



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



CNESMAG

PRINTEMPS/ÉTÉ 2026



Rampe de lancement

#100 — PRINTEMPS/ÉTÉ 2026

05

Horizon

Marie-Claude Salomé

06

Dans l'objectif



10

Flash spatial



12

Cosmoculture(s)

Les travailleurs de l'espace
dans la pop culture

14

Signal fort

« On embarque un bout
de la France dans l'espace »

Sophie Adenot, aviatrice,
ingénieure et astronaute française
de l'Agence spatiale européenne



17

Balises



18

Planète CNES

Tout ce que vous avez toujours
voulu savoir sur le CNES



19/ Comment le CNES participe-t-il à l'autonomie stratégique de l'Europe et à la sécurité de la France ?

21/ Comment le CNES contribue-t-il à l'avancée de la connaissance scientifique ?

23/ Comment le CNES met-il la donnée spatiale au service des usages terrestres ?

25/ Comment le CNES s'engage-t-il pour un monde plus durable ?

26

Retour vers le futur

SPOT, gros plan sur la planète



27

Espace éthique

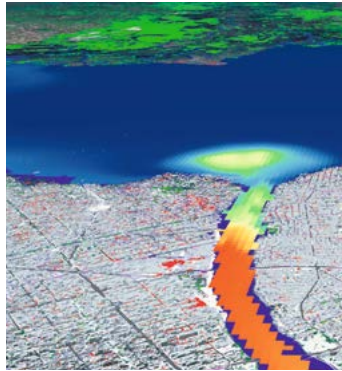
De l'art de naviguer



28

Constellation

Galerie de portraits



32

Trajectoire

Jumeaux numériques de la Terre : surveiller, modéliser, anticiper

34

Attractions terrestres



36

Open space

Des projets à toutes les échelles

Pour lire
le magazine
en ligne



Jean-Marc Delvit



Sous-directeur innovation et Connect, le parcours de Jean-Marc Delvit s'est construit autour du lien entre la donnée spatiale et son usage. Ce passionné d'observation de la Terre a développé son expertise au CNES autour de la qualité des images satellitaires et des usages, tant au niveau civil que militaire.

Depuis 2024, il accompagne l'écosystème pour préparer le futur du spatial, intégrant les dimensions technologiques, économiques et sociétales.

Laurence Monnoyer-Smith



Directrice de la délégation au développement durable, Laurence Monnoyer-Smith est Professeure des universités et ancienne déléguée interministérielle au développement durable.

Aujourd'hui, elle accompagne la transformation écologique des activités spatiales et la RSE au sein du CNES, et avec l'ensemble de l'écosystème. Elle décrypte cette thématique à fort enjeu pour le public dans ce numéro.

Michel Margery



Expert senior sur les capacités spatiales de défense, Michel Margery a navigué dans plusieurs domaines au CNES.

Radiocommunications, observation de la Terre, recherche et sauvetage, services aval sont des sujets qui ont jalonné son parcours et renforcé son bagage technique. Après un détachement à la Commission européenne en tant qu'expert national chargé de politiques spatiales, il revient au CNES pour travailler sur la programmation de la recherche duale. Son parcours reflète sa soif de connaissances, et le spatial le lui rend bien !

Mioara Manda



Sous-directrice coordination scientifique, Mioara Manda est géophysicienne de formation. Cette scientifique de renom a la particularité de combiner ses fonctions au CNES avec son activité de recherche. Ainsi, elle crée du lien au sein de l'écosystème spatial, tant en observation de la Terre qu'en sciences de l'Univers. Elle transmet sa passion en pilotant des programmes à destination des doctorants et post-doctorants pour assurer la relève. Pour CNESMAG, elle nous guide dans les coulisses de la science.

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 :

<https://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, Hortense Lasbleis, Mélanie Ramel.

Iconographie : Loïc Octavia, Orienne Arnould, Ambre Bonnefoi (Photon).

Crédits photo : p.4 : CNES/Frédéric Maligne, CNES/Thierry De Prada, Mioara Manda; p.5 : CNES/Christophe Peus ;

p.6 : CNES/Frédéric Lancelot; p.7 : CNES/Olivier Simonella ;

p.8 : CNES 2025, distribution Airbus DS; p.9 : CNES/ESA/ Arianespace/Optique Vidéo CSG/T Leduc; p.10 (bas) : ESA ;

p.10 (haut) : CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG/T Leduc – PPiron; p.11 (haut) : CNES/VoidMedia; p.11 (milieu) :

Armée de l'air & de l'espace; p.12 (haut) : Collection

Christophe / Levantine Films / Chemin entertainment /

Fox 2000 pictures; p.12 (bas) : Panini; p.13 (de haut en bas) :

Collection Christophe / Sony Pictures Classics / Stage 6

Films / Liberty Films UK ; Kerbal Space Program; Nasa;

CNES/Alexandre Ollier; p.14 et 16 : CNES/Alexandre Ollier ;

p.17 (haut) : GettyImages ; p.17 (bas) : CNES/Emmanuel

Grimault; p.18-19 : Citizen Press/Thomas Hayman; WAT/

Beax ; WAT/Three Koma ; So Barn / Jeremy Booth ; p.20 :

CNES/VoidMedia; p.20-21 : CNES 2025, distribution Airbus

DS; p.21 : CNES/ESA/Arianespace/Optique Vidéo CSG/S

Martin; p.22 : CNES/Mira Productions/Sébastien Gentet ;

CNES/Frédéric Maligne ; p.23 : CNES/Airbus DS ; p.24 :

CNES/Emmanuel Grimault ; p.24 (bas) CNES/Airbus DS ;

p.25 (haut) : Space Fresco / Matthieu Derrey / Elliott

Marceau ; p.25 (bas) : CNES; p.26 : CNES/distribution Airbus

DS ; p.32 : IRD/François Tremège; CNES ; p.33 : CNES ;

GettyImages ; p.34 : CNES; Collection Christophe/Universal

Pictures / Imagine Entertainment; Hergé-Tintinimagination

2026 ; p.35 : CNES; Collection Christophe/Monte Carlo

Productions / Saban International; Collection Christophe/

Columbia Gaumont; Marie-Laurence Harot/FTV

Illustrations : Citizen Press pour Décryptage et Anne

Cresci pour Constellation **Webmaster** : Mathilde Tournier.

Réseaux sociaux : Aurélie Marmu, Hermine Chaumolot,

Marie Dupont (Citizen Press), Méliandre Lacaille (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** :



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





« 100 façons de parler du CNES »

Marie-Claude Salomé

Directrice de la communication

En presque 30 ans, CNESMAG a eu le temps d'évoluer pour mieux se réinventer. Mais au fil des années, il a conservé la même trajectoire : celle de faire rayonner le CNES et ses activités passionnantes auprès du plus grand nombre.

C'est ainsi que nous avons construit ce numéro 100. En proposant un panorama de l'apport du spatial et du rôle du CNES, dans un contexte marqué par de forts enjeux d'autonomie stratégique pour la France et l'Europe. En mettant également en lumière notre excellence scientifique reconnue et notre écosystème spatial dynamique, grâce à des exemples concrets et des résultats tangibles.

Dans un contexte de dérèglement climatique, ce numéro souligne aussi le rôle clé des données spatiales dans les politiques publiques, et rappelle comment ce domaine contribue concrètement à notre quotidien.

Notre dossier s'articule d'ailleurs autour de ces piliers, sous forme de grandes questions et de réponses incarnées par celles et ceux qui contribuent au spatial d'aujourd'hui et de demain.

En bonus, plusieurs références issues de la pop-culture ont été disséminées au fil des pages. Saurez-vous toutes les retrouver ?

Bonne découverte et bonne lecture.

