

Inventer l'espace
de demain.




cnes
CENTRE NATIONAL
D'ÉTUDES SPATIALES

- 02 • 03 Inventer l'espace de demain
- 04 • 05 Un environnement qui évolue de plus en plus vite
- 06 • 07 L'Europe, l'ESA et la Commission européenne
- 08 • 09 Le CNES : son rôle et ses missions
- 10 • 11 Innovation
- 12 • 13 Climat
- 14 • 15 Exploration
- 16 • 17 Lanceurs
- 18 • 19 Sciences
- 20 • 21 Observation
- 22 • 23 Télécommunications
- 24 • 25 Défense
- 26 • 27 Applications
- 28 • 29 Coopération
- 30 • 31 Inspiration
- 32 • 33 Les centres du CNES



ENTRETIEN AVEC

Jean-Yves Le Gall

Président du CNES

Le monde spatial est en pleine évolution, comment se positionne le CNES pour continuer à être toujours aussi performant ?

Le secteur spatial connaît en effet des évolutions considérables. L'Europe reste la deuxième puissance spatiale mondiale mais doit désormais compter avec l'arrivée de nouveaux acteurs. Nous avons pris position auprès de ces nouveaux venus qui sont autant d'opportunités pour développer le monde spatial de demain. C'est pour cela qu'en parallèle de nos programmes classiques, nous avons mis en place une approche *Market Pull* à l'écoute des besoins du marché pour inventer les systèmes qui répondent à ses attentes. C'est la feuille de route de la Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science, que nous avons mise en place en 2016.

“ Inventer l'espace de demain ”

Quelle place occupe le CNES aux côtés d'une industrie spatiale de plus en plus mature et innovante, en particulier avec le NewSpace ?

Nous devons être présents partout où les technologies et les apports du spatial peuvent apporter de meilleurs résultats et créer des synergies. Le transfert de compétences vers l'industrie fait clairement partie de nos missions. Quant au *NewSpace*, ce n'est pas une menace mais une opportunité majeure dans laquelle nous sommes plus que jamais impliqués. L'espace devient ainsi avec ces acteurs, un outil au potentiel remarquable décuplé par la transformation numérique. A travers nos projets et nos partenariats, notre rôle est de poursuivre et de renforcer la coopération scientifique et technologique, inscrite dans notre ADN et de maintenir notre positionnement d'acteur incontournable et indispensable. Du fait du succès de nos programmes, une véritable volonté de coopérer avec le CNES s'est développée partout dans le monde.

Face à de nouveaux acteurs toujours plus dynamiques, notre force d'impulsion est-elle toujours intacte ?

Le CNES est toujours dans l'initiative et l'innovation. Nous sommes au centre des discussions de la lutte contre le changement climatique, notamment avec MicroCarb et Merlin. Cela s'est concrétisé par les Déclarations de Mexico et de New Delhi. Le CNES est aujourd'hui considéré comme l'agence spatiale du climat.

Et en décembre 2016, nous avons été le premier contributeur de la Conférence de Lucerne où l'Europe a su, de nouveau, prendre des décisions fondamentales pour construire son avenir. Ariane 6 et Vega-C, la suite d'ExoMars, la participation de l'Europe à la station spatiale internationale ou l'avenir des télécommunications et de l'observation, ce sont autant de programmes où le CNES joue un rôle majeur. C'est cette polyvalence et cette diversité qui font notre force.

Le contrat que vous avez signé avec l'Etat est intitulé Innovation & Inspiration. Comment le CNES décline-t-il ces valeurs au quotidien ?

Ces valeurs sont la signature du CNES. Elles reflètent notre priorité qui consiste, plus que jamais, à placer l'innovation au cœur de nos activités. C'est un enjeu vital qui nous permet de répondre aux mutations profondes du secteur spatial à l'échelle mondiale. Nous avons engagé plusieurs projets de nouvelle génération dans chacune de nos filières d'excellence : Prometheus pour les lanceurs, Mars 2020 pour la science, SWOT pour l'observation, Internet pour tous et partout pour les télécommunications, Syracuse IV pour la Défense et bien d'autres encore... Cette détermination structurelle à innover se complète par une capacité à susciter l'inspiration, notamment auprès des jeunes, qui trouvent ainsi dans les activités du CNES, des valeurs de mobilisation pour leur propre avenir professionnel.

Le CNES s'est montré très actif, ces dernières années, sur la scène internationale en multipliant les accords de coopération. Quels résultats attendez-vous de cette politique ?

Grâce à l'abaissement du coût du ticket d'accès à l'espace, de nouveaux venus développent des activités spatiales et le CNES met en place avec eux des coopérations qui visent trois objectifs : participer à de nouveaux projets que nous n'aurions pas les moyens de financer seuls, comprendre et apprendre des approches différentes des nôtres et positionner nos industriels sur ces marchés, en créant un réflexe France. Et dans la mesure où, très souvent, ces coopérations commencent par des programmes scientifiques, cela nous permet de réaffirmer l'importance que nous attachons à la science.

Comment conserver nos compétences dans ce contexte de large coopération ?

Nous avons aujourd'hui des compétences reconnues, qu'il faut entretenir et adapter en permanence aux changements de notre secteur. Nos métiers évoluent, c'est une évidence. Nos spécialistes qui travaillent aujourd'hui sur la propulsion électrique des satellites ne le faisaient pas il y a 10 ans. Et pour les lanceurs, avec Ariane 6, nous avons su réinventer le programme Ariane, ce qui semblait impossible encore il y a 30 mois. C'est cette capacité d'évolution et d'adaptation qui nous permet d'inventer l'espace de demain.

”

Un environnement qui évolue de plus en plus vite

UN NOUVEL ORDRE SPATIAL

Depuis quelques années, on constate une montée en puissance de la concurrence en matière de lanceurs avec de nouveaux acteurs venant du secteur privé américain mais aussi de la Chine, de l'Inde, du Japon ou de la Russie.

Ceci a conduit l'Europe à prendre des décisions structurantes, en 2014 à Luxembourg et en 2016 à Lucerne, pour disposer à l'horizon 2020 d'un nouveau lanceur, Ariane 6, alliant performance, flexibilité et un coût du kilo en orbite réduit de moitié par rapport à celui d'Ariane 5.

Le marché des satellites fait aussi l'objet d'une convoitise forte et affirmée. De nouveaux pays disposant de budgets importants s'équipent de « gros » satellites alors que d'autres se dotent de systèmes moins coûteux.

Parallèlement à ces marchés où existe une vive concurrence, la coopération internationale se développe de plus en plus au profit des programmes d'exploration comme les missions vers Mars ou l'exploitation de la station spatiale internationale.



Le secteur spatial connaît des évolutions considérables.



