



ARIANE

OBSERVATION

TELECOMMUNICATIONS

  
**cnes**  
CENTRE NATIONAL  
D'ÉTUDES SPATIALES

SCIENCES

DEFENSE

# “ Être au centre du jeu pour inventer l’espace de demain ”

*A pivotal player inventing the future of space*

”



**JEAN-YVES LE GALL • Président du CNES**  
MAI 2017

## **Le CNES investit de plus en plus le secteur des applications. Est-ce son rôle ?**

Accélérer le développement des applications et de l'écosystème spatial aval fait partie de notre Contrat d'objectifs et de performance « Innovation & Inspiration » que nous avons signé avec l'Etat pour la période 2016-2020. La création de la DIA et celle de la Direction de la Programmation, de l'International et de la qualité, également au 1<sup>er</sup> janvier, nous permettent de rester un organisme à forte valeur ajoutée dans tous les domaines du spatial.

## **Quel regard portez-vous sur le CNES en 2016 ? Quelles ont été les grandes avancées ?**

**P**our le CNES, 2016 restera comme l'année de l'innovation. Trois grandes initiatives sont à retenir. Tout d'abord, une évolution de notre organisation avec la création, en début d'année, de la Direction de l'Innovation, des Applications et de la science (DIA) qui a vocation à être force de proposition en contribuant activement à la préparation du futur dans le domaine des missions et des applications spatiales. A peine un mois plus tard, nous organisons notre première Journée de l'Innovation à Toulouse, au cours de laquelle nous avons abordé des thématiques nouvelles pour le CNES avec une approche « Bottom Up » plutôt que « Top Down ». Le succès a été considérable au point que nous avons renouvelé cet événement début 2017. Enfin, comme vous le verrez dans ce rapport d'activité, nous avons engagé des programmes en rupture au cœur de nos métiers dans nos cinq domaines d'activités : Ariane, Sciences, Observation, Télécommunications et Défense.

## **Peut-on dire que cette valeur ajoutée a pesé sur les décisions prises à la Conférence ministérielle européenne de Lucerne, en décembre dernier ?**

Oui. La France a réussi à convaincre les États membres de l'Agence spatiale européenne d'engager l'Europe dans un ambitieux programme, d'un montant de 10,3 milliards d'euros. Grâce au CNES qui a su fédérer les efforts de tous, scientifiques, agences et industriels, c'est l'Europe qui gagne. Côté lanceurs, au-delà du développement d'Ariane 6 et de Vega-C, nous préparons l'avenir avec le moteur Prometheus, à bas coût et potentiellement réutilisable. Pour les sciences, après le succès de la mise en orbite martienne de la sonde TGO, le programme ExoMars se poursuit pour permettre à l'Europe de poser un rover sur Mars en 2020. Nous continuerons aussi à participer jusqu'en 2024, à l'exploitation de la Station spatiale internationale à bord de laquelle séjourne notre compatriote Thomas Pesquet. Enfin, des financements conséquents ont été attribués aux programmes de R&T en télécommunications et observation, pour répondre aux deux enjeux planétaires que sont connecter et observer.

## La coopération qui est un axe fort du CNES est-elle amenée à s'intensifier ?

Le CNES est au centre d'une toile de coopérations et cette toile s'agrandit. Nous avons d'abord nos partenaires industriels qui mettent en œuvre nombre de nos innovations. Il faut savoir que 80 % du budget du CNES va à l'industrie, qu'il s'agisse des grands maîtres d'œuvre, des PME ou des sociétés de services. Ensuite, nos homologues du monde entier : le CNES est aujourd'hui l'agence spatiale qui a noué le plus grand nombre de partenariats au niveau mondial. Enfin, de nouveaux acteurs apparaissent avec lesquels nous travaillons dans le domaine des applications, comme la SNCF ou le secteur médical.