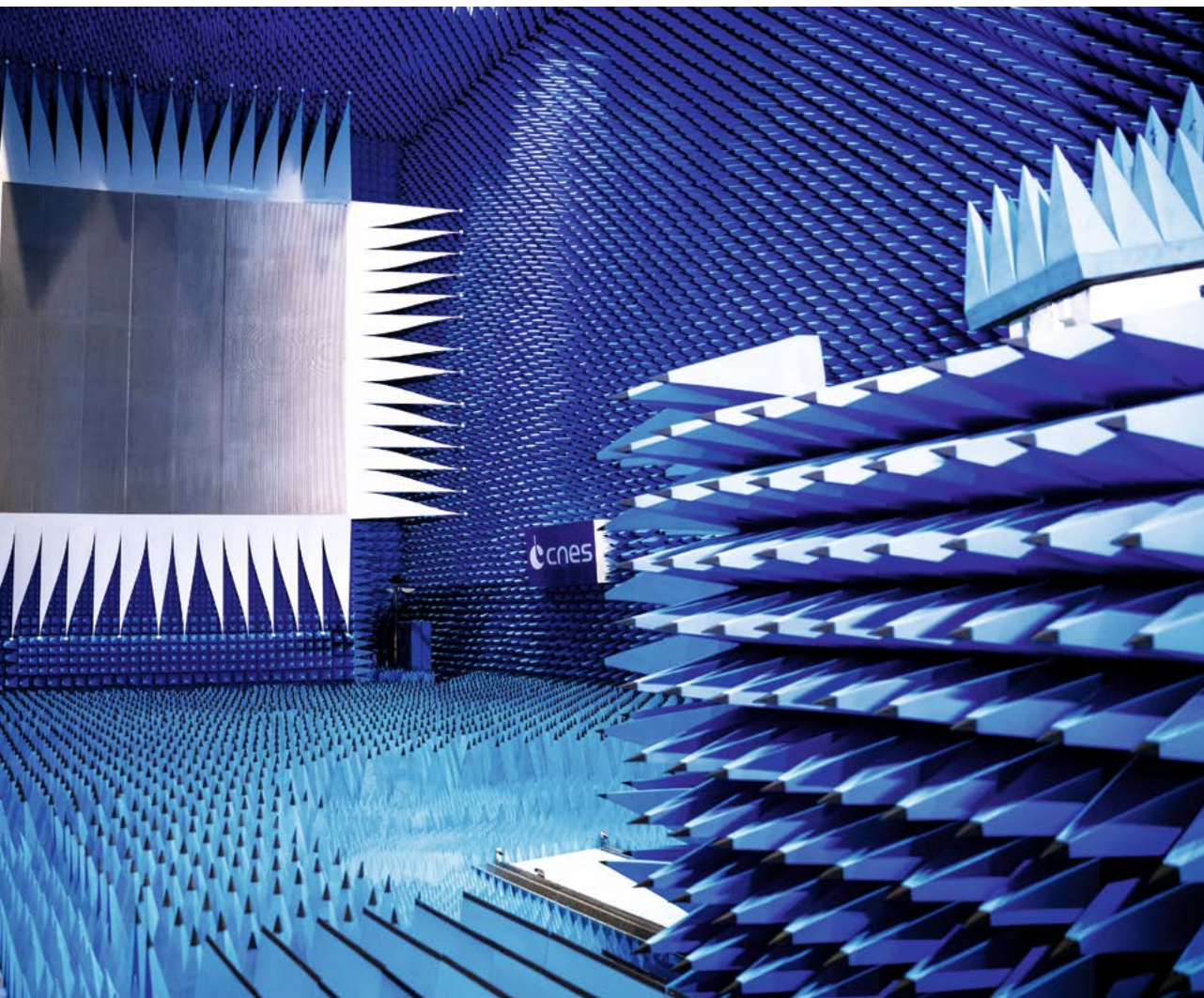
PARTENAIRES

Sont cités dans ce numéro :

CEA p.7 ; ESA p.10, 14, 16, 19, 36 ; MaiaSpace p. 11 ; Sirius Space Services p. 11 ; Latitude p. 11 ; HypPrSpace p.11
Commandement de l'Espace p. 11, p. 20, p. 30 ; Elles bougent p. 13 ; ISAE-Supaero p. 16, p. 31 ; BPI France p. 17 ; DGA p. 20 ; OTAN p. 20 ; CPS p. 21, 28 ; Airbus Defence and Space p. 23 ; The Exploration Company p. 24 ; La Fresque du Spatial p.25 ; LISA/CNRS p. 28 ; TOSCA p. 28 ; CERES p. 28 ; CLS p. 29 ; Ifremer p. 29 ; Kinéis p. 29 ; BA 101 p. 30 ; US Space Command p. 30 ; Ecole de l'Air de Salon de Provence p. 30 ; ENSEEIHT p. 30 ; Alliance New Space p. 31 ; NASA p. 31 ; IRD p. 32 ; Legos p. 32 ; SCO p. 36 ; Space 4Ocean Alliance p. 36

Les mystères de la chambre bleue

—— **Un décor de film de science-fiction ?** Non : nous voici dans la BCMA, la base compacte de mesure d'antennes du CNES, à Toulouse. C'est ici que sont testées les performances des antennes des satellites, entre autres, dans un environnement électromagnétique maîtrisé. Les milliers de cônes en mousse qui tapissent les parois absorbent les rayonnements électromagnétiques et permettent des mesures sans réflexion parasite, y compris pour des projets classifiés.



Gros ballons et petites cellules

_____ Août 2025, base de Timmins (Ontario). La nouvelle campagne Strato Science, menée par le CNES avec l'agence spatiale canadienne, bat son plein. En moins d'un mois, quatre ballons stratosphériques lourds ont été lancés, embarquant 26 instruments dédiés à des mesures et à des essais en conditions quasi spatiales. L'une des nacelles contenait les instruments d'une mission pour le CEA et les industriels : l'étalonnage de cellules photovoltaïques destinées à la fabrication des panneaux solaires de futurs satellites.





L'espace au secours des populations sinistrées

_____ **Fin novembre 2025, de violents épisodes de mousson** ont provoqué de très nombreux glissements de terrain et inondations en Indonésie. Pour analyser la situation et appuyer l'action des secours, la Charte internationale « Espace et catastrophes majeures » a été activée pour la 1006^e fois, avec 18 satellites mobilisés pour couvrir 46 zones dévastées. Créé il y a 25 ans, cet outil de collaboration international fédère agences spatiales et fournisseurs de données. Il permet aujourd'hui de mobiliser près de 300 satellites au service de la gestion de crise.

La belle année d'Ariane 6

———— **CSO3, Metop SG-A1, Sentinel-5A** et Sentinel-1D, Galileo Foc, FM29 et FM30...

Depuis juillet 2024, Ariane 6 a enchaîné cinq lancements techniquement réussis, démontrant une capacité de montée en cadence remarquable pour un lanceur lourd. Tous les signaux sont au vert pour le vaisseau amiral de l'Europe spatiale. Huit lancements sont prévus pour 2026, dont le premier vol de la version à quatre boosters, Ariane 64, qui a placé en orbite avec succès des satellites de la constellation Amazon Leo.



Un budget historique pour l'ESA

Alors que l'Agence spatiale européenne fête son 50^e anniversaire, le Conseil ministériel de l'ESA des 26 et 27 novembre derniers (CMIN25) s'est achevé sur une souscription record de 22,1 milliards d'euros pour le financement des programmes spatiaux européens sur la période 2026-2028. Avec ces engagements en hausse de 30 % par rapport au budget de 2022, les États membres ont envoyé un signal politique fort : le spatial demeure plus que jamais un levier de puissance, de compétitivité et de souveraineté. Parmi les priorités validées lors de ce sommet figure la sécurisation de l'accès autonome de l'Europe à l'espace, avec le soutien à l'exploitation d'Ariane 6 et au Centre spatial guyanais, ainsi qu'à l'initiative European Launcher Challenge, qui a bénéficié de souscriptions largement supérieures au niveau attendu. La science est également à l'honneur, avec des moyens accrus destinés à conforter l'ESA dans sa position de leader scientifique de l'Europe grâce aux programmes Cosmic Vision puis Voyage 2050. À noter enfin, l'introduction du programme European Resilience from Space, visant à renforcer les capacités européennes en matière de sécurité.



Bilan carbone : des émissions stables et un cap maintenu

Tous les deux ans, le CNES publie son bilan d'émissions de gaz à effet de serre (BEGES). Parue début décembre 2025, la dernière édition dresse un panorama en demi-teinte. Avec environ 245 000 tonnes équivalent CO₂, soit plus de 100 tonnes par employé, les émissions directes et indirectes du CNES restent globalement stables. Cette stagnation apparente s'explique en grande partie par l'accroissement de l'activité du CNES, qui tend à diluer l'impact des efforts engagés, notamment en matière d'énergies renouvelables et de déplacements professionnels. La mise à jour de la stratégie bas carbone du CNES permettra d'accentuer ces efforts et de mieux maîtriser les émissions indirectes liées aux contrats d'achat.





Micro/mini-lanceurs : le CNES en accélérateur

_____ Face à un marché des micro/mini-lanceurs complexe et encore en construction, le CNES se positionne en premier client pour les industriels français. Lancé en 2023 dans le cadre de France 2030, un appel d'offres dédié a débouché sur quatre contrats avec MaiaSpace, Sirius Space Services, Latitude et HyPrSpace. Le CNES achète des démonstrations de services de micro/mini-lancements, attendues à l'horizon 2027-2028, en partageant une partie du risque initial. L'enjeu : accélérer l'émergence d'offres commerciales de services de lancement viables en faveur d'un accès à l'espace flexible, robuste et disponible pour les petits satellites.

1. Concours lancé par l'ESA pour sélectionner et promouvoir de nouveaux opérateurs de lancement.

Un cap

spatial pour la France

« Être une puissance spatiale, c'est être une puissance indépendante. » C'est par ces mots qu'Emmanuel Macron a ouvert, à Toulouse, la présentation de la stratégie spatiale nationale, lors de l'inauguration du Commandement de l'Espace en novembre dernier. Une formule qui donne le ton d'un document inédit : pour la première fois, la France se dote d'un cadre global et structuré pour le spatial, élément central de la souveraineté nationale. Élaborée sous l'égide du secrétariat général de la Défense et de la Sécurité nationale, avec une forte implication du CNES, cette stratégie s'articule autour de cinq piliers : accès autonome à l'espace ; économie spatiale européenne dual ; sécurité et résilience des systèmes ; sciences, recherche et exploration ; stratégie internationale.



La relève scientifique à l'honneur

_____ À Toulouse, à l'automne dernier, les Journées des jeunes chercheurs (JC2) du CNES ont fêté leurs 25 ans. Presque l'âge des participants venus présenter leurs recherches à l'occasion de cette édition anniversaire ! Destinées aux jeunes chercheurs (début de troisième année de thèse ou première année de postdoctorat), ces rencontres leur offrent l'occasion de valoriser leurs travaux, mais aussi d'échanger avec des pairs et des professionnels du spatial, et de commencer ainsi à se constituer un réseau. Pilier historique de l'engagement du CNES auprès de la communauté scientifique, les JC2 constituent l'un des temps forts du programme Doctorat et postdoctorat (PDoc+), lancé en 1986, qui a déjà accompagné plus de 3 200 jeunes talents, via des allocations de recherche.