Moteur à propulsion plasmique PPS1350-G

Satellites : toutes masses et constellations

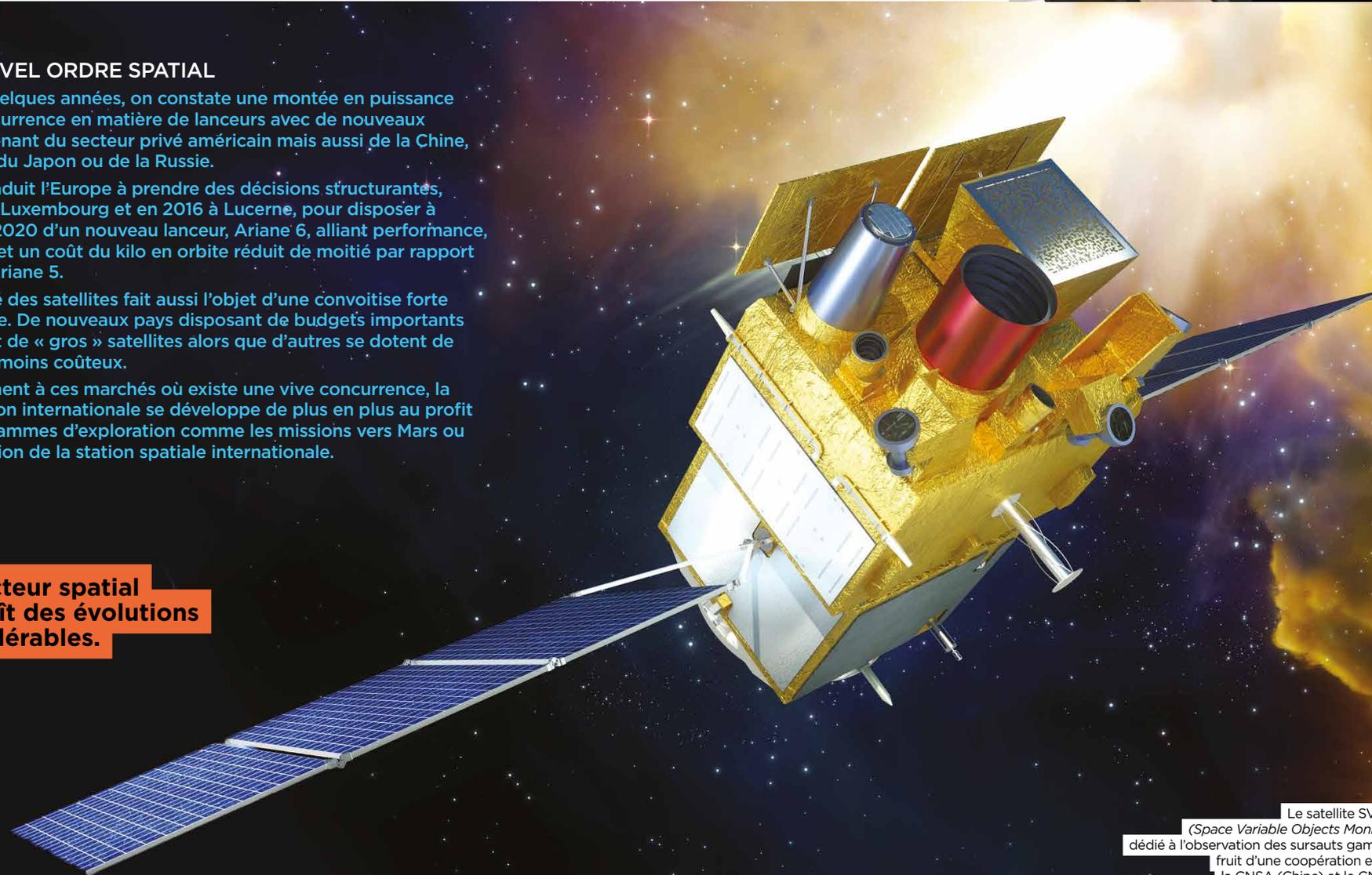
Les choix des grands opérateurs de télécommunications attestent de l'émergence d'une nouvelle génération de satellites autour de 4,5 à 5,5 tonnes, équipés de propulsion électrique. Cette orientation nouvelle a orienté la définition du programme Ariane 6.

NewSpace

Les agences spatiales ne sont plus les seules à investir dans le secteur. De nouveaux venus, issus du monde de l'Internet, font partie de la centaine d'entreprises privées, américaines pour la plupart, regroupées sous le terme de *NewSpace*. Derrière ces ambitions assumées, deux objectifs : connecter et observer. Face à cette nouvelle concurrence, une seule réponse pour la France et l'Europe, l'innovation.

Lanceurs : baisse des coûts, projets multiples

Avec de nouveaux choix de conception, des architectures simplifiées et un processus de production optimisé, la concurrence est rude dans le secteur des lanceurs. Pour rester compétitive, l'Europe spatiale a décidé de répondre avec Ariane 6. Un dossier amplement porté par le CNES et la France.



Le satellite SVOM (Space Variable Objects Monitor) dédié à l'observation des sursauts gamma, fruit d'une coopération entre la CNSA (Chine) et le CNES.

L'Europe, l'ESA, la Commission européenne

35 000

**EMPLOIS
GÉNÉRÉS EN
EUROPE PAR
LE SECTEUR
SPATIAL.**

Depuis 1975, l'Agence spatiale européenne (ESA) est chargée par ses États membres de conduire la politique spatiale européenne. Regroupant aujourd'hui 22 États Membres, elle a pour premiers contributeurs la France et l'Allemagne, respectivement représentées par le CNES et le DLR, l'agence spatiale allemande. À ce titre, le CNES garantit l'accès indépendant de l'Europe à l'espace et contribue à la préparation des nouvelles générations de systèmes spatiaux et au développement d'une stratégie de coopération internationale.

La politique spatiale figure dans les responsabilités de l'Union Européenne. La Commission européenne s'implique, avec le CNES et l'ESA, dans les deux programmes phares de l'Europe : Galileo pour la géolocalisation et Copernicus pour l'étude de l'environnement.

**L'Europe
est la deuxième puissance
spatiale mondiale.**



Jason CS
remplacera Sentinel 3.

Lucerne : lanceurs, ExoMars, station, satellites...

En coopération européenne ou internationale, le CNES et ses partenaires développent divers instruments pour les grandes missions martiennes de demain. A l'occasion de sa dernière Conférence ministérielle tenue à Lucerne, fin 2016, l'ESA a confirmé le financement d'ExoMars. Ce programme permettra à l'Europe de poser sur Mars un rover doté d'instruments scientifiques uniques au monde, avec l'objectif de détecter les traces d'une éventuelle vie passée sur la planète rouge.

Infrastructures : lanceurs, sciences, applications, exploration

D'autres projets au niveau de l'ESA sont en cours et intéressent les lanceurs, le développement des sciences, des applications et l'exploration.

Galileo, Copernicus, Horizon 2020

Ces projets contribuent à maintenir l'Europe à sa deuxième place de puissance spatiale au niveau mondial. Les succès de Galileo (annonce des services initiaux avec 18 satellites en orbite) et Copernicus (programme PEPS pour le libre accès aux données des satellites Sentinel) le démontrent amplement.

Stratégie spatiale européenne : consolider le socle des nouvelles idées

Alors que le dixième astronaute français de l'ESA, Thomas Pesquet, est parti pour six mois à bord de la station, la poursuite de la participation de l'Europe à son exploitation jusqu'en 2024 a également été décidée à Lucerne. Cela témoigne de l'attachement de l'Europe, partenaire des Etats-Unis, de la Russie, du Japon et du Canada, à l'exploration habitée.

Investisseur : nouvelles responsabilités, nouveaux risques

Quand fin 2014, l'Europe décide d'engager Ariane 6, elle en appelle à une restructuration du secteur des lanceurs. Pour atteindre la compétitivité visée, elle recommande de simplifier la filière et d'accroître l'implication financière de l'industrie, de la production à la commercialisation.





LE CNES : son rôle et ses missions

Le CNES joue un rôle clé sur la scène spatiale nationale, européenne et internationale en étant à la fois une force d'impulsion, un moteur de proposition et un centre d'expertise technique pour la conception, le développement et l'exploitation des systèmes spatiaux.

Si certains programmes sont réalisés à l'échelle nationale, la plupart d'entre eux voient le jour dans le cadre de coopérations au-delà de nos frontières. C'est ainsi que le CNES défend les intérêts de la France, qu'il représente au Conseil de l'ESA. Partenaire de plusieurs sociétés commerciales, il apporte le soutien de l'Etat à des activités stratégiques. Né pour mettre en place la politique spatiale de la France et fidèle à sa vocation, le CNES invente en permanence l'espace de demain. Après avoir conçu hier la famille Ariane, ses équipes rassemblent aujourd'hui l'Europe autour d'Ariane 6 et elles étudient déjà les grands projets de demain.

L'industrie

Au carrefour des mondes de la recherche et de l'industrie, le CNES soutient l'industrie, grands maîtres d'œuvre comme petites entreprises, dans la conquête des marchés à l'exportation. Une quarantaine de projets sont en permanence à l'étude ou en cours de réalisation, qu'il s'agisse de satellites, de lanceurs, de systèmes complets ou de sous-systèmes.

Innovateur

Le CNES et la SNCF travaillent à trouver des solutions innovantes pour le rail. Ces innovations font l'objet d'un accord de partenariat qui devrait faciliter la vie des voyageurs et des citoyens.

La recherche

Le CNES collabore aussi avec les organismes scientifiques. La recherche et l'innovation sont des réponses aux besoins de compétitivité de l'industrie spatiale française et européenne. Que ce soit avec l'ONERA, le CNRS ou encore le CEA, ces partenariats vont s'intensifier. La santé en fera partie. C'est ainsi qu'en 2016, le CNES a signé un accord-cadre avec l'INSERM.

2 500

COLLABORATEURS DU CNES, FEMMES ET HOMMES PASSIONNÉS PAR CET ESPACE QUI OUVRE DES CHAMPS D'APPLICATION INFINIS, INNOVANTS, UTILES À TOUS.

Le 2^{ème} budget au monde

Avec 35 € par an et par habitant, le budget que la France consacre aux activités spatiales civiles est le deuxième au monde, après celui des États-Unis (50 €) mais avant ceux de l'Allemagne (20 €) ou du Royaume-Uni (8 €).