## Quels sont les grands enjeux pour 2017 ?

L'innovation et le développement des usages du spatial sont au centre de nos missions. Nous devons également poursuivre les projets spatiaux liés au changement climatique, à la suite de la COP21 puis de la COP22, qui ont fait du CNES l'agence spatiale du climat. Les satellites MicroCarb et Merlin, dédiés à l'étude des gaz à effet de serre, sont emblématiques de cet enjeu mondial. Comme l'est dans ce domaine, la Déclaration de New Delhi signée par 60 agences spatiales du monde entier, à l'initiative du CNES. En exploration et en sciences spatiales, Mars est plus que jamais la nouvelle frontière. En 2020, cinq missions issues de différents pays seront lancées vers cette planète. Au total, pour assumer un volant de responsabilités et un spectre d'activités de plus en plus importants, le CNES voit son budget augmenter de 10 % en 2017. Grâce à ces moyens remarquables, à ses programmes du meilleur niveau mondial et à l'extraordinaire compétence de ses collaborateurs, le CNES continue, en 2017, à être au centre du jeu pour inventer l'espace de demain.

## WHAT KIND OF YEAR WAS 2016 FOR CNES? WHAT MAIN ADVANCES DID IT ACHIEVE?

For CNES, 2016 was the year of innovation, with three key initiatives. We started by reorganizing the agency with a new Directorate of Innovation, Applications and Science (DIA) designed to be a driving force that will contribute actively to shaping future missions and space applications. Then, barely one month later, we organized our first Innovation Day in Toulouse, where we addressed new issues for the agency guided by a bottom-up rather than a top-down approach. That event was so successful that we held its second edition early in 2017. And last, as you'll see inside this annual report, we've engaged disruptive programmes in our five core domains that are Ariane, sciences, Earth observation, telecommunications and defence.

## CNES IS MOVING INCREASINGLY INTO THE FIELD OF APPLICATIONS. IS THAT ITS ROLE?

Stepping up the development of applications and the downstream space ecosystem is part of our 'Innovation & Inspiration' objectives and performance contract with the government for the 2016-2020 period. DIA and the new Directorate of Planning, International Relations and Quality (DPI), also created on 1 January, will enable us to continue delivering high added value across all areas of space.

## WOULD YOU SAY THIS ADDED VALUE INFLUENCED THE DECISIONS REACHED AT THE ESA MINISTERIAL CONFERENCE IN LUCERNE LAST DECEMBER?

Yes. France succeeded in convincing ESA's member states to engage Europe in an ambitious programme costing €10.3 billion. Europe stands to win from CNES's efforts to get the scientific community, agencies and industry behind this programme. In the field of launchers, besides developing Ariane 6 and Vega-C, we're laying the groundwork for the future with the potentially reusable low-cost Prometheus engine. In science, after the successful entry into Martian orbit of the Trace Gas Orbiter (TGO), the ExoMars programme is moving ahead to put a European rover on Mars in 2020. We'll also continue to contribute to operations on the International Space Station, where France's astronaut Thomas Pesquet is currently working, through to 2024. And significant funding has been approved for R&T programmes in telecommunications and Earth observation to meet the dual challenge of connecting and surveying the planet.