Les travailleurs de l'espace dans la pop culture

Fusées, compte à rebours, exploits spectaculaires... Parler d'espace convoque spontanément l'aventure et le vertige. Pourtant, dans la réalité, derrière ces images iconiques se cachent des professionnels et des métiers. Beaucoup de métiers. Cinéma, musique, bande dessinée ou jeux vidéo en disent souvent plus qu'on ne le croit sur celles et ceux qui construisent réellement l'aventure spatiale.

—— Pendant longtemps, les professionnels du spatial sont restés hors champ. La pop culture a préféré montrer les dix secondes du décollage plutôt que les heures de calcul, les belles combinaisons argentées plutôt que les bancs d'essai bardés de capteurs. Ces dernières décennies, des œuvres ont toutefois porté les projecteurs là où l'imagination collective n'allait pas encore, quitte à écorner quelques clichés au passage. Le film *Les Figures de l'ombre* (Theodore Melfi, 2016) rappelle ainsi que, sans des mathématiciennes et ingénieures afro-américaines, aucune capsule ne serait

jamais revenue sur Terre. Pour sa part, la série uchronique *For All Mankind* (Apple TV, 2019) déploie une galaxie de métiers méconnus du grand public : ingénieurs systèmes, responsables de programmes qui pilotent les plannings et les budgets, personnels de maintenance, communicants chargés de valoriser les missions... Une plongée dans un réel

peu glamour qui trouve écho dans des jeux vidéo comme *Kerbal Space Program*, où le joueur devient un ingénieur spatial confronté à la gravité, aux calculs d'orbite et aux échecs répétés. Ici, l'explosion fait partie de l'apprentissage.

Vers la démythification

À mesure que ces métiers apparaissent, l'image du spatial se déplace. L'espace devient un environnement de travail exigeant, parfois monotone, souvent sous pression.



Alien (Ridley Scott) allait déjà dans ce sens dès 1979 : l'équipage du *Nostromo* ressemble moins à des guerriers qu'à une équipe de salariés chargés de maintenir un vaisseau industriel en état de marche. Dans *Moon* (2009), Duncan Jones pousse encore plus loin cette démythification : l'astronaute y est un employé isolé, affecté à une base lunaire comme on le serait à un site industriel en voie de désaffectation. Peu de gloire, beaucoup de routine. Et l'astronaute ? Depuis Hergé et *Objectif Lune* en 1953, il occupe le devant de la scène comme figure centrale de la conquête spatiale. Mais ce n'est pas toujours un héros des temps modernes. Certains échouent, comme Major Tom, le personnage de *Space Oddity* de David





Décryptage

CNESMAG

Frédérique Meyer Lassalle,

SOUS-DIRECTRICE GESTION DES TALENTS AU CNES



« Une multitude de métiers de tous horizons »

La culture populaire montre souvent le spatial comme un secteur un peu intimidant, constitué essentiellement d'ingénieurs et de scientifiques de haut niveau.

Qu'en est-il au CNES ?

À première vue, avec 85 % d'ingénieurs, de scientifiques et de cadres dans ses effectifs, on ne peut pas dire que le CNES contredise ce cliché. Mais ce que cette image ne dit pas, c'est la variété des domaines représentés. Le CNES regroupe une multitude de métiers de tous horizons, qui couvrent toute la chaîne du spatial !

Avez-vous quelques exemples ?

Nous avons des spécialistes de la donnée et de l'image, des experts en optique, en télécommunication, des ingénieurs du génie civil, des ingénieurs sûreté ou environnement, des architectes de systèmes spatiaux, des météorologues pour l'activité ballons ou les lancements... Mais aussi des personnes dont le métier est de piloter des projets complexes ou de mener des négociations internationales, des juristes, des communicants, etc. Il y a beaucoup d'ingénieurs et de cadres, je l'ai dit, mais aussi des techniciens, tous aussi passionnés et essentiels aux missions du CNES.

Dans la culture populaire, les femmes du spatial ont longtemps été cantonnées à des rôles secondaires.

Cette sous-représentation est-elle une réalité ?

Nous suivons de très près les recrutements pour favoriser l'égalité, notamment dans les métiers techniques où nous souhaitons dépasser la proportion de femmes diplômées. Pour cela, nous nous investissons dans des associations comme *Elles bougent* afin de promouvoir les carrières spatiales auprès des jeunes filles. Nous veillons aussi à rédiger nos offres de manière inclusive et agissons dès le parcours scolaire pour garantir l'égalité des traitements et des chances : dès le stage de troisième, la parité est scrupuleusement respectée !



Pour lire la version
longue en ligne



Bowie, condamné à errer sans fin dans le cosmos. D'autres refusent ce rôle, à l'instar du *Rocket Man* d'Elton John qui résume sa situation en une phrase devenue célèbre : « *It's just my job, five days a week* » (« C'est juste mon métier, cinq jours par semaine »). Quant aux protagonistes de *Planètes*, manga culte des années 2000 publié en partenariat avec le CNES, ils ne conquièrent rien : ils nettoient l'orbite terrestre à la sueur de leur front et au péril de leur vie. Et parfois, enfin, il y a ces moments magiques où la réalité s'empare de la fiction. Comme ce jour de mai 2013 où le Canadien Chris Hadfield reprend *Space Oddity* depuis la Station spatiale internationale. En apesanteur, guitare en main, l'astronaute réel donne chair à Major Tom.

SOPHIE ADENOT

Aviatrice, ingénieure et astronaute française de l'Agence spatiale européenne



**« On embarque
un bout de la France
dans l'espace »**

En février 2026, elle est devenue la deuxième astronaute française à s'envoler à bord de la Station spatiale internationale pour la mission epsilon. Dans la lignée de ses modèles, Sophie Adenot contribue à faire rayonner la France spatiale. Avant son départ, elle nous a livré son ressenti.

_____ En 1996, Claudie Haigneré décollait pour la mission Cassiopée. Vingt-cinq ans après, c'est à votre tour. Que représente cette aventure spatiale pour vous ?

Une joie immense d'embarquer un bout de la France dans l'espace ! C'est une chance et une grande fierté de représenter mon pays et les équipes du CNES, qui travaillent avec passion sur ces missions spatiales depuis le premier vol habité français de Jean-Loup Chrétien, en 1982. On sent le poids de l'histoire et je suis portée par l'énergie des personnes qui ont vu les premières missions spatiales françaises. C'est une aventure collective et je suis un maillon de cet héritage. Je vais faire de mon mieux pour que tout se passe bien, honorer la mémoire de mes prédécesseurs, et de celles et ceux qui contribuent à la réussite de cette mission. Rejoindre la Station spatiale internationale (ISS), c'est aussi la concrétisation d'un rêve de petite fille, nourri de toutes ces aventures spatiales.

_____ Comment avez-vous préparé cette mission avec les équipes du CNES ?

Nous nous sommes entraînés pendant trois ans, encadrés par des experts qui envoient des astronautes dans l'espace depuis plus de vingt ans. Pour commencer, les équipes du CNES m'ont familiarisée avec les expériences scientifiques que j'allais être amenée à conduire durant cette mission de huit mois. J'ai eu l'occasion de les croiser à Toulouse, à Houston et à Cologne. En fonction du lieu et de l'entraînement, les instructeurs et les équipes au sol m'ont présenté le matériel et transmis les procédures – tout ce qu'il faut savoir pour mener à bien ces expériences. Nous nous exerçons sur des simulateurs d'entraînement et nous apprenons en situation nominale avant de commencer à appréhender les situations d'urgence. Les instructeurs savent nous

« Ma mission consiste à améliorer la connaissance, à préparer l'avenir de l'exploration spatiale habitée et à impliquer la jeunesse. »

transmettre les clés pour être sereins et capables de gérer une dépressurisation, un feu à bord, une fuite de plomberie... J'ai été qualifiée en tant que spécialiste sur les modules japonais et européen, ce qui signifie qu'en cas de panne, c'est à moi qu'on fera appel pour les opérations de maintenance. Le but de ces entraînements, c'est d'être opérationnelle et efficace pendant toutes les phases de la mission, mais même si nous sommes préparés, même si nous connaissons les procédures, cette aventure comporte une part d'inconnu, et je suis curieuse de savoir comment cette mission va se dérouler en pratique.

_____ En 2005, vous intégrez l'armée de l'Air et de l'Espace. En quoi cette expérience militaire vous a-t-elle forgée pour le spatial ?

Avoir été aviatrice m'a permis d'apprendre à gérer le tempo opérationnel, qui est très rapide. En tant que pilote d'hélicoptère, j'ai appris à gérer des systèmes complexes, la pression et le stress en équipage – des compétences utilisées au quotidien dans mon métier d'astronaute. À bord de l'ISS, nous travaillons avec de la technologie de pointe et nous sommes en contact permanent avec les équipes au sol et les centres de contrôle partout dans le monde. L'aspect opérationnel est donc omniprésent.

_____ Quelles expériences allez-vous réaliser en vol ?

L'équipage va participer à environ 200 expériences scientifiques, c'est dire si l'on consacre beaucoup de temps à la science ! Le CNES a développé une dizaine



Présentation de l'expérience MultISS, imageur multimodal pour l'analyse des biocontaminations de surfaces à bord de l'ISS.