Montant du budget 2017

2 334 M€

- Contribution à l'ESA : **833 M€**
- Programme national : **728 M€**
- Programme d'Investissements d'Avenir : **91 M€**
- Ressources propres : **682 M€**



Le CNES est à l'initiative de tous les projets spatiaux conduits par la France.

4 centres d'excellence

À **Paris Les Halles**, les collaborateurs du Siège élaborent la politique spatiale de la France et de l'Europe, bâtissent et coordonnent les programmes du CNES, qu'ils soient conduits dans un cadre national, européen ou international.

À **Paris Daumesnil**, la Direction des lanceurs (DLA) préside depuis plus de 40 ans aux destinées des lanceurs Ariane. Ses spécialistes sont plus que jamais engagés dans l'avenir du lanceur européen au sein d'une équipe intégrée avec l'ESA.

Le **Centre spatial de Toulouse (CST)** est le plus grand centre technique et opérationnel du CNES. Ses ingénieurs imaginent, étudient, conçoivent,

développent, réalisent, mettent à poste, contrôlent et exploitent les systèmes orbitaux. Ils sont aussi en charge d'aider au développement de l'utilisation des données spatiales pour le bénéfice de tous et d'imaginer le spatial de demain dans un souci d'innovation et de créativité.

Les équipes du **Centre spatial guyanais (CSG)** sont chargées de réaliser les lancements de la gamme des lanceurs européens. Idéalement situé à proximité de l'équateur, le port spatial de l'Europe est un atout majeur du programme spatial européen.

1961

Création du CNES.

1965

La France, 3^{ème} puissance spatiale avec le lanceur Diamant et le satellite Astérix.

1979

1^{er} lancement d'Ariane au CSG.

1986

Spot ouvre la voie à l'observation spatiale.

1995

Hélios anticipe les crises mondiales et soutient les missions opérationnelles.

2003

Ariane 5 entame une série de 76 lancements réussis d'affilée (à fin 2016).

2006

CoRoT découvre des planètes à l'extérieur du système solaire.

2014

Rosetta-Philae atteint la comète Tchouory après un voyage de 10 ans.

2015

Le spatial au service du changement climatique durant la COP21, à Paris.

2016

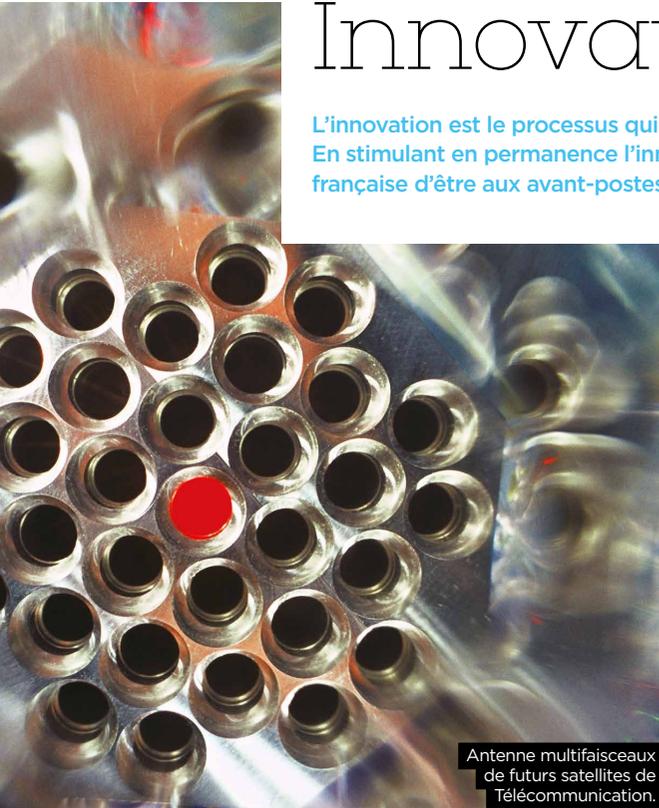
Création d'une Direction de l'Innovation au CNES.

2017

Le spatial entre dans l'ère numérique.

Innovation

L'innovation est le processus qui adapte et transforme les technologies établies. En stimulant en permanence l'innovation spatiale, le CNES permet à l'industrie française d'être aux avant-postes dans la compétition économique internationale.



Antenne multifaisceaux de futurs satellites de Télécommunication.

L'espace, un moyen plus qu'une finalité

Depuis 1961, innover a toujours été le caractère premier du CNES. C'est avec d'autant plus de conviction qu'il impulse aujourd'hui, en partenariat avec l'industrie et les institutionnels, une dynamique de transformation du secteur spatial. C'est dans ce cadre que se situe le contrat d'objectifs et de performance *Innovation & Inspiration*.



Nous sommes, avant tout, une machine à inventer.

Une Direction dédiée

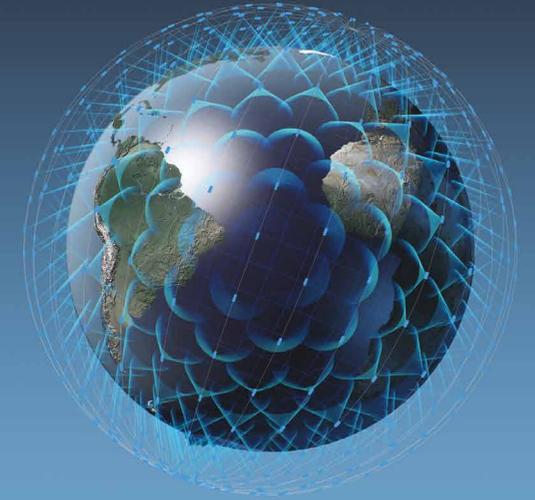
Depuis 2016, la nouvelle Direction de l'Innovation, des Applications et de la Science joue un rôle central dans la stratégie du CNES. Constituant la réponse du CNES au contexte actuel, ces agitateurs d'idées ont pour principale mission de recenser, susciter, développer, accompagner, dynamiser et renforcer toutes les capacités d'innovation et les créativité. Autrement dit, créer des synergies entre tous les utilisateurs présents et à venir des technologies de l'espace.

De nouveaux acteurs : autres origines et autres méthodes

Pour mettre en œuvre une stratégie de « booster économique », le CNES intègre les évolutions du monde spatial. Il crée des solutions satellitaires en réponse aux enjeux de notre société et aux besoins régaliens. Il vise l'amélioration de la connaissance scientifique de notre planète et de notre Univers. Il crée des passerelles entre tous les acteurs.

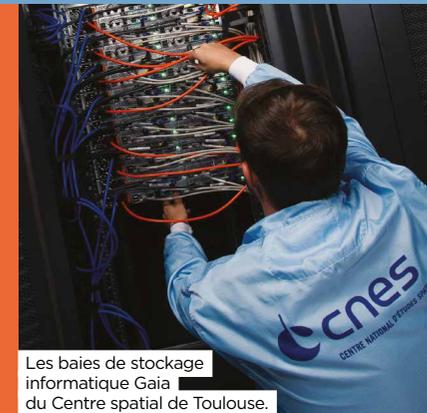


Nous avons engagé plusieurs projets de nouvelle génération dans chacune de nos filières d'excellence.



Approches disruptives : Low Cost et constellations

Avec des méthodes héritées de la nouvelle économie, de nouveaux opérateurs déploient des approches disruptives dans un secteur auparavant très fermé. À partir du socle technologique existant, certains proposent de nouveaux concepts. D'autres troquent la taille pour le nombre pour envoyer des flottes de micro et nano satellites.



Les baies de stockage informatique Gaia du Centre spatial de Toulouse.

En marche avec la révolution numérique

À l'heure du *Big Data*, le déluge de données de missions comme Gaia (astrométrie spatiale) ou Sentinel (observation de la Terre) a imposé un saut technologique dans les systèmes de gestion des données tels ceux utilisés par les géants du Web. Pour y répondre, le CNES a fait évoluer son système d'information, en étroite collaboration avec les structures chargées des projets spatiaux.