## COOPERATION IS A STRONG FOCUS FOR CNES. IS IT GOING TO BE STEPPED UP?

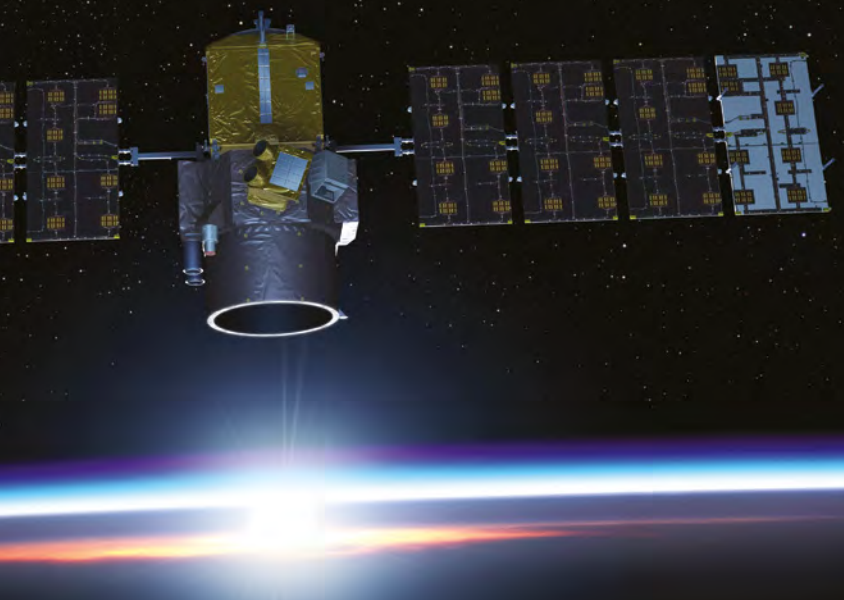
CNES is at the centre of an expanding web of partnerships. We're working with our industry partners who are giving form to many of our innovations. Indeed, 80% of CNES's budget goes to industry, through prime contractors, SMEs and service companies. We're also working with our fellow space agencies: CNES is today the space agency with the most partnership ties in the world. And lastly, new players are coming on the scene with whom we're collaborating to develop applications, like for example the French national rail operator SNCF and in the medical sector.

## WHAT ARE THE MAIN CHALLENGES FACING THE AGENCY IN 2017?

Innovating and developing space applications are our core missions. As a climate-focused agency, we must also pursue space projects designed to monitor climate change in the wake of the COP21 and the COP22. The MicroCarb and MERLIN greenhouse gas-monitoring satellites are emblematic in this respect, as is the New Delhi Declaration signed by 60 of the world's space agencies at CNES's initiative. In exploration and space science, Mars is more than ever the new frontier. In 2020, five new Mars missions from different space nations are set to be launched. To assume its increasingly broad spectrum of responsibilities and actions, CNES's budget for 2017 has been increased by 10%. With those kind of resources, our world-class programmes and hugely talented teams, we shall continue in 2017 to be a pivotal player inventing the future of space.

JEAN-YVES LE GALL • CNES PRESIDENT





# Sommaire

**CONTENTS**

02

**Édito / Foreword**  
JEAN-YVES LE GALL  
Président du CNES  
CNES President

06

**Missions & objectifs**  
Missions & goals

08

**Conseil d'administration**  
Board of Directors

10

**Stratégie et perspectives**  
Strategy and Outlook

12

**Le CNES dans son environnement**  
CNES's Role in the Space Programme

14

**Le CNES, agence du climat**  
A Climate-Focused Agency



16

**Innovation et applications**  
Innovation and applications

20

**Développement durable et RSE**  
Sustainable development and CSR

22 > 53

AXES D'INTERVENTION **DOMAINS**



**22**  
ARIANE  
ARIANE



**30**  
SCIENCES  
SCIENCES



**36**  
OBSERVATION  
OBSERVATION



**42**  
TÉLÉCOMMUNICATIONS  
TÉLÉCOMMUNICATIONS



**48**  
DÉFENSE  
DEFENCE

54

**Innovation et coopération**  
Innovation and cooperation

56

**Les centres / Centres**

58

**Mission informer**  
Outreach and Communication

62

**Mission recruter**  
Recruitment and Human Resources

64

**Mission financer**  
Financial





## SCIENCES

### OBSERVATION

La Terre est notre vaisseau spatial et son observation constitue une priorité de la politique spatiale française. Si le climat est une préoccupation majeure à l'échelle de la planète, les techniques et les idées doivent évoluer et passent nécessairement par un effort accru de soutien à l'innovation dans lequel le CNES joue un rôle important.

### TÉLÉCOMMUNICATIONS

Le marché des satellites de télécommunications, l'une des filières d'excellence française, offre toujours plus de nouveaux services comme l'Internet à haut débit, la télévision haute définition, la mobilité et la géolocalisation avec Galileo.