« Je suis portée par l'énergie des personnes qui ont vu les premières missions spatiales françaises. »

d'expériences innovantes. Nous aurons des moyens technologiques pour analyser l'effet de l'impesanteur sur les organes, les paramètres physiologiques et la circulation sanguine des astronautes. Le CNES assure le suivi de toutes ces expériences depuis son centre de contrôle, le Cadmos, situé à Toulouse. Ma mission consiste à améliorer la connaissance scientifique et médicale, à préparer l'avenir de l'exploration spatiale habitée et à impliquer la jeunesse, notamment via l'expérience ChlorISS.

_____ Que souhaitez-vous transmettre et partager avec la jeunesse ?

Je suis arrivée là parce que j'ai bénéficié de rôles modèles, et il me semble naturel de donner le juste retour de ce que j'ai reçu. J'espère être la plus généreuse possible – autant que la mission me le permettra – pour décrire les expériences scientifiques, les aspects technologiques, mais aussi

2004

Diplômée de l'école d'ingénieurs ISAE-SUPAERO.

2018 Devient la première femme pilote d'essai d'hélicoptères.

2022 Sélectionnée comme astronaute de carrière à l'ESA.

2026 Réalise son premier vol vers la Station spatiale internationale dans le cadre de la mission epsilon.

le quotidien à bord. Chaque jeune pourra piocher dans mes publications sur les réseaux ce dont il a besoin pour se nourrir et s'inspirer. Cela permettra aussi à ceux qui cherchent leur voie de voir la diversité des cursus et des parcours. Il faut encourager autant les filles que les garçons et les accompagner pour qu'ils puissent s'identifier ou trouver ce brin d'inspiration qui leur parle personnellement.

_____ Quels événements historiques ou références culturelles du spatial vous ont inspirée ?

Toute petite, j'étais une grande fan de tout ce qui parlait d'aventure et d'exploration : aventures spatiales, exploits sportifs, épopées d'aviateurs... J'ai toujours été fascinée par ceux qui exploraient les limites. Sur le volet spatial, j'ai suivi avec attention toutes les missions des astronautes français et je lisais les biographies au fur et à mesure de leur sortie. Claudie Haigneré a été une grande source d'inspiration dans mon parcours. J'avais 14 ans lors de son premier vol et je pense que j'ai eu le déclic quand je l'ai vue décoller : je me suis dit que j'allais tout faire pour devenir astronaute. Quelques années plus tard, en 1999, je passais mon baccalauréat et Jean-Pierre Haigneré embarquait pour Perseus... Je conservais le patch de sa mission dans ma trousse. Tous m'ont transmis la passion de l'aéronautique et du spatial.



Iris², l'Europe à l'heure de la connectivité souveraine

Ces dernières années, alors que la demande en connectivité explose, des mégaconstellations privées en orbite basse, comme Starlink de Space X et bientôt Amazon Leo, imposent leurs solutions et créent de nouvelles dépendances sans offrir de garanties suffisantes en matière de sécurité. C'est dans ce contexte qu'avec le soutien de l'ESA, la Commission européenne a lancé IRIS², la future constellation européenne de connectivité sécurisée. À l'horizon 2030, elle doit répondre aux besoins gouvernementaux, militaires et de gestion de crise, tout en proposant des services commerciaux aux entreprises. Le développement et l'exploitation ont été confiés pour douze ans au consortium SpaceRise (SES, Eutelsat, Hispasat), dans le cadre d'un contrat de partenariat public-privé. Environ 300 satellites, majoritairement en orbite basse, assureront une couverture globale à faible latence. Trois centres de contrôle piloteront l'ensemble. L'un d'eux sera installé à Toulouse, sur le site du CNES, qui contribuera également à l'appropriation du système par les utilisateurs français.



22

appels d'offres pilotés par le CNES ont été lancés depuis fin 2021 dans le cadre du volet spatial du plan d'investissement France 2030, ainsi que quatre appels à manifestation d'intérêt et cinq appels à projets, pilotés quant à eux par BPI France. Ces dispositifs ont ciblé en priorité les micro/mini-lanceurs, les services en orbite, la surveillance de l'espace, les télécommunications, l'observation de la Terre et la valorisation des données spatiales au service des politiques publiques.



L'Observatoire du spatial du CNES est un outil d'analyse au service de la compréhension de l'évolution du secteur spatial. Fort d'une équipe d'une dizaine de personnes, il mène des travaux variés : des études de prospective pour éclairer les dynamiques industrielles, publiques, géopolitiques et sociétales ; des études économiques sur les différents marchés du spatial ; des analyses ciblées sur des sujets de rupture, comme les méga-lanceurs ou les data centers en orbite. Ces travaux nourrissent les prises de décision du CNES et de ses tutelles. Ils sont également partagés, au cas par cas, avec l'écosystème et les acteurs académiques. »



Caroline Amiot-Bazile,
SOUS-DIRECTRICE SYNTHÈSE STRATÉGIQUE ET
OBSERVATOIRE

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur le CNES

Dans le spatial,
on parle de missions
et de charges utiles.
Un vocabulaire qui n'a
rien d'anodin : ce que
les satellites font pour
nous est bien concret.
Sécuriser, comprendre,
aménager, imaginer
de nouveaux services...
En quatre questions,
ce dossier éclaire le rôle
du CNES au service
de nos quotidiens.





Comment le CNES participe-t-il à l'autonomie stratégique de l'Europe et à la sécurité de la France ?

Accès à l'orbite, capacités souveraines, organisation dédiée : le CNES articule une chaîne cohérente de moyens et d'expertises, dans un environnement spatial de plus en plus disputé.

———— **Météo, navigation, connectivité, surveillance : une part croissante des services essentiels repose aujourd'hui sur les satellites.** Dès lors, la capacité à les mettre en orbite et à les contrôler sur le long terme devient un enjeu stratégique majeur, car un pays qui dépend d'infrastructures étrangères est un pays vulnérable. Dans ce contexte, le CNES assure une mission clé au service de l'accès autonome à l'espace pour la France et les acteurs européens. Le programme Ariane 6 en est plus que jamais la carte maîtresse. « Avec cinq lancements réussis en dix-huit mois, le lanceur lourd européen affiche un très bon bilan. Les équipes sont prêtes pour la montée en puissance, avec sept à huit tirs prévus en 2026, dont un premier vol pour un client commercial, qui sera aussi le premier pour l'Ariane 64 à quatre boosters », résume Philippe Pujes, responsable programmes systèmes de lancement au CNES. Parallèlement, l'offre européenne de lanceurs s'enrichit, avec l'arrivée en 2028 de Vega-E et le développement de nouveaux modèles privés dans le cadre du défi European Launcher Challenge de l'ESA (voir « Flash spatial », p. 10). Le CNES, pour sa part, accompagne l'émergence d'une offre de micro/mini-lanceurs, tout en investissant dans la réutilisation des premiers étages avec les démonstrateurs



L'ensemble de lancement multi-lanceurs (ELM) au Centre spatial guyanais.

Prometheus, Themis ou Callisto. « *Mais la question de l'accès autonome ne se limite pas aux lanceurs, rappelle Philippe Pujes. Le Centre spatial guyanais demeure plus que jamais un actif stratégique pour l'Europe.* » Alors que le grand programme de modernisation de la base touche à sa fin, le CNES vient de voir son rôle conforté avec l'accord France-ESA, qui lui confie des fonctions clés pour l'avenir du port spatial de l'Europe, dont la gestion du calendrier des lancements.

Un partenaire essentiel pour la défense

À l'heure de la montée des tensions géopolitiques, l'espace est un champ d'action disputé, où se jouent la gestion des crises et l'appui à la décision politique et militaire. « *Sans moyens spatiaux propres, la France dépendrait de données étrangères et/ou commerciales, sans garantie de leur intégrité ni de leur disponibilité* », souligne Philippe Steininger, conseiller militaire du président du CNES. Dans ce contexte, le CNES occupe une place singulière en mettant à la disposition des armées son expertise et ses moyens pour développer et exploiter des systèmes spatiaux, surveiller l'espace et préparer les futures capacités militaires.

L'un des fers de lance de la stratégie spatiale de défense française est le système CSO. « *Désormais pleinement opérationnelle depuis le lancement de CSO-3, CSO est une constellation d'observation optique de très haute résolution, qui fournit aux autorités françaises une capacité souveraine d'ima-*

gerie au service du renseignement, de l'appréciation de situation et de l'appui à la décision politique et militaire », explique Paul Arberet, chef de projet au CNES. La Direction générale de l'armement a délégué à l'agence spatiale française la maîtrise d'ouvrage du segment spatial de ce programme stratégique. « *Le CNES est responsable du système de bout en bout, des premiers travaux préparatoires, de sa conception et de sa réalisation aux opérations et au maintien en conditions opérationnelles tout au long de la vie des satellites* », précise Paul Arberet. Il garantit également la maîtrise de la donnée, en mettant à disposition les outils de transformation des images brutes en produits directement exploitables et en accompagnant les utilisateurs militaires dans leur usage des informations.

Ces dernières années, les liens historiques entre le CNES et la Défense se sont encore resserrés avec le déploiement à Toulouse du Commandement de l'Espace. « *Cette implantation favorise une montée en compétences rapide des armées, au contact direct des experts du CNES. Des équipes mixtes assurent aujourd'hui le contrôle des satellites militaires et la continuité des opérations en orbite* », ajoute Philippe Steininger. L'installation dans la Ville rose du Centre d'excellence spatial de l'OTAN ajoute une dimension interalliée à cette dynamique.