10

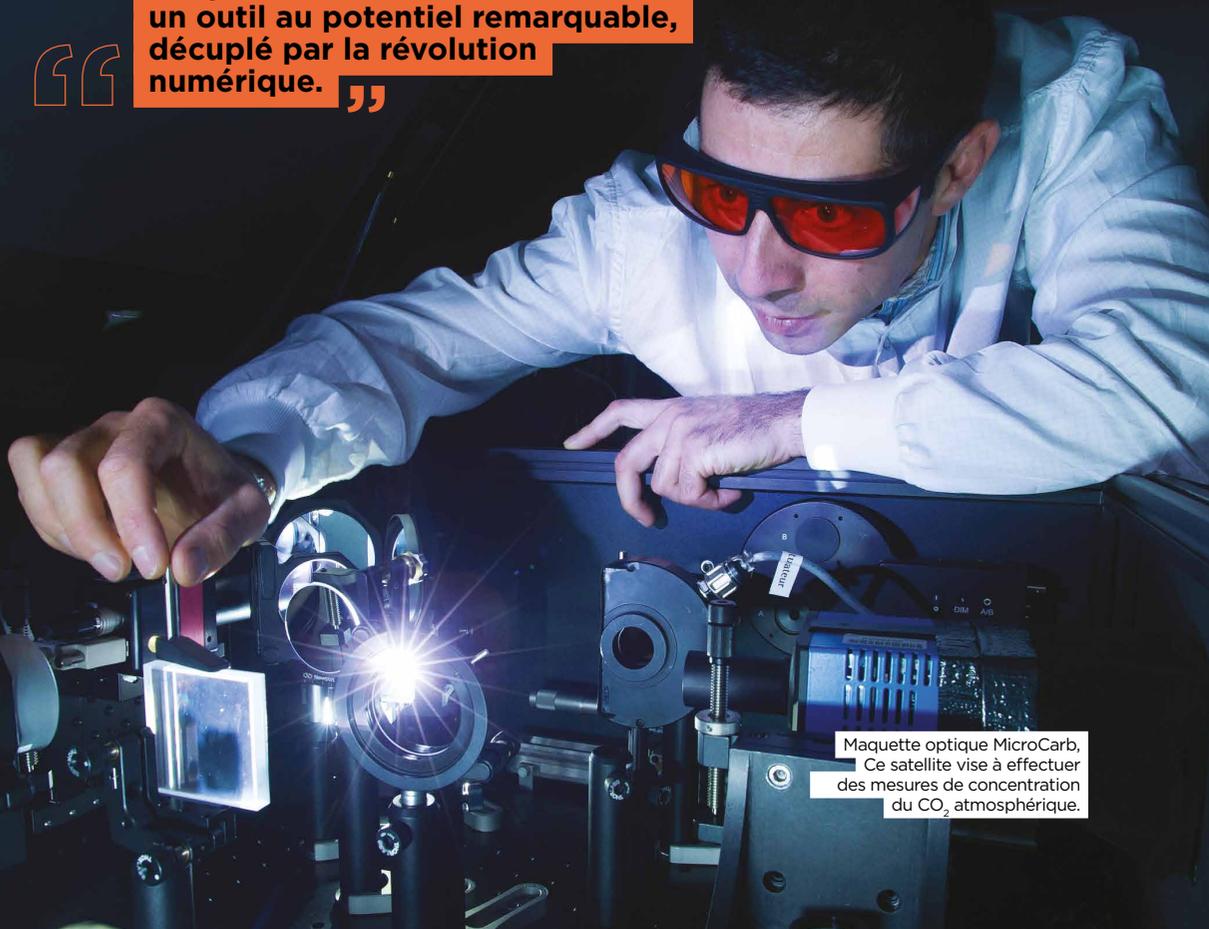
TECHNOLOGIES CLÉS

POUR L'ESPACE DE DEMAIN ONT ÉTÉ PRÉSENTÉES PAR LES EXPERTS DU CNES LORS DE LA PREMIÈRE JOURNÉE DE L'INNOVATION DU CNES, ORGANISÉE EN 2016, DONT LES MATÉRIAUX COMPOSITES ET THERMOPLASTIQUES, LES ERGOLS VERTS HAUTE DENSITÉ, L'OPTIQUE ACTIVE OU ENCORE L'UTILISATION DU *BIG DATA* POUR LES APPLICATIONS SPATIALES.

Climat

Le changement climatique est une réalité que nous devons affronter. La solution passe par mesurer avec précision les facteurs de ce phénomène, comme la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère et par observer les conséquences sur les températures et les océans. Les satellites sont les meilleurs instruments pour de telles mesures.

L'espace est devenu un outil au potentiel remarquable, décuplé par la révolution numérique.



Maquette optique MicroCarb, Ce satellite vise à effectuer des mesures de concentration du CO₂ atmosphérique.

26

VARIABLES CLIMATIQUES
SUR 50 NE PEUVENT ÊTRE MESURÉES QUE DEPUIS L'ESPACE.

Une vraie nécessité : partage des données et des résultats

Étudier notre climat pour maîtriser le réchauffement climatique, qui nous concerne tous, est une tâche d'ampleur planétaire. Coopération et coordination internationales sont autant de mise que le partage des données et des résultats est une vraie nécessité.

Le CNES incontestable : l'agence spatiale du climat

Le CNES est aussi devenu l'agence spatiale du climat depuis le 12 décembre 2015 à Paris, où la COP21 s'est clôturée par un accord universel historique pour lutter contre le réchauffement climatique. À l'initiative du CNES, en avril 2016 à New Delhi, les chefs d'agence spatiale ont approuvé une déclaration commune dans laquelle ils s'engagent à développer des satellites pour mesurer les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. C'est le cas des projets MicroCarb et Merlin pour mesurer les concentrations de dioxyde de carbone et de méthane. Et en novembre 2016, la déclaration de Marrakech discutée à la COP22, a conforté le rôle du spatial dans la préservation du climat, notamment dans le domaine crucial de la gestion de l'eau.



Un nouvel écosystème mondial

Pour lutter contre les gaz à effet de serre, de nombreux pays se sont lancés dans la réalisation de satellites dédiés. Ce nouvel écosystème témoigne d'une prise de conscience générale. Avec MicroCarb et Merlin, le CNES joue pleinement son rôle. Toutes ces missions permettront d'établir une cartographie précise des gaz à effet de serre.



5

INSTRUMENTS FRANÇAIS
ÉQUIPERONT LA MISSION
EUROPÉENNE JUICE
D'EXPLORATION DU SYSTÈME
DE JUPITER ET DE SES
LUNES GLACÉES.
LE CNES EST RESPONSABLE
D'UN INSTRUMENT (MAJIS)
ET PARTICIPE
AU DÉVELOPPEMENT
DES AUTRES.



Aux origines

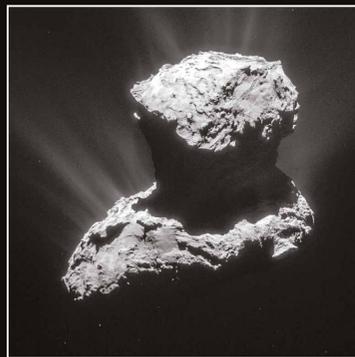
Après 10 ans de voyage dans le système solaire, la sonde Rosetta a largué en novembre 2014 son petit atterrisseur Philae sur une comète à 510 millions de kilomètres de la Terre ! Au chapitre des performances technologiques les plus poussées, la mission européenne a ainsi réussi la prouesse de fournir des données à partir de la surface même du noyau d'une comète, révélant notamment que si l'eau terrestre ne provient pas de ces astres « primitifs », ceux-ci recèlent par ailleurs des ingrédients nécessaires à l'apparition de la vie.

Suite de la station

Selon la NASA, le voyage vers Mars est désormais considéré comme la suite de la station et on travaille désormais, dans le public comme dans le privé, sur une nouvelle conquête de l'espace. Dans la mouvance technologique et commerciale, on tend d'une part, à la miniaturisation et à l'intelligence embarquée et d'autre part, à la baisse du coût des satellites et des lancements.