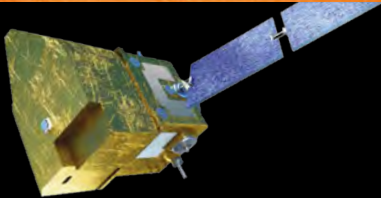
# Missions

## & OBJECTIFS

### ARIANE

L'autonomie d'accès à l'espace est un enjeu de souveraineté garanti par la gamme des lanceurs européens. Le futur lanceur Ariane 6, voulu par le CNES, sera mieux adapté à la nouvelle donne du marché des lancements.

Les sciences nous font incontestablement avancer dans la connaissance des origines de l'Univers, du système solaire, de la vie... Le CNES et la communauté scientifique jouent un rôle de premier plan dans ces découvertes.



### DÉFENSE

Observation optique, écoute électromagnétique, télécommunications sécurisées,... Le CNES collabore avec la Défense pour réaliser les outils spatiaux au profit de la paix et de la sécurité.

### MISSIONS & GOALS

#### ARIANE

Europe's range of launchers guarantees its independent access to space, a matter of national sovereignty. The future Ariane 6 launch vehicle proposed by CNES will be tailored to the new launch market context.

#### SCIENCES

Science indisputably advances knowledge of our origins, the Universe, the solar system and life. CNES and the scientific community play a key role in such discoveries.

#### OBSERVATION

Keeping watch over 'spaceship Earth' is a priority of France's space policy. Although climate is everyone's concern, technologies and ideas need to evolve by boosting innovation—an area where CNES plays a pivotal role.

#### TELECOMMUNICATIONS

The telecommunications satellite market—a domain where France excels—is offering ever more new services like broadband Internet, high-definition television, mobility and geolocation with Galileo.

#### DEFENCE

Optical imaging, signals intelligence and secure telecommunications are all areas where CNES is working with military authorities to develop satellite solutions promoting peace and security.

# Conseil d'administration

**DU CNES** MAI 2017

**CNES BOARD OF DIRECTORS**  
MAY 2017



**Président / President** • Jean-Yves Le Gall

## **Membres nommés en qualité de représentants de l'Etat** **Government representatives**

### **Jean-Luc Moullet**

- Représentant du Premier ministre  
*Representing the Prime Minister*
- Directeur de programme, Commissaire général à l'investissement  
*Programme Director, Commissioner General for Investment*

### **Marie-Hélène Vuillemin**

- Représentant du ministre chargé de la recherche, Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche  
*Representing the Minister for Research, Ministry of Higher Education and Research*

### **Pierre Valla**

- Représentant du ministre chargé de l'Espace, Ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche  
*Representing the Minister for Space, Ministry of Higher Education and Research*

### **Agnès Romatet-Espagne**

- Représentant du ministère des Affaires étrangères, Ministère des Affaires étrangères  
*Representing the Minister for Foreign Affairs, Ministry of Foreign Affairs*
- Directrice des Entreprises et de l'Economie internationale  
*Director, Business and Global Economy*

### **Arnaud Jullian**

- Représentant du ministre chargé du Budget, Ministère délégué du Budget  
*Representing the Minister for the Budget, Ministry of the Budget*
- Sous-directeur, chargé de la 3<sup>e</sup> sous-direction de la direction du Budget  
*Deputy Director, 3<sup>rd</sup> Budget Sub-directorate, Budget Directorate*

### **Cécile Dubarry**

- Représentant du ministre chargé de l'Industrie, Ministère de l'Economie et des Finances  
*Representing the Minister for Industry, Ministry of the Economy and Finance*

- Chef du service de l'économie numérique à la Direction générale des Entreprises  
*Head of Digital Economy Department at the Directorate General for Business*

### **Caroline Laurent**

- Représentant du ministre chargé de la Défense  
*Representing the Minister of Defence*
- Délégation générale pour l'Armement  
*French defence procurement agency (DGA)*

## **Membres choisis en raison de leur compétence dans le domaine d'activité du CNES** **Members appointed for their expertise in CNES affairs**

### **Edwige Bonnevie**

Directeur du pôle MR - Directeur central de la Sécurité - CEA  
*Director, Risk Management, Security Director CEA*