Dans les coulisses d'un « non » historique

———— Pour un État, pouvoir s'appuyer sur des capacités de renseignement détenues en propre contribue fortement à son autonomie de décision et donc à sa souveraineté. En 2003, lors de la crise irakienne, la France constate que les images de ses satellites souverains ne montrent aucune trace de l'arsenal de destruction massive invoqué par les États-Unis pour justifier une intervention. Cette absence de preuves alimente une analyse indépendante qui conduit finalement Paris à refuser l'engagement militaire. Quelques mois plus tard, Colin Powell, alors secrétaire d'État américain, reconnaîtra que les renseignements utilisés étaient faux.





Le satellite Biomass dans la coiffe du lanceur Vega en vue de son lancement depuis le Centre spatial guyanais.

Comment le CNES contribue-t-il à l'avancée de la connaissance scientifique ?

Lancé fin 2022, opérationnel depuis 2023, plébiscité par la communauté scientifique dès les premières données disponibles, le satellite d'hydrologie et d'océanographie SWOT incarne une collaboration réussie entre le CNES et les chercheurs.



12

personnalités scientifiques

composent le collège du CPS – six hommes et six femmes. Elles sont nommées pour une durée de cinq ans, et représentent les différentes thématiques scientifiques mobilisées au CNES.

_____ L'aventure démarre officiellement en 2009, plus précisément lors du Séminaire de prospective scientifique (SPS) de Biarritz, qui a également vu éclore Biomass¹. Organisé tous les cinq ans, ce temps fort réunit la communauté scientifique française pour débattre de ses priorités et faire émerger des ambitions collectives, dont certaines se transforment ensuite en missions spatiales. Le Comité des programmes scientifiques (CPS) prend alors le relais pour accompagner la maturation des projets retenus et en garantir la cohérence scientifique dans la durée. SWOT est né de cette dynamique. L'idée scientifique devient un projet de mission visant à étudier la topographie des océans et des eaux continentales



Extension de la mer d'Aral vue par le satellite SWOT.

de surface, à une échelle et avec une précision inédites. Ainsi, SWOT embarque un altimètre radar à large fauchée, offrant pour la première fois une vision continue des dynamiques de l'eau. Dès 2011, le CNES, avec le soutien du PIA², engage un travail spécifique sur les données multimissions et leurs usages, afin de préparer les communautés scientifiques, institutionnelles et industrielles à s'approprier ces informations inédites et à faire émerger, à partir de celles-ci, de nouveaux services. Cette anticipation porte ses fruits : les données SWOT sont déjà mobilisées pour améliorer la prévision océanique et ouvrent la voie à des applications concrètes dans la gestion de l'eau et des risques. Ses résultats nourrissent déjà la préparation des futures missions européennes d'altimétrie, en particulier Sentinel-3 NG Topo, appelées à inscrire dans la durée les avancées validées par SWOT.

1. Satellite lancé en avril 2025 pour cartographier la biomasse des forêts afin d'estimer les quantités de carbone stockées.

2. Le Programme d'Investissements d'Avenir finance des projets innovants et stratégiques pour la France.

Kader Amsif, responsable de programme



« Ma mission est d'assurer l'interface entre les scientifiques et les équipes du CNES pour toutes les activités relatives à mon domaine, qui couvre le Soleil, l'héliosphère et la magnétosphère¹. J'interviens très en amont, dès la prospective et la phase 0, pour transformer les priorités scientifiques en projets de mission, avant de passer progressivement le relais au chef de projet. Je reste ensuite impliqué sur le long terme afin de veiller à la cohérence avec l'objectif scientifique initial. Mon portefeuille compte aujourd'hui douze missions à différents stades, dont Plasma Observatory et M-MATISSE. »

1. Région de l'espace entourant la Terre dans laquelle est confiné le champ magnétique terrestre.

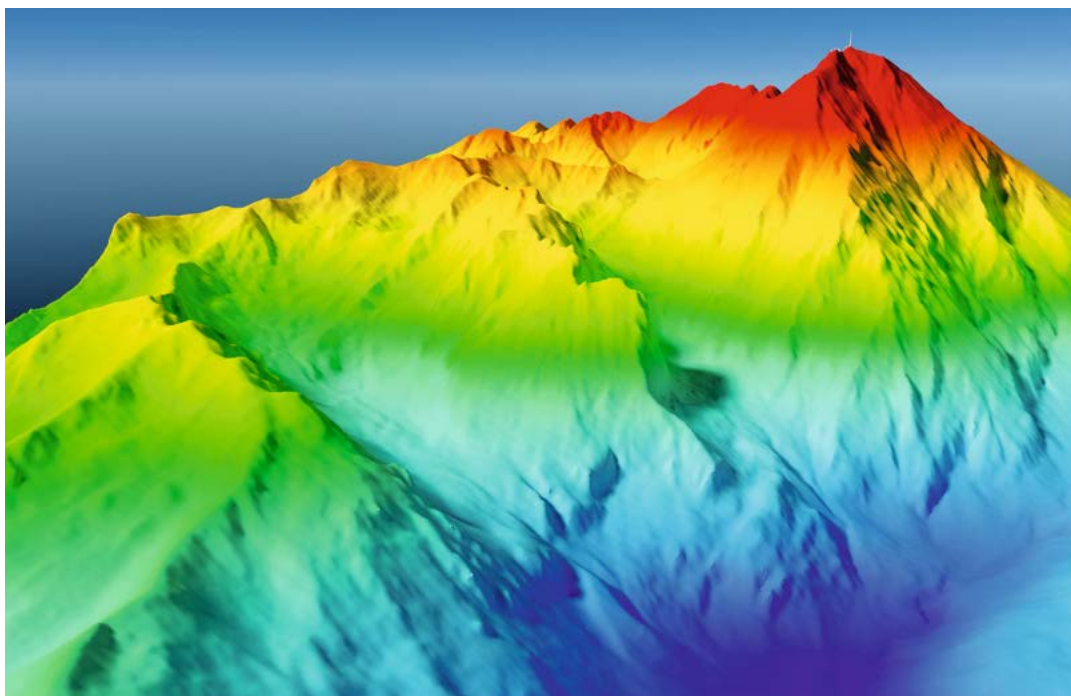
Comment le CNES met-il la donnée spatiale au service des usages terrestres ?

Du satellite aux services opérationnels, le CNES crée les conditions d'un écosystème spatial toujours plus compétitif.

————— **L'une des missions stratégiques du CNES est de renforcer la compétitivité de l'écosystème spatial français.** Et cela suppose d'agir à plusieurs niveaux à la fois, de la maturation technologique en amont des projets spatiaux à l'émergence de nouveaux services en aval. « *Nous nous adressons à ceux qui conçoivent les satellites comme à ceux qui ont besoin de leurs données* », résume Jean-Marc Delvit, sous-directeur Innova-

tion & Connect au CNES. Les modalités d'accompagnement sont nombreuses : apport d'expertise, démonstrateurs, accompagnement business, formation, mobilisation des communautés d'utilisateurs...

En élargissant le champ des possibles grâce à des données inédites susceptibles de nourrir de nouveaux services, les missions spatiales jouent un rôle structurant dans cette dynamique. La preuve avec la constellation CO3D, lancée en juillet dernier. Issue d'un partenariat public-privé associant le CNES et Airbus Defence & Space, « *elle produira des cartes 3D des terres émergées du globe avec*



Modèle numérique de surface généré par les données CO3D sur le pic du Midi. La topographie est représentée en rouge lorsque l'altitude est élevée et en bleu lorsqu'elle est basse.

une précision métrique et une couverture de l'ordre de 40 millions de km² par an, et offre par ailleurs de nouvelles capacités telles que la vision nocturne et la vidéo », indique Laurent Lebègue, responsable performance système de CO3D. Cette mission ouvre des perspectives inédites pour le développement de services à forte valeur ajoutée, qu'il s'agisse du suivi de la répartition de la végétation ou encore de l'étude des panaches des volcans. Depuis 2021, le déploiement du plan d'investissement France 2030 renforce encore le rôle du CNES comme catalyseur de l'écosystème spatial. « L'enjeu est de faire émerger les champions de demain sur les marchés émergents du spatial », poursuit Jean-Marc Delvit. Dans ce cadre, un appel à manifestation d'intérêt a été ouvert il y a trois ans aux acteurs publics, afin d'identifier leurs besoins en services intégrant des données spatiales, suivi d'appels d'offres à destination des entreprises. L'objectif est d'aboutir à des démonstrateurs susceptibles d'évoluer rapidement vers des solutions opérationnelles. L'un d'entre eux vise par exemple à améliorer le suivi écologique ou socio-économique des côtes françaises, tandis qu'un

Frédéric Adragna, responsable de Connect by CNES



« Depuis 2018, le programme Connect by CNES accompagne chaque année 200 organisations de toutes tailles (entreprises, collectivités, services opérationnels) porteuses de projets en lien avec le spatial. Conçu comme un guichet unique, il propose un accompagnement à 360°, de l'idéation à la levée de fonds. Et les résultats sont là, avec de très belles success stories, comme celle de The Exploration Company, qui conçoit des capsules cargo pour le fret spatial. Nous l'avons soutenue dès ses débuts et, aujourd'hui, c'est une entreprise de 400 collaborateurs qui envisage une entrée en Bourse. »

autre porte sur l'éclairage urbain et la pollution lumineuse. « Ces démonstrateurs tireront pleinement parti des capacités nouvelles offertes par CO3D », souligne Laurent Lebègue. C'est précisément là, à l'articulation entre missions, politiques publiques et développement économique, que se joue une part essentielle de l'utilité du spatial.