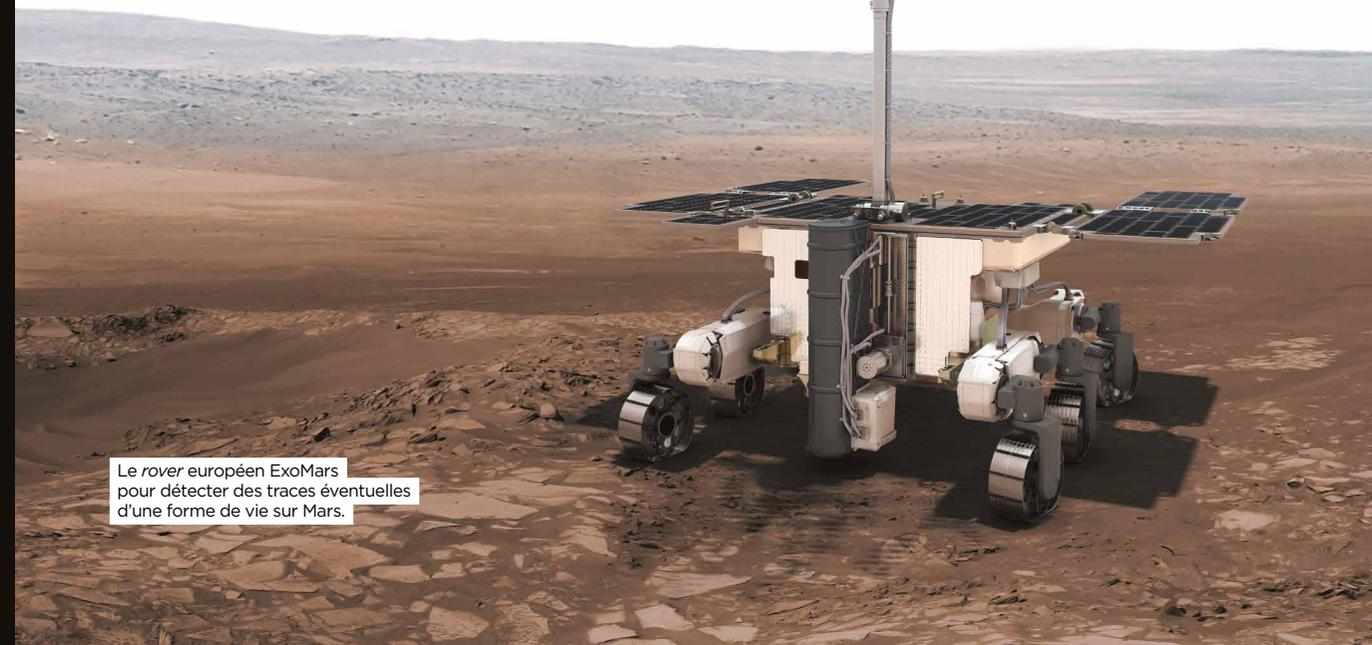
Rosetta-Philae a forcé l'admiration de la communauté internationale.



Exploration

L'Univers recèle de formidables énigmes que l'humanité tente de percer. Du premier « lance-satellites » français au spectaculaire succès européen de Rosetta-Philae, le CNES est un conquérant du cosmos.

Dans le contexte actuel où le coût des satellites et des lancements diminue tandis que les lanceurs sont plus puissants, l'influence du *NewSpace* et l'avènement du numérique ouvrent les portes d'une exploration riche de promesses. Les équipes du CNES s'investissent comme au premier jour dans les missions les plus ambitieuses, de celles qui ne peuvent voir le jour qu'en coopération internationale.



Le rover européen ExoMars pour détecter des traces éventuelles d'une forme de vie sur Mars.

50%

DE RÉDUCTION DU COÛT DE LANCEMENT AU KILO D'ARIANE 6 PAR RAPPORT À ARIANE 5. POUR RÉDUIRE LES COÛTS RÉCURRENTS, ARIANE 6 SERA ASSEMBLÉ À L'HORIZONTALE ET NE SERA ÉRIGÉ QU'EN ZONE DE LANCEMENT.

Lanceurs



COMMENT RESTER NUMERO 1 MONDIAL ?

Pour rester compétitive sur le marché des lancements commerciaux où elle est Numéro 1, l'Europe spatiale a décidé en 2014 de réinventer le programme Ariane avec Ariane 6, un dossier amplement porté par la France. Sous la maîtrise d'ouvrage de l'ESA, les équipes intégrées avec le CNES et les industriels mutualisent les technologies et les expériences acquises avec Ariane et Vega. Il devrait en résulter une réduction significative des coûts de production et donc du coût du kilo en orbite. Capable de rallumer son étage supérieur, Ariane 6 sera mieux adapté aux nouvelles générations de satellites. Avec deux ou quatre accélérateurs à poudre, le nouveau lanceur offrira la souplesse que réclament les marchés gouvernementaux et commerciaux.

Exploitation : construction ELA4 et efficacité CSG

En Guyane, le CNES, responsable du développement des moyens sol de lancement au CSG, construit le nouvel Ensemble de Lancement d'Ariane 6, l'ELA4. Le CSG, qui met en œuvre trois systèmes de lancement depuis 2011, confirme son savoir-faire et son efficacité. Le CNES adapte le Banc d'Essai des Accélérateurs à Poudre (BEAP) en prévision des essais de qualification du P120C, le nouvel étage à poudre commun à Ariane 6 et Vega-C.

Ariane 6 et Vega-C

Parallèlement à Ariane 6, l'Europe a décidé de faire évoluer quelque peu son lanceur léger Vega pour mieux répondre aux besoins gouvernementaux. Les deux lanceurs ont en commun le P120C, un étage à propulsion solide qui sera aussi bien le corps principal de Vega-C qu'un booster d'Ariane 6.



Ariane 6, nous l'avons rêvé, l'Europe va le faire.



Le réutilisable

Le CNES examine l'éventualité d'un lanceur réutilisable. Différentes méthodes de récupération sont à l'étude. Avec des technologies et un *design* novateurs, la date d'essai du démonstrateur Callisto est fixée à 2019.

Prometheus, un moteur à très bas coût

Le CNES, en partenariat avec l'ESA et Airbus Safran Launchers, prépare le développement du moteur Prometheus. Réutilisable, le démonstrateur est radicalement différent dans sa conception des moteurs actuels. Doté d'une propulsion au méthane qui permet une simplification de la définition, des réservoirs, des étages et de la mise en œuvre du lanceur, ce sera un moteur à très bas coût qui offrira 100 tonnes de poussée. Testé en 2019, il constituera le socle du développement de nouveaux moteurs des futurs lanceurs.





La coopération scientifique est inscrite dans l'ADN du CNES.

Sciences

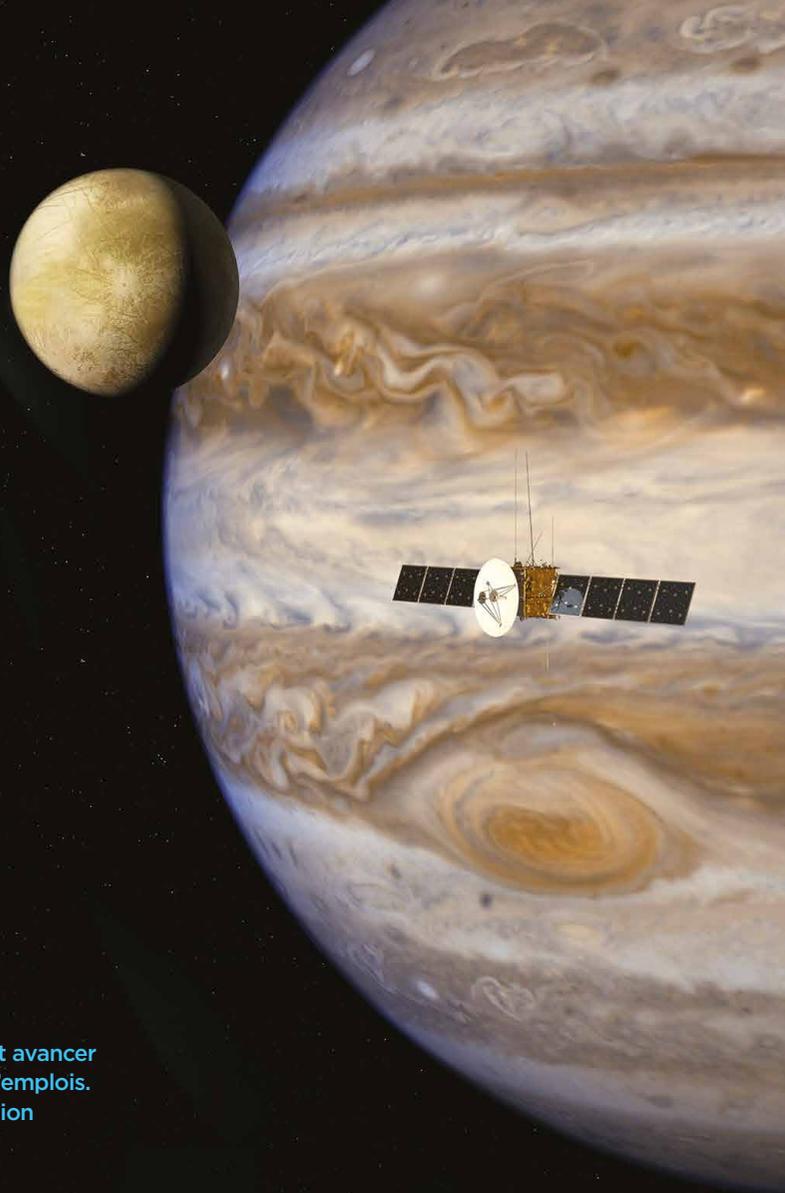
Les sciences nous font incontestablement avancer et conduisent à la création de valeur et d'emplois. Elles sont au cœur de la mission, de la vision et de la stratégie du CNES.