### **Sylvie Joussaume**

Directrice de recherche Laboratoire des Sciences du climat et de l'Environnement  
*Research Director, LSCE climate and environmental science laboratory*

### **Bruno Sainjon**

Président-directeur général de l'Onera  
*Chairman and CEO, ONERA*

### **François Jacq**

Président directeur général de l'Ifremer  
*Chairman and CEO, IFREMER*

## **Membres élus par les salariés** **Members elected by CNES employees**

**Carole Larigauderie**, Centre spatial de Toulouse  
*Toulouse Space Centre*

**Pierre Agogue**, Centre spatial de Toulouse  
*Toulouse Space Centre*

**Thierry Jamin**, Centre spatial de Toulouse  
*Toulouse Space Centre*

**Virginia Randado**, Centre spatial de Toulouse  
*Toulouse Space Centre*

**Anne Paradis**, Centre spatial guyanais  
*Guiana Space Centre*

**Vincent Leudière**, Direction des lanceurs Paris/Daumesnil  
*Launch Vehicles Directorate, Paris/Daumesnil*

## **Commissaire du gouvernement** **Government commissioner**

### **Thierry Bergeonneau**

- Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche  
*Ministry of Higher Education and Research*
- Chef du service Performance, financement et contractualisation avec les organismes de recherche (SPFCO) de la DGRI  
*Department head, Performance, Funding and Contracts with Research Organizations (SPFCO) at DGRI*



# Organigramme DU CNES MAI 2017

## CNES ORGANIZATION CHART • MAY 2017



**Pierre Amidey**  
Contrôleur  
général d'Etat  
*State Controller*



**Jean-Yves Le Gall**  
Président  
*President*



**Joël Barre**  
Directeur Général  
Délégué  
*Chief Operating  
Officer*

**Pierre Tréfouret**  
Directeur du  
Cabinet  
du Président  
*Chief of Staff,  
President's Office*



**Henry  
de Roquefeuil**  
Conseiller militaire  
Coordonnateur de  
l'équipe Défense  
*Military Advisor,  
Defence Team  
Coordinator*



**Jean-Luc Dumay**  
Agent comptable  
principal  
*Chief Accountant*

**Marie-Anne Clair**  
Direction des  
systèmes orbitaux  
*Orbital Systems*



**Antoine Seillan**  
Direction financière  
*Finance*



**Pierre Dentand**  
Direction  
des services  
comptables  
*Accounting*



**Geneviève  
Campan**  
Direction du  
Numérique, de  
l'Exploitation et  
des Opérations  
*Digital Technologies  
and Operations*



**Jean-Pascal  
Le Franc**  
Direction de  
la programmation,  
de l'international  
et de la qualité  
*Planning, Interna-  
tional Relations and  
Quality*



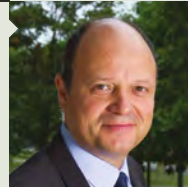
**Marie-Claude  
Salomé**  
Direction de  
la communication  
*Communication*



**Jean-Marc  
Astorg**  
Direction des  
lanceurs  
*Launch Vehicles*



**Lionel Suchet**  
Direction de  
l'innovation, des  
applications et  
de la science  
*Innovation,  
Applications and  
Science*



**Pierre Ulrich**  
Direction  
des ressources  
humaines  
*Human Resources*



**Didier Faivre**  
Direction du Centre  
spatial guyanais  
*Guiana Space  
Centre*



**Bernard Luciani**  
Fonctionnaire de  
sécurité de défense  
Direction centrale  
de la sécurité  
*Security and  
Defence, Central  
Security Service*



**Brigitte Behal**  
Direction des  
achats, recettes  
externes et affaires  
juridiques  
*Procurement,  
Sales and Legal  
Affairs*

# Innover

## POUR S'ADAPTER AU RYTHME DU MONDE

Le CNES a toujours été un vecteur d'innovation mais aujourd'hui, le rythme s'accélère car le monde spatial évolue à grande vitesse. La créativité est au pouvoir et la prospective stratégique prend des chemins inusités. En 2016, plusieurs initiatives concrètes ont signé la volonté du CNES d'investir des sujets nouveaux en faisant la part belle à la transversalité et à l'intelligence collective.