4
satellites
forment la
constellation
CO3D, lancée
en juillet 2025.

Le centre-ville de Riyad
(Arabie saoudite), de nuit,
vue par un satellite CO3D.



Comment le CNES s'engage-t-il pour un monde plus durable ?

—— **Secteur à forte intensité technologique, marqué par des cycles industriels longs**, le spatial se situe au croisement de multiples tensions environnementales. C'est précisément pour cette raison que le CNES aborde la question de la durabilité en agissant à plusieurs niveaux. D'abord à l'échelle de la filière, grâce à une feuille de route de décarbonation construite avec l'ensemble des acteurs du secteur. Présentée en juin dernier, elle chiffre pour la première fois l'empreinte du spatial français (1,8 Mt CO₂ eq, soit 0,3 % des émissions nationales) et identifie 12 leviers de réduction des émissions, de l'énergie aux transports, en passant par les infrastructures, les procédés industriels et la donnée.

Cette approche transverse de la décarbonation, le CNES l'applique également à ses propres activités. Parmi les principales mesures engagées figurent la réduction des déplacements professionnels et la mise en place d'un prix interne pour compenser les émissions liées au carbone. Autres exemples de dispositifs : l'intégration systématique de l'analyse du cycle de vie et de l'écoconception, ainsi que la prise en compte de critères environnementaux dans les processus de décision.

2005

C'est l'année de mise en place de la station SEAS Guyane, qui réceptionne directement des données satellitaires servant ensuite à l'élaboration de politiques publiques, notamment en matière d'environnement.

Transformer un secteur suppose aussi de partager une culture commune. Soutenue par le CNES dans le cadre de son écochallenge, la Fresque du Spatial décline les principes de la Fresque du Climat aux spécificités du domaine spatial. Cet outil d'intelligence collective, basé sur des ateliers participatifs, vise à faire passer les décideurs de la compréhension des enjeux de décarbonation à l'engagement opérationnel.

Enfin, cette dynamique s'incarne concrètement dans les territoires où le CNES est présent, et tout particulièrement en Guyane. Deux programmes emblématiques : Bio-Plateaux, qui permet de produire des données hydrologiques essentielles pour la gestion de l'eau, de la forêt et des transports fluviaux ; et SEAS, qui met l'imagerie satellitaire au service de l'aménagement du territoire et de la préservation des écosystèmes côtiers.

Liliane Sebas, directrice des Ressources humaines du CNES



—— **« Au printemps dernier, les partenaires sociaux du CNES ont signé un accord-cadre sur la transition écologique. Nous suivons aujourd'hui la même voie sur la diversité, en passant par la négociation collective. L'enjeu est identique : dépasser des actions ponctuelles pour fixer un cap partagé. Ce cadre posé, un diagnostic permettra ensuite de mesurer les écarts entre l'intention et la réalité vécue, avant de décliner des actions concrètes. La diversité n'est pas une fin en soi : elle dit notre capacité à inclure et à faire évoluer durablement nos pratiques, au service de l'attractivité et de l'innovation. »**

Retour vers le futur

SPOT, gros plan sur la planète

Premier satellite d'observation de la Terre imaginé et conçu par les équipes du CNES, SPOT-1 a ouvert la voie à toute une génération de satellites de télédétection à usages civil et militaire. Récit d'une longue saga.



Djebel Amour, Algérie - SPOT-1 - 23 février 1986

REPÈRES

1978

Lancement du premier programme européen dédié à l'observation de la Terre, SPOT, issu d'une coopération entre la France, la Belgique et la Suède

1986

Mise en orbite de SPOT-1

2002

Lancement du satellite SPOT-5

2015

Désorbitation de SPOT-5 et clôture du programme SPOT par le CNES

2025

Inauguration de Spot World Heritage, site d'accès libre aux données des satellites SPOT

Le 22 février 1986, Ariane 1 met en orbite SPOT-1, le premier satellite civil français d'observation de la Terre. « À l'époque, il y avait une volonté de souveraineté et de maîtrise de cette technologie », relate Hervé Jeanjean, responsable du programme Copernicus au CNES. SPOT-1 vient concurrencer le programme américain Landsat mis en service en 1972 et le Resours-O1 russe (1985). Très vite, le satellite français se distingue avec ses miroirs orientables qui lui permettent de regarder à droite et à gauche de sa trace, et de revisiter un même site tous les deux à trois jours. « Sa résolution de 10 m était avant-gardiste », précise Hervé Jeanjean. Au mois d'avril, SPOT-1 capte la première image panchromatique (en noir et blanc) de la zone dévastée par la catastrophe nucléaire de Tchernobyl. Un tournant s'opère quelques années plus tard avec SPOT-4 et son nouveau capteur moyen-infrarouge. « Ce satellite embarque aussi Végétation, un instrument au champ très large qui fournit des images quotidiennes de la Terre entière », indique Hervé Jeanjean. Une révolution intervient avec SPOT-5 et sa résolution de 2,5 m. Cette capacité ouvre la voie à une pléiade d'applications dans de multiples domaines : cartographie, agriculture, aménagement du territoire, surveillance de l'environnement, gestion des risques, défense... Le marché de l'imagerie satellitaire décolle. Parmi les héritiers de SPOT-1 : Sentinel-2 du programme européen Copernicus, les satellites commerciaux SPOT-6 et 7, Pléiades-Neo, ou encore Hélios, le premier satellite de reconnaissance militaire français, suivi de CSO. La constellation CO3D, lancée en juillet 2025, s'inscrit aussi dans sa lignée. « Nous avons créé un savoir-faire inégalé. La filière optique très haute résolution en France est une filière d'excellence au niveau mondial », souligne Hervé Jeanjean. Pour que le monde ne reste ni aveugle ni sourd face aux enjeux du spatial sur Terre, bien entendu.



Jacques Arnould

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

De l'art de naviguer

Pour mener à bien missions lointaines et programmes de longue durée, le CNES a acquis des compétences et fait siennes des valeurs singulières. Les mêmes sont nécessaires pour mettre l'espace au service des citoyens.

« **Créons des vaisseaux** et des voiles adaptés à l'éther céleste, et il y aura des gens à foison pour braver les espaces vides. En attendant, nous préparerons pour les hardis voyageurs du ciel des cartes des corps célestes, je le ferai pour la Lune et vous, Galilée, pour Jupiter. » L'auteur de ces mots est l'astronome Johannes Kepler. Au printemps 1610, il les envoie à son collègue Galilée qui vient de bouleverser la cosmologie occidentale en observant le ciel à l'aide d'un télescope de sa fabrication. Alors que de courageux navigateurs ont entrepris de sillonner les mers du globe pour explorer notre planète, Kepler rêve déjà de navigation céleste, autrement dit d'astronautique. Il faudra attendre plus de trois siècles pour que ces voyages extraterrestres au long cours puissent être réellement entrepris. Naviguer en haute mer ou « braver les espaces vides » du ciel n'exige pas seulement de posséder les technologies *ad hoc*. Il convient de développer un art qui ressemble fort à celui que doit mettre en œuvre toute institution qui travaille au long cours. Bien entendu, je pense ici plus particulièrement à nos institutions publiques. Cet art consiste d'abord à choisir, à déterminer ou à accepter un objectif à atteindre, une mission à réaliser. La raison d'être dont se dotent désormais la plupart des entreprises ne doit pas seulement servir d'outil de communication ;

elle est aussi un outil d'évaluation, de jugement sur le bien-fondé de nos réalisations. L'omettre, la refuser, c'est courir le risque de transformer nos institutions, nos équipes en vaisseaux fantômes condamnés à errer au milieu des tourbillons de nos sociétés. Servir un pays et ses citoyens est une noble tâche ; encore convient-il d'être lucide sur le contenu, la finalité de ces services. Toute navigation s'appuie sur des cartes, des balises, des phares, autrement dit des références juridiques, des valeurs philosophiques. Comme celles inscrites au fronton de nos édifices publics. Non pas pour s'y agripper (jamais aucun bateau ne vient se fixer à une balise, s'amarrer à un phare pour ne plus en bouger), mais plutôt pour définir l'espace des décisions et des comportements possibles. Déjà au ^{xix}^e siècle, un auteur avait imaginé une « lune » artificielle pour aider les marins à tracer leur route. Toute navigation doit impérativement tenir compte des courants et des vents. Inutile de s'y opposer, moins encore de les ignorer ; mieux vaut faire face, faire avec et même, si possible, en profiter. Et les courants d'idées, les idéologies, les projets politiques ne sont pas les moins puissants. Enfin, récifs et tempêtes de toutes sortes n'épargnent aucun navigateur. Prévisibles, prévus, cartographiés ou non, évitables ou non, ils présentent un danger qu'il revient aux navigateurs d'évaluer, afin de mieux se préparer à les éviter, à les affronter et, si besoin est, à réparer les dommages subis. Au long cours, la navigation entamée par le CNES il y a plus de soixante ans l'est très certainement, afin de fournir aux citoyens français et à bien d'autres des services, des connaissances, une protection et une défense. Mais qu'en pensent ces derniers ?