L'espace, le nouvel eldorado des scientifiques

Loin de l'activité terrestre, des poussières atmosphériques et surtout des perturbations liées à la gravité, l'espace est un laboratoire de recherche idéal qui ouvre le champ de tous les possibles. Mettant à l'épreuve les théories d'Einstein, des projets comme Pharaon et Microscope, menés de bout en bout par le CNES, pourraient révolutionner notre compréhension de l'Univers et ouvrir la voie à une nouvelle physique.

En partenariat

Dans le domaine des sciences de l'Univers et de la Terre, le CNES innove pour percer les secrets de notre Univers et de l'émergence de la vie. De telles missions spatiales font souvent l'objet de partenariats entre agences, organismes de recherche et industrie.



Le satellite Microscope en chambre anéchoïque pour des essais radio-fréquence (RF).



Hors Europe : Etats-Unis, Inde, Chine, Japon, Russie, pays émergents...

Microscope

Mené en coopération européenne, **Microscope** a pris place sur un microsatellite de la famille Myriade du CNES. Expérience de physique fondamentale, Soyouz l'a emporté depuis la Guyane vérifier la théorie de la relativité générale. Maître d'ouvrage du projet, le CNES est aussi responsable du centre de contrôle.

Instruments (Mars2020-SuperCam, SVOM)

La mission franco-chinoise **SVOM** consiste à détecter et à étudier des sursauts gamma, les phénomènes les plus énergétiques de l'Univers. Le CNES est responsable de la fourniture de deux des quatre instruments, du déploiement et des opérations du réseau VHF au sol. La coopération internationale doit encore s'intensifier pour poursuivre certains programmes d'exploration (Mars 2020, SuperCam...) ou la gestion de la station spatiale internationale. De nouvelles voies de coopération sont également en cours d'étude avec de nombreux venus sur la scène spatiale.

Europe : ESA

La mission européenne **Euclid** étudiera l'énergie noire. Elle mobilise des équipes dans une douzaine de laboratoires spatiaux français pour développer instruments et segment sol.

Athena est un observatoire spatial de l'ESA pour étudier « l'Univers chaud et énergétique ». Le CNES prend en charge, avec des laboratoires, la réalisation de l'instrument XIFU, un spectromètre qui fournira des images de grande précision.



Observation

ENVIRONNEMENT MONDIAL ET COMPÉTITIVITÉ

La Terre est notre vaisseau spatial et son observation constitue une priorité de la politique spatiale française. Mais si le climat est la préoccupation de tous, les idées ne manquent pas et l'environnement constitue un espace d'enjeux et de compétitivité. Grâce au système Pléiades, les industriels français ont conquis la première place sur le marché export des systèmes d'observation optique de la Terre à haute résolution. Le maintien du leadership technique et commercial dans ce secteur passe par un effort accru de soutien à l'innovation.



Seuls les satellites peuvent apporter des solutions à l'échelle de la planète.



Le CNES est passé au rang d'agence spatiale du climat.

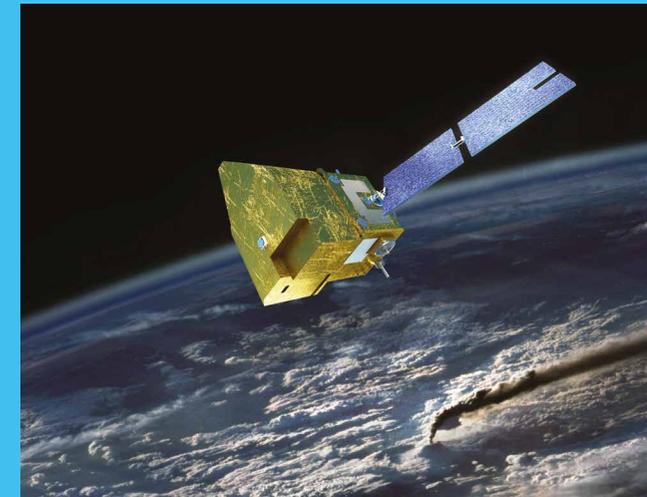
MERLIN

Dans le sillage de la COP21, la France et l'Allemagne s'associent pour développer la mission Merlin. Ce concentré de technologies, dont la nouvelle plateforme Myriade Evolutions du CNES, mesurera la concentration du méthane dans l'atmosphère avec une grande précision.



Jason et SWOT

Quand la NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) et Eumetsat, les agences américaine et européenne de climatologie et d'océanographie, renouent pour préparer le successeur de Jason, le CNES et la NASA font de même. Ils innovent avec l'altimétrie interférométrique du programme SWOT. Grâce à l'interféromètre large fauchée KaRIn, la mission fournira des données altimétriques avec une résolution décimétrique sur les surfaces continentales et kilométrique en pleine mer.



MicroCarb

Détectant les émissions de gaz carbonique avec une grande précision, MicroCarb permettra de mieux comprendre les grands écosystèmes et d'améliorer notre connaissance du bilan carbone à l'échelle régionale. Ce projet vise également à préparer une stratégie et une vision à long terme, dans le cadre du programme européen Copernicus. La première tranche du projet a été financée par le Programme d'Investissements d'Avenir (PIA) et les phases suivantes font l'objet de partenariats européens.



30

SATELLITES
CONSTITUERONT
À TERME LA
CONSTELLATION
EUROPÉENNE
DE NAVIGATION
GALILEO.



**Nous avons contribué
à mettre l'industrie
française sur la propulsion
électrique des satellites
de télécommunications.**

Télécommunications



Le marché des satellites de télécommunications, l'une des filières d'excellence française, connaît une période très dynamique liée à l'explosion des besoins de connexion à Internet. Les technologies conçues par le CNES permettent toujours plus de nouveaux services comme l'Internet à haut débit, la télévision haute définition, la mobilité et la géolocalisation avec Galileo. Pour continuer à faire la course en tête, le CNES investit massivement dans la propulsion électrique.

Propulsion électrique

Projet essentiellement financé par le PIA, le CNES développe les plateformes Neosat en partenariat européen. Plus performantes, plus légères et moins chères, elles utilisent la propulsion électrique tout en incluant de nombreuses innovations technologiques. Les premiers satellites « Neo » ont été commandés à l'industrie pour une mise en orbite avant 2020.

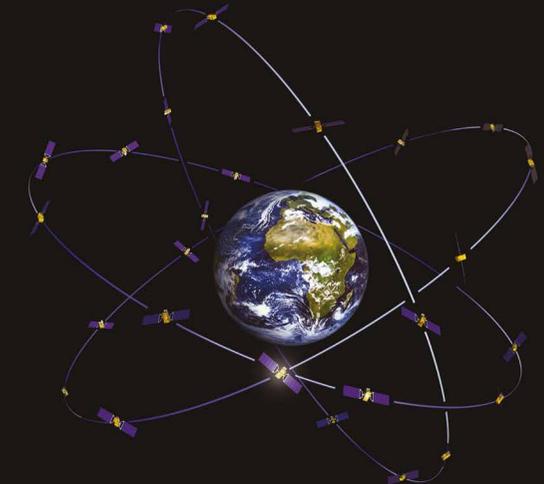
Complémentaire à Neosat, le programme de recherche et développement GEICO s'intéresse à leur charge utile avec des innovations permettant de véritables ruptures technologiques ou commerciales.

Charges utiles optiques

THDSat utilise un domaine du spectre électromagnétique jusqu'ici peu utilisé par les satellites de télécommunications. Il permettra de compléter idéalement la couverture par fibre optique, dont le déploiement dans certaines zones rurales ou isolées reste complexe. Financé par le PIA, le programme vise la mise en place d'une filière industrielle nationale capable de proposer aux opérateurs des réseaux d'accès très haut débit à Internet par satellite.