### Un **Club Nano**, précurseur d'une nouvelle filière

C'est dans le cadre du Toulouse space show que le Club Nano est né. L'initiative lancée par le CNES vise à structurer et dynamiser l'écosystème national autour des nanosatellites (1 à 50 Kg). Des missions ambitieuses (navigation, sciences...) sont en effet possibles avec cette classe de satellites. Ces minitechnologies spatiales peuvent fédérer les acteurs industriels et académiques du secteur, en jouant sur les complémentarités et les domaines d'excellence propres à chacun, en collaboration avec le CNES. Un défi qui séduit les jeunes ingénieurs. Par exemple, le projet Janus (Jeunes en Apprentissage pour la réalisation de Nanosatellites au sein des Universités et des écoles de l'enseignement supérieur) lancé par le CNES. A ce jour, plus d'une dizaine d'établissements en lien avec des industriels sont impliqués. Et de nombreux projets de cubesats, nanosatellites de très petite taille, sont en cours, prêts à être lancés.

### EarthCube

Fondée en 2015, la start-up EarthCube, spécialisée dans les solutions de surveillance, s'appuie sur l'intégration d'une charge utile performante dans des cubesats. EarthCube surveillera de très grandes zones pour détecter l'évolution rapide d'événements très localisés. Son premier service vise le suivi et la sécurité des pipelines. La start-up est suivie par l'incubateur ESA Bic Sud France auquel est associé le CNES.



## L'Inde, la Lune, Google X et le CNES

La France et le CNES ont leur place dans le *NewSpace* indien. Le partenariat signé le 29 juin 2016 avec la start-up indienne Axiom Research Labs vise une mission lunaire en 2017. Le CNES fournira des micro-caméras de dernière génération, produites par l'industriel 3DPlus. Avec un calendrier court et des méthodes hautement innovantes s'inspirant de l'innovation frugale (faire mieux avec moins), la mission Team Indus s'inscrit dans le cadre du concours *Lunar X Prize* qui récompensera le premier acteur privé capable de faire atterrir un module sur la Lune, d'y faire évoluer un *rover* et de renvoyer vers la Terre les données recueillies.



Et aussi...

**T**oujours en Inde, le CNES accompagne la collaboration entre la PME française Climate City et la start-up indienne Earth2Orbit pour le déploiement en Asie d'un service de gestion des enjeux climatiques urbains sur la base de données issues de systèmes hybrides (ballons, drones, satellites).

### INNOVATING TO KEEP PACE IN A FAST-MOVING WORLD

Always a driver of innovation, CNES is now stepping up its game in the fast-changing world of space. Creativity is the order of the day as strategic planning takes new and unexpected turns. Several concrete initiatives in 2016 illustrated the agency's desire to move into new areas by pursuing a cross-cutting approach and fostering collective intelligence.

#### CLUB NANO GIVES A FORETASTE OF THE FUTURE

Club Nano is an initiative launched by CNES at the Toulouse Space Show to structure and boost the national nanosatellite ecosystem. Ambitious missions are indeed possible with this 1-to-50-kilogram class of satellites supporting miniature space technologies able to federate industry and academia, combining their complementary know-how and domains of excellence in partnership with CNES. This is just the kind of challenge to attract young engineering talent, for example through the Janus project the agency has launched to engage students at French engineering schools and universities and get them interested in space. More than ten schools are already involved with industry partners and many cubesat projects are poised to launch.

#### EARTHCUBE

Founded in 2015, EarthCube is a start-up specializing in tracking solutions employing high-performance payloads on cubesats. The idea is to cover large areas and be able to detect quick changes during highly localized events. Its first service is geared towards pipeline monitoring and security. The start-up is being backed by ESA's BIC Sud France incubator, with which CNES is working.