LISA (CNRS)

« Conseiller le CNES dans la définition de sa stratégie spatiale »

GILLES BERGAMETTI

Directeur de recherche, ancien président
du Comité des programmes scientifiques
du CNES

En 2009, Gilles Bergametti est approché par l'agence spatiale française pour prendre la tête de son comité TOSCA (Terre, Océan, Surfaces Continentales, Atmosphère). « J'avais eu des interactions avec le CNES dans le cadre de mes fonctions de chargé de missions au CNRS, en lien avec la chimie de l'atmosphère, mais j'étais un peu vierge sur les questions spatiales », confesse le géophysicien. Pendant quatre ans, il préside ce comité scientifique spécialisé dans les sciences de la planète Terre. Le TOSCA et le Comité d'évaluation sur la recherche et l'exploration spatiale (CERES) sont les « bras armés » du Comité des programmes scientifiques (CPS). Constitué d'un collège de 12 membres issus des plus grands laboratoires de recherche français, le CPS conduit la réflexion scientifique et conseille l'administration du CNES dans la définition de sa stratégie spatiale. En 2019, Gilles Bergametti en prend la présidence. Tous les quatre ou cinq ans, ce comité pilote un colloque de prospective pour déterminer les priorités en sciences de l'Univers et en sciences de la planète Terre. « De cet exercice débouche une feuille de route pour hiérarchiser les missions qui vont être choisies et financées. C'est la preuve à mes yeux d'un haut niveau de confiance du CNES envers la communauté

scientifique pour définir ses priorités en matière de sciences spatiales. » Parmi les programmes marquants de son mandat : SEIS, qui a permis de réaliser les premières mesures en sismologie sur Mars ; les missions Sentinel de surveillance de l'état de la Terre ; IASI pour la prévision météorologique et les études de composition de l'atmosphère ; ou SWOT pour cartographier le niveau de la mer et des cours d'eau. Cette expérience lui a permis d'étoffer sa culture en sciences de l'Univers, de nouer de précieux contacts et de se familiariser avec la gestion de projet scientifique. Il retient « cette rigueur, ces stratégies pour faire aboutir les projets spatiaux dans des conditions de temps, de financement et de technique souvent très contraintes ». Une méthode de travail qu'il a transposée à l'échelle de son unité de recherche, le LISA (Laboratoire interuniversitaire des systèmes atmosphériques), au sein duquel le chercheur modélise le transport des poussières émises depuis les déserts. Son laboratoire entretient des liens forts avec l'agence spatiale française pour l'utilisation des données satellitaires indispensables à la science. « La science aide le CNES à mettre en place des démarches innovantes, y compris sur le plan technique. Il faut préserver cette relation gagnante-gagnante », observe Gilles Bergametti.

Pour lire
la version
longue
de l'article



GROUPE CLS

« Comprendre, protéger la planète et gérer durablement ses ressources »

STÉPHANIE LIMOUZIN

Présidente

« **Toute l'histoire de CLS** (Collecte Localisation Satellites) est issue d'Argos », rappelle Stéphanie Limouzin, présidente de la société. En 1986, le CNES et l'Ifremer créent CLS pour exploiter le système Argos de localisation et de collecte de données sur l'environnement. « À l'époque, il n'y avait pas de GPS. Une technologie qui permettait de géolocaliser un mobile (bateau, bouée, animal) équipé d'une balise et de transmettre des données par satellite, c'était assez révolutionnaire », retrace-t-elle. L'entreprise recueille les informations émises, les met en forme et les diffuse aux utilisateurs. Dans les années 1990, l'altimétrie satellitaire révolutionne la compréhension de la dynamique océanique. CLS joue alors un rôle clé dans le traitement des données collectées par le satellite franco-américain Topex/Poséidon. Stéphanie Limouzin rejoint le groupe en 2009. Elle intègre puis dirige l'équipe Océanographie spatiale, chapeaute le service Énergie, et gravit les échelons jusqu'à être nommée présidente de CLS en 2025. « Quand j'ai débuté, près de 80 % de notre activité étaient dédiés à des programmes portés par le CNES autour de l'altimétrie, se souvient-elle. Nous travaillions au quotidien sur la réception, la calibration et la production de ces données, afin de publier des courbes

et des cartes montrant l'évolution du niveau moyen des mers. » Le programme européen d'observation de la Terre Copernicus marque un tournant. À partir des mesures altimétriques collectées par les satellites Sentinel, CLS développe des solutions de surveillance de l'environnement et du climat, et des outils d'aide à la décision pour l'adaptation. En 2024, Kinéis, fruit d'une collaboration CNES-CLS, déploie la première constellation européenne dédiée aux objets connectés. Les 25 nanosatellites viennent enrichir le système Argos et renforcer la veille environnementale à l'échelle mondiale. « Notre boussole, c'est de comprendre et de protéger la planète tout en gérant durablement les ressources », indique-t-elle. Mesurer les variations de température et de courants des océans, suivre les migrations animales, prévenir les risques naturels, détecter les pollutions marines... « Toutes ces applications pour étudier la planète, mieux connaître la biodiversité, le comportement des animaux et leur interaction avec le changement climatique ont été permises grâce à Argos. » En dix-sept ans chez CLS, Stéphanie Limouzin a suivi des étapes charnières pour la communauté scientifique : « J'ai le sentiment de faire partie d'une aventure collective pour protéger notre planète depuis l'espace. »



BASE AÉRIENNE À VOCATION SPATIALE 101 GÉNÉRAL ROBERT AUBINIÈRE

**« Protéger et défendre
les intérêts français
en orbite »**

LAURENT RIGAL

Colonel, commandant de la base

« **L'espace est devenu stratégique** parce que vital pour la stabilité de notre société et l'efficacité de notre outil militaire », souligne le colonel Laurent Rigal, commandant de la BA 101, la première base aérienne à vocation spatiale de France. « *La relation entre le CNES et le Commandement de l'Espace (CDE) est issue du principe fondateur de la dualité du spatial français* », complète-t-il. Créée en juillet 2025, la BA 101 héberge les locaux du CDE, centre névralgique des opérations spatiales militaires. Sa proximité avec le CNES à Toulouse n'a rien d'un hasard. « *Face aux nouveaux enjeux de défense*

et de sécurité, le CDE monte en compétences pour manœuvrer des satellites dans l'espace. Le CNES facilite l'acquisition de cette expertise et participe à la formation de nos opérateurs. » Symbole d'une coopération renforcée, la BA 101 porte le nom du général Robert Aubinière, aviateur, résistant et premier directeur du CNES. Au quotidien, l'officier supérieur est en lien direct avec le chef d'établissement du centre spatial de Toulouse pour « *coordonner les efforts et faciliter ce travail collectif* ». Il assure la sécurité de l'emprise et cultive la synergie entre les partenaires de l'écosystème spatial local, avec deux objectifs : « *Assurer l'indispensable soutien spatial aux opérations, et surtout protéger et défendre les intérêts français en orbite.* » Ce nouveau théâtre, Laurent Rigal s'y consacre depuis 2019, année de création du Commandement de l'Espace. Après avoir été chef d'escadron de guerre électronique, le colonel devient chef du bureau stratégie du premier Commandant de l'Espace, le général Michel Friedling. En 2021, il s'envole pour Colorado Springs comme officier de liaison français auprès de l'US Space Command, le Commandement de l'Espace américain. « *J'avais pour mission de faciliter le développement de la coopération franco-américaine dans le domaine spatial de défense, en particulier sur le plan opérationnel* », retrace-t-il. Formé à l'École de l'air de Salon-de-Provence, le militaire commence sa carrière comme officier mécanicien. Un master en informatique et mathématiques appliquées de l'ENSEEIH¹ en poche, l'aviateur se spécialise dans le développement des systèmes de commandement et de conduite des opérations aériennes. Devenir chef de la BA 101, c'est un retour aux sources pour lui qui a grandi dans le Lot, et « *un honneur de commander cette emprise dans une période de transformation et d'enjeux politiques forts* ».

1. École nationale supérieure d'électrotechnique, d'électronique, d'informatique, d'hydraulique et des télécommunications.

ALLIANCE NEWSPACE FRANCE

« Le soutien du CNES est structurant pour le développement du NewSpace »

SAMUEL MAMOU

Directeur



Depuis une vingtaine d'années, le développement de fusées n'est plus l'apanage des États et des agences spatiales. Des acteurs privés ont investi le secteur. « Il y a dix ans, parler d'une start-up dans le spatial en France paraissait assez fou. Progressivement, l'écosystème a gagné en maturité et une transition s'est opérée au sein du CNES pour soutenir le NewSpace », résume Samuel Mamou. Depuis 2023, cet ingénieur formé à l'ISAE-SUPAERO a pris la direction de l'Alliance NewSpace France (ANF), une association qui fédère plus de 50 PME et start-up françaises engagées dans la transition du spatial. Sa mission ? Piloter la structuration du NewSpace, afin de faciliter le dialogue État-industries, et porter les grands enjeux de l'écosystème pour consolider les besoins de la filière. « Ces nouveaux acteurs ont une croissance rapide, des besoins d'investissements privés et des méthodes de développement spécifiques », détaille-t-il. Avant d'ajouter : « Nous avons porté la vision de cet écosystème émergent pour que l'État et le CNES continuent

à faire évoluer leur politique industrielle et à accompagner le NewSpace. » Le passé de Samuel Mamou a facilité ce dialogue entre l'ANF et l'agence spatiale. De 2021 à 2023, adjoint au conseiller spatial et représentant du CNES à l'ambassade de France aux États-Unis, il traite des sujets de coopération bilatérale et des liens NASA-CNES. « Cette expérience a permis de créer assez vite une relation de confiance. » Parmi les sujets portés par Samuel Mamou : la promotion à l'export de l'offre du NewSpace. « Le soutien du CNES est très valorisé et reconnu à l'international. Pour bon nombre d'acteurs, il est structurant pour le développement d'opportunités commerciales », souligne-t-il. L'industrie du NewSpace a bénéficié du volet spatial de France 2030 doté de 1,5 milliard d'euros. « Cette nouvelle méthode de financement a permis de développer des capacités industrielles conséquentes. L'écosystème a fait ses preuves, on entre dans une nouvelle étape. » Face à une filière en profonde mutation, il s'agit désormais de penser la suite pour permettre à la France de conserver son statut de leader. Fin novembre 2025, Emmanuel Macron a dévoilé sa stratégie spatiale nationale. Le chef de l'État a réaffirmé sa volonté de consolider les forces entre industriels historiques et start-up. « Pour faire émerger des champions européens, il va falloir créer des ponts entre différents industriels à l'échelle européenne. Certains pourraient être issus du spatial français et intégrer des acteurs du NewSpace », estime le directeur de l'ANF.

