pas. Cela fait rêver. »

De l'idée à l'orbite : odyssée d'une mission spatiale

Du besoin scientifique à l'analyse des données, une mission spatiale suit un parcours balisé en six phases. Illustration avec SVOM, ou vingt ans d'aventure franco-chinoise.

Une mission scientifique spatiale est un périple au long cours, qui s'inscrit souvent sur plusieurs décennies. Tout commence par une question à laquelle les données spatiales peuvent apporter des réponses. S'ensuivent des années d'études, de recherches technologiques, de tests,

Phase 0 : Des besoins et des idées



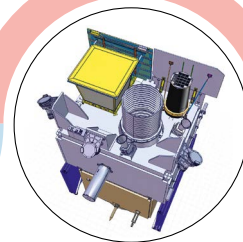
La phase 0 consiste à formuler la mission en matière de besoins scientifiques. À quelles questions cherche-t-on à répondre ? C'est l'heure des premiers scénarios, examinés à l'aune de leurs faisabilités (technique, programmation et financière). Les différentes solutions techniques à mobiliser ou à concevoir sont envisagées. Pour SVOM, tout commence en 2005 avec une idée ambitieuse portée par des laboratoires français pour observer les sursauts gamma.

La phase A, c'est celle des compromis. L'enjeu est de formaliser les besoins, d'étudier quelques scénarios, de confirmer la faisabilité de la mission. Il faut évaluer les plannings, les risques et les coûts. Pour SVOM, cette phase s'achève par la signature du *Memorandum of Understanding* entre la France et la Chine.

Phase A : Formaliser et dimensionner



Phase B : Affiner et valider



C'est une étape structurante où l'on affine les choix, en arbitrant entre performance scientifique, faisabilité technique et coût. C'est aussi à ce moment-là que sont signés les premiers contrats industriels. La phase B de SVOM débute en 2012, avec le lancement d'études systèmes approfondies et se conclut par une revue qui valide le passage en phase de développement.

de validations techniques mais aussi de recherches d'opportunités, de partenariats et de ressources budgétaires afin de concrétiser la mission. Une fois en orbite, le satellite entame sa vie en vol : celle des observations et de la collecte de données, qui vont nourrir la recherche pendant des années.

Ce déroulé est structuré selon des phases précises – de la phase 0, où l'on définit les besoins, à la phase E, consacrée à l'exploitation. Toutes les missions scientifiques du CNES suivent cette logique, même si chaque histoire est singulière. Celle de SVOM, mission franco-chinoise dédiée aux sursauts

gamma¹, en est une parfaite illustration : née en 2005 d'une ambition partagée par le CNRS, le CEA et plusieurs laboratoires chinois, elle a vu son satellite s'élancer près de vingt ans plus tard, en 2024.

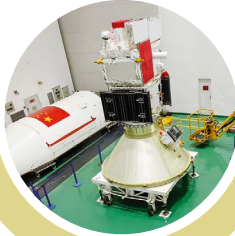
1. Phénomènes énergétiques extrêmes observés lors de la mort d'une étoile.

Phase C : Concevoir et qualifier



On entre dans le dur : c'est la phase de conception détaillée. Chaque élément du satellite est conçu dans ses moindres détails, puis fabriqué et testé. Un modèle de qualification est soumis à des tests intensifs pour s'assurer que tout fonctionnera en orbite de façon nominale. Ceci permet de donner le « GO » pour la fabrication du modèle de vol.

Place à l'assemblage final. En 2023, tous les instruments français rigoureusement testés convergent en Chine pour l'intégration sur le satellite. Pendant un an, on teste le modèle de vol afin de s'assurer qu'il fonctionnera parfaitement en orbite avec les performances attendues et qu'il sera capable de supporter le lancement. Rien n'est laissé au hasard avant le grand départ !



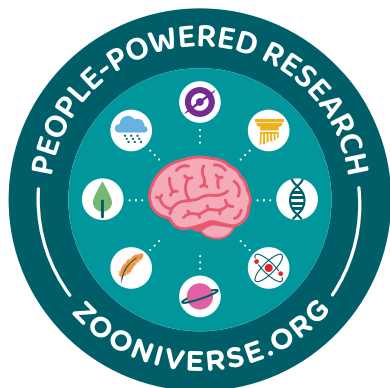
Phase D : Intégration et derniers tests

Le 22 juin 2024, SVOM prend son envol. Pendant six mois, les équipes de développement travaillent en étroite collaboration avec les opérateurs afin d'optimiser le réglage des multiples paramètres des instruments et du satellite, pour atteindre les performances visées. En janvier 2025, après validation finale, les clés sont officiellement transmises aux équipes d'exploitation, en Chine et en France.