#### INDIA, THE MOON, GOOGLE X AND CNES

France and CNES are aiding India's push into the NewSpace arena, following the partnership agreement signed on 29 June 2016 with start-up Axiom Research Labs to send a mission to the Moon in 2017. CNES will supply latest-generation micro-cameras built by 3DPlus. Employing short schedules and methods based on frugal innovation (doing more with less), the Team Indus mission is competing for the Google Lunar X Prize that will go to the first privately funded team to land a module on the Moon, drive it on the surface and send back data to Earth.

#### NOT ONLY... BUT ALSO

Also in India, CNES is working with French SME Climate City and Indian start-up Earth2Orbit to deploy hybrid systems of balloons, unmanned aerial systems (UAS) and satellites in Asia designed to collect urban climate data.



Accords internationaux ont été passés par le CNES avec des organismes de recherche ou des agences spatiales en 2016.

# Coopérer

## UNE DÉMARCHE FONDAMENTALE

Une véritable volonté de coopérer avec le CNES s'est développée partout dans le monde : une conséquence heureuse du succès des programmes du CNES. La coopération entre agences spatiales reste le fondement de son ouverture au monde.

### Un enjeu de **diplomatie économique**

L'activité spatiale de la France, à travers le CNES, est menée pour l'essentiel en coopération européenne ou avec les grandes puissances économiques du monde : Etats-Unis, Chine, Inde, Russie, Japon mais aussi avec les Emirats Arabes Unis, le Mexique, la Corée du Sud et bien d'autres. Le CNES est également actif auprès des marchés extérieurs pour encourager le « réflexe France »

au profit de l'industrie française alors qu'arrivent de nouveaux acteurs sur la scène spatiale internationale. Le CNES mène une démarche proactive au service de la diplomatie économique nationale. Le spectre des coopérations du CNES englobe, bien entendu, les relations étroites entretenues avec tous les acteurs nationaux, qu'ils soient industriels, scientifiques, académiques ou économiques.

## De nombreuses rencontres à haut niveau et de **nouveaux accords ont été formalisés en 2016.**

- **La coopération entre le CNES et la NASA s'intensifie** et de nombreuses rencontres ont eu lieu en 2016, avec les responsables du programme spatial américain dont le JPL ou la NOAA. ■ 52 ans après le début de leur partenariat, l'ISRO, l'agence spatiale indienne et le CNES ont signé trois nouveaux accords pour le **développement d'un satellite de surveillance du climat**.
- Le CNES et la Direction Générale de l'Armement renforcent leur partenariat pour le financement de projets de R&T et pour la **livraison de projets spatiaux pour les forces françaises**.
- L'École de l'air et le CNES renouvellent leur protocole de partenariat pour la **formation des officiers dans le domaine spatial**.
- Première réunion du **dialogue spatial franco-japonais** à Paris avec la JAXA. ■ Un séminaire sur le **droit de l'espace** a eu lieu dans ce cadre, en avril, à Vienne.
- Célébration du **50<sup>e</sup> anniversaire de la coopération spatiale France-Russie**. Point d'orgue des différents événements organisés tout au long de l'année, le lancement par Soyouz de l'astronaute français de l'ESA, Thomas Pesquet, le 17 novembre. ■ Nouvel accord

de coopération dans le **domaine des technologies spatiales** entre la France et Singapour. ■ **Le CNES, invité au Parlement européen** par l'intergroupe Ciel et Espace, au moment où la Commission européenne définit sa stratégie spatiale. ■ **L'espace au service des épidémies et de la santé** avec le renouvellement d'accords-cadre entre le CNES et l'Institut Pasteur. Un accord est signé aussi avec la Direction générale de la santé et le Service de santé des armées. ■ Renouvellement de l'accord-cadre France-Allemagne qui a conduit à la réalisation de projets tels que **Copernicus, Galileo, Horizon 2020, Merlin...** ■ Signature d'un accord de coopération France-Australie pour **l'utilisation de ballons stratosphériques**. ■ Accords de coopération entre la France et la Thaïlande pour la **lutte contre le changement climatique**. Un accord est aussi signé en ce sens avec le Vietnam. ■ Signature d'un accord-cadre entre le CNES et l'Inserm à l'Élysée pour le **développement d'appareils médicaux et connectés**. ■ Accord-cadre entre le CNES et l'Ifremer sur la **connaissance des milieux marins**.