Jumeaux numériques de la Terre : surveiller, modéliser, anticiper

Face au changement climatique, les jumeaux numériques – des répliques virtuelles – sont devenus des outils stratégiques pour accompagner l'adaptation des territoires.

À partir de l'agrégation de données issues de l'imagerie spatiale et de capteurs *in situ*, le jumeau numérique permet de reproduire virtuellement notre environnement, d'en analyser le fonctionnement et d'anticiper ses évolutions.

Comprendre
le besoin



La première phase consiste à cadrer les données, les modèles et les utilisations attendues.

Pour préciser les enjeux de la lagune de Nokoué, les équipes de la Digital Twin Factory (DTF) du CNES travaillent avec l'IRD et le LEGOS¹. Elles identifient la qualité de l'eau, les pollutions et les risques d'écoulement et d'inondation.

Le CNES mobilise l'imagerie spatiale, les mesures *in situ*, les données géographiques et socio-économiques, afin de reconstituer une réplique numérique de la lagune de Nokoué. Celle-ci sert de socle commun à l'analyse et à la modélisation.



Construire
la réplique
numérique

1. L'Institut de la recherche pour le développement et le Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiale.

En 2025, le CNES a lancé la Digital Twin Factory, l'usine à jumeaux numériques. L'objectif ? Faciliter l'exploitation des données spatiales d'observation de la Terre du CNES (accessibles sur le portail GEODES) en fournissant les briques algorithmiques

nécessaires à des projets de répliques virtuelles de territoires, voire de l'ensemble de la planète (accès aux données, modélisation 3D, analyse des corrélations entre variables, scénarisation). Le partage de cette boîte à outils avec les acteurs de l'industrie,

de la recherche et les institutions favorise l'émergence d'applications et de services adaptés aux enjeux climatiques et environnementaux. Zoom sur le volet du projet SCOast-DT consacré à la lagune de Nokoué, au Bénin.

Simuler et explorer des scénarios



La réplique numérique est couplée à des modèles physiques pour simuler des courants, la dispersion des polluants et les évolutions biochimiques. En testant différentes hypothèses, il est possible de construire des scénarios prospectifs et de comparer leurs effets dans le temps. Parmi les grands enjeux : l'évolution de la salinité de l'eau de la lagune et celle des zones inondables causée par l'élévation du niveau de la mer.

Les résultats des simulations permettent d'évaluer les risques humains et environnementaux. Ils permettent également d'identifier les leviers d'action, comme la mise à jour des plans d'aménagement du territoire et de gestion des risques. Le jumeau numérique devient ainsi un outil d'aide à la décision pour appuyer les politiques publiques de gestion durable de la lagune.



Éclairer la décision publique



« Le Décllic », la série vidéo qui inspire

Sujets de prédilection de la pop culture, les mystères de l'Univers et la conquête spatiale fascinent. Dans la nouvelle série « Le Décllic », des salariés du CNES partagent leurs références phares. Face caméra, ils racontent comment celles-ci ont joué un rôle moteur dans leur orientation professionnelle. Une série disponible sur la chaîne YouTube du CNES et sur cnes.fr.



Houston, nous avons un problème !

_____ S'il ne devait retenir qu'un film, ce serait *Apollo 13* réalisé par Ron Howard. Julien, ingénieur radiations et composants, évoque cette scène durant laquelle les astronautes comprennent qu'ils n'ont plus assez d'énergie pour revenir. Le responsable du programme convoque alors un groupe d'ingénieurs chargés de trouver comment préserver de l'énergie dans la navette. Ce qui a marqué Julien, c'est ce travail collectif dans l'urgence autour d'un enjeu technique très fort pour ramener l'équipage sain et sauf sur Terre.



Je dirais même plus : *Objectif Lune* !

_____ Le seizième album des *Aventures de Tintin* a toujours fasciné Paul, ingénieur lanceurs. *Objectif Lune* illustre selon lui le génie quasi visionnaire d'Hergé. Quatre ans avant le lancement du premier satellite dans l'espace, le dessinateur belge y raconte le développement d'une fusée lunaire par le professeur Tournesol, Tintin et le capitaine Haddock. La première fois qu'il s'est retrouvé au pied d'Ariane 6 au Centre spatial guyanais, Paul a ressenti le même émerveillement que les trois protagonistes devant la gigantesque fusée rouge illustrée sur la couverture de la BD.



Leeloo Dallas Multipass

——— **Pour Rémi, ingénieur nanosatellites,**
Le Cinquième Élément de Luc Besson est une madeleine de Proust. Une séquence l'a particulièrement marqué : dans un opéra, devant un horizon planétaire, le récital de la Diva Plavalaguna, extraterrestre bleue, envoûte l'assistance du paquebot spatial et le téléspectateur. Dans cette scène, le réalisateur a selon lui réussi à capturer le magnétisme opéré chez tout un chacun par l'horizon de la Terre vu de la Station spatiale internationale.



Premier choc thermique avec Capitaine Flam

——— **Enfant de la génération Goldorak et Albator,** Nadège n'a pas raté un seul épisode de la série d'animation japonaise *Capitaine Flam*. Ingénieure thermique, elle commence sa carrière sur le lanceur Ariane 5. En travaillant sur les analyses thermiques, une image tirée du dessin animé lui revient : celle du Cyberlabé entouré d'une sorte de halo rougeâtre lorsqu'il traverse une atmosphère à l'approche d'une planète ou dans certains champs spatiaux. Une représentation somme toute assez proche de la thermique de la fusée.



Chauffe Marcel !

——— **Enfant, Thomas se réjouissait**
 de rentrer de l'école pour regarder *C'est pas sorcier*, présenté par Jamy et son compère Fred. Ce magazine de vulgarisation scientifique, qui a bercé des générations, a été pour lui un véritable déclencheur. Aujourd'hui ingénieur logiciel de vol, Thomas se remémore l'épisode sur les fusées avec le tir d'une Ariane 5. Il se revoit en train de prononcer la phrase consacrée du directeur des opérations lors de chaque lancement : « À tous, de Thomas, attention pour le décompte final : 10-9... 0, décollage ! »

BOUTIQUE



ARIANE 6 DANS VOTRE SALON

Passionnés d'espace, découvrez le modèle réduit du nouveau lanceur lourd européen Ariane 6 ! Une fusée raffinée de 16 cm, fabriquée en résine de modélisme, et fixée sur un axe de support en aluminium. Avec ses détails techniques et emblématiques, cette reproduction miniature est plus vraie que nature ! 65,65 euros - À retrouver sur maboutique.cnes.fr

Des projets à toutes les échelles

Quel est le point commun entre une retenue d'eau au Brésil, les plages des Maldives et la galaxie NGC 6505 ? Le rôle moteur du CNES, à l'origine d'initiatives qui concernent autant la Terre que l'Univers.

XTREMQUALITY : LES RÉSERVOIRS D'EAU SOUS BONNE GARDE

Le Space for Climate Observatory (SCO) regroupe une centaine de projets dans le monde qui mobilisent la donnée spatiale au service de l'adaptation au changement climatique. Présenté lors de la COP30, XtremQuality analyse la qualité de l'eau de réservoirs artificiels en France et au Brésil (dimensions, turbidité¹, concentration en chlorophylle-a) pour établir des indices de vulnérabilité face à des événements comme la sécheresse.

Ces résultats contribueront à préserver la qualité de l'eau et à soutenir une gestion durable des ressources hydriques.

1. État d'un liquide trouble.

PREMIER CATALOGUE POUR EUCLID

Mis en orbite en 2023, le télescope spatial européen Euclid a pour objectif de sonder la matière noire et l'énergie sombre, qui composent 95 % de l'Univers. Il répertoriera les formes, les positions et les mouvements de milliards de galaxies afin de produire la plus vaste carte cosmique 3D jamais réalisée. À l'automne 2026, l'Agence spatiale européenne publiera un premier catalogue. Il comportera environ 200 millions de galaxies couvrant 1900 degrés carrés du ciel.

LE SPATIAL POUR LES COMMUNAUTÉS MARITIMES VULNÉRABLES

L'initiative Space4Ocean Alliance connecte agences spatiales, institutions scientifiques et organisations maritimes afin de mettre à disposition des services spatiaux dédiés à la protection des océans. Elle cible en priorité les États insulaires et les pays en développement exposés aux pressions anthropiques et climatiques. Lancée en juin 2025 avec vingt membres, la coalition compte aujourd'hui 31 partenaires, dont les agences spatiales des Maldives et des Philippines.