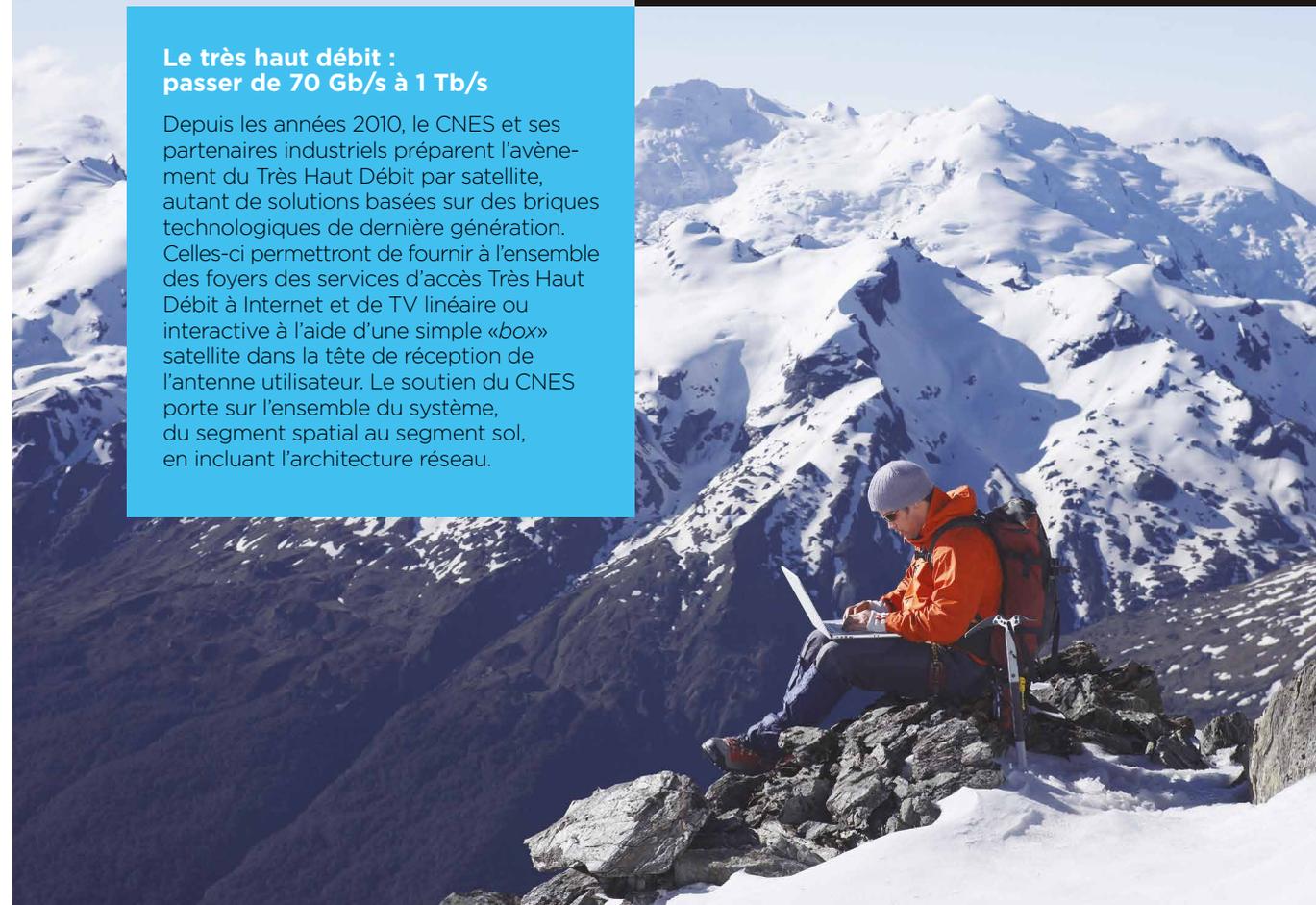
Réduction des coûts

Avec l'arrivée de projets ambitieux et notamment les constellations de satellites, l'enjeu économique consiste à diviser par 5 le coût du Gb/s. Le CNES accompagne les industriels et les fournisseurs de services français dans la conception et le développement de ces nouvelles technologies, fixes et mobiles, sur lesquelles se joue leur compétitivité.



Le très haut débit : passer de 70 Gb/s à 1 Tb/s

Depuis les années 2010, le CNES et ses partenaires industriels préparent l'avènement du Très Haut Débit par satellite, autant de solutions basées sur des briques technologiques de dernière génération. Celles-ci permettront de fournir à l'ensemble des foyers des services d'accès Très Haut Débit à Internet et de TV linéaire ou interactive à l'aide d'une simple « box » satellite dans la tête de réception de l'antenne utilisateur. Le soutien du CNES porte sur l'ensemble du système, du segment spatial au segment sol, en incluant l'architecture réseau.





Défense

Observation optique à très haute résolution, renseignement d'origine électromagnétique et télécommunications hautement sécurisées contribuent à la paix et à la sécurité des citoyens. Le ministère de la Défense et le CNES financent des projets de R & T afin de concevoir des systèmes spatiaux performants, fiables et au meilleur coût au profit des forces françaises, tout en maintenant les industriels au plus haut niveau de compétitivité. Une protection réalisée également dans le cadre d'une coopération à l'international avec les pays européens et les États-Unis.

Une réponse unique pour un usage dual

Les enjeux consistent à répondre aux besoins de la Défense et à faire bénéficier les acteurs civils de leur exploitation : sécurité, cartographie, imagerie, télécommunications... Une telle démarche corrobore l'objectif d'accroître la compétitivité des filières d'excellence, en particulier l'observation optique très haute résolution.



Programmes en cours

CSO

CSO désigne la Composante Spatiale Optique du futur système d'imagerie optique et radar MUSIS, qui doit assurer à partir de 2019 la succession du système HELIOS 2. Italie et Allemagne renouvelleront en parallèle la composante radar. La constellation de trois satellites sera plus réactive, sa capacité d'acquisition et sa manœuvrabilité seront accrues. Leur charge utile permettra l'acquisition d'images à extrêmement haute résolution de jour et en infrarouge de nuit. Après en avoir assumé la maîtrise d'ouvrage par délégation de la DGA (Direction générale de l'armement), le CNES assurera le pilotage des satellites depuis le tout nouveau centre de programmation et de commandement à Toulouse.

CERES

La mission CERES doit doter les forces armées d'une capacité de Renseignement d'Origine ÉlectroMagnétique (ROEM). Le système permettra à la France de collecter, à l'horizon 2020, sans contrainte juridique de survol et par tous les temps, du ROEM sur des zones inaccessibles par les capteurs de surface ou aériens.

Programmes en rupture

Syracuse

Le programme Syracuse IV a vocation à prendre le relais du système Syracuse III à partir de 2020. Il est basé sur deux satellites qui utiliseront des plateformes électriques de nouvelle génération. Outre son aptitude de communication en bande X, Syracuse IV possèdera de nouvelles capacités. Le CNES assume la responsabilité des pré-développements technologiques et il accompagne le développement du volet spatial du programme. Les technologies duales visent principalement l'amélioration des performances, la résistance aux interférences et la flexibilité de la charge utile Syracuse IV.

Otos

L'optique active est un procédé destiné à corriger les imperfections des miroirs principaux d'un télescope. Déjà utilisé en astronomie, son adaptation au spatial permettrait d'en industrialiser la fabrication et ainsi d'en réduire les coûts et les délais.



Depuis sa création en 1961, le CNES coopère avec le ministère de la Défense. Les derniers Livres blancs sur la défense et la sécurité nationale ont conforté la place du spatial dans les capacités nécessaires à nos forces armées.

Applications

Pêche, agriculture, BTP, sécurité, gestion des risques, aménagement du territoire et de ses ressources naturelles, surveillance et lutte contre les pollutions...
Autant de domaines utiles à toutes les communautés et susceptibles de bénéficier des technologies spatiales et pour lesquels le CNES a établi des contacts.

Au service de toutes les communautés utilisatrices du spatial

Développer pour produire

À peine plus grosse qu'une pièce de 20 centimes et développée en un temps record, le CNES a imaginé la micro caméra qui sera à bord du rover martien de la NASA en 2020. À partir d'une technologie dérivée de cette réalisation, la PME française Sodern a signé un contrat pour fournir les senseurs stellaires de 900 satellites.

Un foisonnement d'applications

Avec les progrès dans le numérique, la miniaturisation et l'intelligence embarquée, l'ouverture de l'espace génère une multitude de nouvelles entreprises, dans divers secteurs. Repérer des fuites sur un pipeline ou mesurer le taux d'occupation des parkings de supermarchés sont quelques-unes des applications imaginées.



Le CNES se doit d'être présent partout où ses technologies et les apports du spatial peuvent apporter de meilleurs résultats et créer des synergies.