Phase E : Lancement et exploitation



Attractions terrestres



La science participative à portée de clic

———— **Zooniverse est la plus grande plateforme mondiale** de recherche citoyenne. 2,5 millions d'internautes échangent avec des centaines de chercheurs pour alimenter des recherches participatives : chasser les trous noirs, utiliser la lumière des galaxies lointaines pour remonter le temps, décoder les signaux provenant de l'espace... Dans le cadre du projet Euclid Galaxy Zoo, les citoyens sont appelés à identifier la forme de milliers de galaxies sur les images prises par le télescope spatial Euclid. Sur Zooniverse, un algorithme appelé « ZooBot » passe d'abord au crible les images d'Euclid les plus faciles à identifier. L'intervention humaine aide ensuite cette intelligence artificielle à approfondir ses connaissances. À terme, ce travail aidera les scientifiques à comprendre l'évolution des formes des galaxies au fil du temps. Et si vous deveniez aussi un acteur de la science ?
zooniverse.org

Une série YouTube qui perce les secrets du cosmos

———— Comment est né et s'est construit

l'Univers ? Sommes-nous seuls dans cette immensité ? Comment est apparu le système solaire ? Qu'est-ce qui a provoqué le Big Bang ? Qui a découvert la matière noire ? Comment se forment les trous noirs ? La nouvelle série vidéo du CNES lève le voile sur les grands mystères de l'Univers. Les huit épisodes nous emmènent explorer ses zones d'ombre et découvrir les théories forgées par les scientifiques pour tenter de les expliquer. Ils racontent également comment les avancées de la technologie et de l'astrophysique ont bouleversé notre compréhension de l'Univers et de ses composants.

« Les Mystères de l'Univers » à découvrir prochainement sur la chaîne YouTube du CNES





Boutique CNES – un bout de cosmos *made in Europe*

L'écusson thermocollable « Cosmos » est issu d'une collaboration entre Maçon & Lesquoy – une marque française d'accessoires brodés – et le CNES. Conçu en France, il est tissé au Portugal. Un clin d'œil aux grandes missions spatiales à porter au quotidien. 30 € – À retrouver sur maboutique.cnes.fr



Pour écouter
le podcast
*En vacances dans
le système solaire*

Podcast interplanétaire

Si vous pouviez passer vos vacances dans le système solaire, où iriez-vous ? Pour fêter leurs 20 ans de mariage, Monsieur et Madame décident de partir explorer Mars, Vénus, Jupiter et la Lune. La collection *En vacances dans le système solaire* du CNES est disponible sur l'enceinte Merlin. Une série audio de huit épisodes pour les petits et les grands, à consommer sans modération.

AGENDA

OCTOBRE 2026 :

DÉCOLLAGE DE LA MISSION MMX menée par le Japon pour explorer les lunes de Mars. À son bord, le robot franco-allemand IDEFIX est chargé de récolter des échantillons de surface de Phobos, l'une d'entre elles.



DÉCEMBRE 2026 :

LANCEMENT DU SATELLITE SCIENTIFIQUE PLATO par Ariane 6, destiné à apporter des réponses sur la formation des planètes et à explorer les systèmes planétaires de la Voie lactée. Pendant quatre ans, PLATO détectera et caractérisera des milliers d'exoplanètes de toutes tailles, dont certaines pourraient bien être semblables à la Terre.

FIN 2026 :

LA SONDE EUROPÉENNE BEPICOLOMBO ARRIVERA À DESTINATION DE MERCURE, après une croisière de huit ans. Ses deux satellites placés en orbite, MPO et Mio, de la JAXA, fourniront une cartographie complète de l'environnement autour de la planète, de sa composition, de sa structure interne et de son champ magnétique.



LISA : à l'écoute des ondes émises par l'Univers

LISA, un détecteur d'ondes gravitationnelles, va s'envoler à l'horizon 2030-2040. Objectif : accéder à des gammes de fréquences basses et fournir de précieuses informations sur les trous noirs ou l'évolution des galaxies. Ce projet mobilise l'expertise scientifique de 200 laboratoires réunis en un consortium.

FRANCE

Le CNES, en collaboration avec le CNRS et le CEA, est chargé de vérifier les performances au sol. L'agence spatiale française teste notamment le banc optique du système. Elle est responsable du développement du DDPC (Distributed Data Processing Center), centre à partir duquel sera réalisé le traitement des données scientifiques récoltées.

ITALIE

La contribution de l'université de Trento porte sur le développement du système de référentiel gravitationnel (GRS), une masse de test en chute libre sensible au passage des ondes gravitationnelles. Il y a deux GRS dans chacun des trois satellites LISA.

ROYAUME-UNI

L'université d'Édimbourg est responsable du développement des systèmes optiques des instruments LISA.

Les scientifiques de l'université de Birmingham sont mobilisés sur le traitement des données scientifiques, au même titre que leurs homologues italiens et allemands.

ALLEMAGNE

L'Allemagne a le leadership sur un élément clé : l'IDS (Interferometric Detection System), système de mesure des instruments des trois satellites LISA. Le centre de recherche Albert Einstein Institute est particulièrement investi dans sa conception.

ESA

L'Agence spatiale européenne est le contributeur principal de cette mission, qu'elle coordonne. Elle développe les plateformes, lance les satellites et vérifie que tous les éléments matériels intégrés dans le segment spatial sont opérationnels.