Pour le développement de l'activité et la création de nouvelles sociétés

Plus de 600 personnes à CLS

Créée en 1986 par le CNES et l'IFREMER pour étudier l'océan grâce au système satellitaire Argos, la société CLS (Collecte Localisation Satellites) est aujourd'hui leader mondial de l'observation de la Terre par satellite et de la fourniture de services à valeur ajoutée (surveillance environnementale, gestion durable des ressources marines, sécurité maritime, suivi des courses en solitaire). En 30 ans, la TPE de 35 salariés est devenue un groupe international comptant 600 salariés à travers le monde, qui développent au quotidien des applications et des services au bénéfice de la planète et de ses habitants.

Accord avec GEOFLEX

Par l'accord de coopération signé le 18 juin 2016, le CNES concède à la société GEOFLEX une licence d'exploitation de l'ensemble de ses brevets liés à sa technologie *Precise Point Positioning (PPP)*, dans le but de commercialiser un service opérationnel et mondial de positionnement précis par satellite, au niveau centimétrique et en temps réel.

ESA BIC France

Dans le sillage de l'ESA, le CNES participe à un programme de soutien aux entreprises qui valorisent des données ou applications spatiales pour offrir de nouveaux services ou produits dans d'autres secteurs : le *Business Incubation Centre (BIC)*. En France, l'ESA BIC Sud France est un programme piloté par le pôle de compétitivité *Aerospace Valley*, associé au CNES et regroupe cinq incubateurs en régions. Depuis sa création en 2013, ce sont plus de 20 start-up incubées et 130 emplois créés.

Partenariat avec la SNCF

La SNCF et le CNES réfléchissent ensemble à des solutions innovantes pour le rail : modernisation du système de contrôle-commande grâce aux apports du système européen de navigation Galileo, connectivité à très haut débit des trains grâce aux nouveaux satellites en bande Ka, renforcement de la sûreté du réseau ferré grâce à l'imagerie optique, utilisation d'un radar pour la surveillance des voies et de leurs abords...

40

BREVETS SONT DÉPOSÉS PAR LE CNES CHAQUE ANNÉE, DONT SIX SONT RELATIFS À L'OPÉRATION #ACTINSPACE. CE QUI PLACE LE CNES À LA 35^E PLACE AU CLASSEMENT DES DÉPOSANTS INPI EN 2015, SOIT UNE PROGRESSION DE 10 PLACES PAR RAPPORT À L'AN PASSÉ.

Coopération



Le Programme International Cospas-Sarsat permet la localisation et le sauvetage par satellite.

Rosetta-Philae, Herschel-Planck, Soyouz au CSG,...
L'ensemble des coopérations françaises a contribué à de nombreux succès au cours des dernières années. Les prochaines coopérations seront marquées de grands noms comme Merlin, SWOT et CFOSat.

En amont de l'industrie

Coopération : enrichissement, effet de levier, diplomatie économique

Les relations internationales sont avant tout affaire de diplomatie, particulièrement s'agissant des activités spatiales qui, du fait de leur nature à la fois civile et militaire, possèdent une dimension stratégique évidente. Dans un esprit d'échange où chaque partie tire profit de façon équilibrée, le CNES développe une large palette de coopérations, de la mission spatiale à l'organisation de symposiums en passant par des travaux universitaires.

Installés à Washington, Moscou, Tokyo et Bangalore, quatre représentants du CNES renforcent la coopération avec ses partenaires de longue date. Chaque jour, au contact des secteurs spatiaux américain, russe, japonais et indien, ils assistent les ambassadeurs de France sur les questions spatiales.

Ariane 6, propulsion électrique, plateformes numériques, charges utiles optiques, ergols verts

Les projets en relation avec l'industrie ne manquent pas et font l'objet d'une attention particulière pour le CNES. Si on pense beaucoup au développement d'Ariane 6, la propulsion électrique constitue aussi un enjeu majeur. C'est également le cas des charges utiles optiques et des plateformes numériques, sans oublier les ergols verts qui constitueront une réponse essentielle au changement climatique de la planète. En devenant l'agence spatiale du climat en 2015, lors de la COP21, le CNES entend jouer pleinement son rôle.



Du fait du succès de nos programmes, une véritable volonté de coopérer avec le CNES s'est développée partout dans le monde.

Le CNES en mouvement

Étendre la coopération

L'espace est devenu un facteur de croissance économique et plus seulement une marque de souveraineté. Ambassadeur du spatial français, le CNES participe ainsi à de très nombreux colloques sur toute la planète et va à la rencontre de toutes les agences. Il conforte les liens avec les grandes puissances et définit un cadre de coopération avec de nouveaux acteurs émergents, notamment en Asie du Sud-Est, en Amérique du Sud ou en Afrique.

Approches disruptives

La coopération rassemble, renforce, permet d'échanger les connaissances et de rester au contact des nouveautés. En partageant les coûts et en mutualisant les compétences, elle accélère les développements et rend possible les projets les plus ambitieux. Au contact d'autres cultures et méthodes, elle favorise les approches disruptives dont nous avons besoin pour rester concurrentiels.

PIA3, Commission, Boosters...

Le gouvernement a décidé en mars 2010 de créer un Plan d'Investissements d'Avenir (PIA) pour préparer la France aux défis de demain, selon trois mots : excellence, innovation, coopération. Le PIA renouvelle en 2016 son engagement et finance les secteurs innovants nécessaires à la croissance et à l'emploi de demain, dont plusieurs programmes du CNES.

Véhiculer le réflexe France

Le CNES occupe le terrain pour que les partenaires internationaux aient un réflexe France et sollicitent les industriels français pour développer leurs applications spatiales.

1 500
EMPLOIS ONT PU ÊTRE CRÉÉS EN 2016 AU TITRE DE L'INSPIRATION. PLUS QU'UNE VALEUR, UN SOUFFLE POUR L'INDUSTRIE.



SWOT est une mission franco-américaine pour l'étude des surfaces d'eau océaniques et continentales.

50%

L'INDUSTRIE FRANÇAISE
GÉNÈRE ENVIRON LA
MOITIÉ DU CHIFFRE
D'AFFAIRES DÉGAGÉ PAR
LE SECTEUR SPATIAL
EUROPÉEN (6 MILLIARDS
D'EUROS PAR AN).

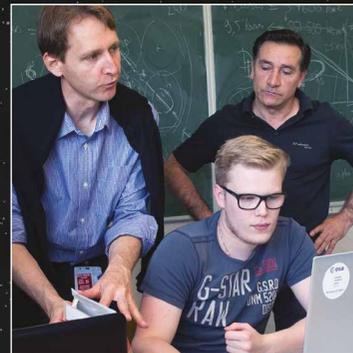
Inspiration

L'innovation que nous prônons est toute motivée par l'inspiration du monde en devenir. Au CNES de faire les bons choix et de préparer le futur dans les secteurs innovants très prometteurs ou permettant des ruptures technologiques génériques (micro et nanotechnologies, propulsion électrique, numérique...).

Pour cultiver le terreau économique indispensable, un axe important de développement de l'action du CNES consiste à faire émerger un écosystème aval exploitant les technologies et infrastructures spatiales. Il sera construit essentiellement en s'appuyant sur un tissu de PME et d'entreprises de taille intermédiaire, réactives face aux évolutions du marché, soutenues par des actions mises en œuvre avec les acteurs existants (CoSpace, pôles de compétitivité, incubateurs et accélérateurs, Bpifrance...).

#ActInSpace : 208 projets de startups en un week-end !

Tel est le résultat du défi lancé par le CNES et l'ESA : inventer en 24 heures un produit de demain à partir des données spatiales. Pour la deuxième édition en 2016, 896 candidats dans 24 villes et 12 pays ont répondu.



Mars, l'ultime frontière

Réalisant 62 expériences pour le compte de l'ESA et du CNES à bord de la station spatiale internationale, de novembre 2016 à mai 2017, Thomas Pesquet se fait l'ambassadeur français de l'exploration habitée. Avec en point de mire, le voyage vers Mars, cette nouvelle conquête de l'espace passera, en coopération internationale, par la maîtrise de certaines technologies avancées pour lesquelles le CNES se tient aux avant-postes.



Le climat

Fin septembre 2016 à Guadalajara (Mexique), le CNES a pris la présidence de l'IAF (*International Astronautical Federation*). Cette organisation qui regroupe des scientifiques, des universitaires, des représentants d'agences spatiales et de l'industrie du monde entier, accueille également depuis cette année des acteurs du *NewSpace*. Après les accords de Mexico et New Delhi, cette place privilégiée au cœur de la communauté spatiale mondiale renforce le CNES dans son rôle d'agence coordinatrice de la coopération internationale.