« Soyons ouverts, recherchons les meilleures idées et les meilleurs partenariats, travaillons ensemble autour de grands projets fédérateurs qui nous rassemblent, pour que les succès de demain soient ceux de l'Europe, ceux de notre industrie créatrice d'emplois et de richesse et ceux de la science portée au meilleur niveau mondial. »

Jean-Yves Le Gall • *Président du CNES*

## BUILDING ON COOPERATION

The success of our programmes means partners all over the world are eager to work with CNES, while cooperation between space agencies remains the linchpin of its global-reaching vision.

### SUPPORTING ECONOMIC DIPLOMACY

Led by CNES, France is pursuing its space effort largely with European partners and major economic powers such as the United States, China, India, Russia and Japan, as well as with the United Arab Emirates, Mexico, South Korea and many others. CNES is also active in export markets to make 'think France' a reflex response to benefit French industry as new players are entering the international space arena. The agency is pursuing a proactive approach to support the nation's economic diplomacy and it of course maintains close relations with all national stakeholders in industry, science, academia and the economy.

### MANY HIGH-LEVEL MEETINGS TOOK PLACE AND A SERIES WWOFF NEW FORMAL AGREEMENTS WERE SEALED IN 2016:

• **Cooperation between CNES and NASA is moving up a gear**, with many meetings during the year with key players in the U.S. space programme like JPL and NOAA. • 52 years after their first steps together, the Indian Space Research Organization (ISRO) and CNES signed three new agreements to **develop a climate-monitoring satellite**. • CNES and the French defence procurement agency DGA are stepping up their partnership and funding R&T projects to **deliver space projects for the nation's military**. • The Ecole de l'Air air officer training school and CNES signed a new memorandum to **prepare trainee officers for their future space responsibilities**. • The first meeting of the **France-Japan space dialogue** was held in Paris with JAXA. • A seminar on **space law** was held in April in Vienna. • CNES celebrated the **50<sup>th</sup> anniversary of French-Russian space cooperation** with a series of events throughout the year, culminating in the launch of French ESA astronaut Thomas Pesquet to the ISS aboard a Soyuz spacecraft on 17 November. • France and Singapore signed a new cooperation agreement on **space technologies**. • **CNES was invited to the European Parliament** by the Sky and Space intergroup as the European Commission was defining its space strategy. • Following the renewal of CNES's framework agreements with the Institut Pasteur, **space will continue to serve health and epidemic monitoring**. The agency also signed an agreement with the Department of Health (DGS) and the French armed forces medical office. • France and Germany renewed the framework agreement that has brought about projects like **Copernicus, Galileo, Horizon 2020 and MERLIN**. • France and Australia signed a cooperation agreement on **stratospheric balloon flights**. • France and Thailand signed cooperation agreements to work together to **curb climate change**. A similar agreement was also signed with Vietnam. • CNES and INSERM, the French National Institute for Health and Medical Research, signed a framework agreement at the Elysée Palace to **develop medical and connected devices**. • CNES and Ifremer, the French institute of marine research and exploration, signed a framework agreement on space to **advance knowledge of the marine environment**.

"As CNES's President Jean-Yves Le Gall has pointed out, we are in the midst of a 'space revolution' that strangely recalls in many ways the beginning of the space adventure. In both cases we have seen a technological revolution driving a new world order and human space-flight projects, yesterday in a race to the Moon and today to reach Mars, which now seems possible by 2030. France is primed to maintain its lead role in Europe's space programme. But this leadership confers a certain responsibility, as France must be a driving force for a more integrated and more efficient spacefaring Europe, while the measures we propose must ensure that Europe remains at the forefront of innovation and maintains its competitive edge in this domain by developing a true overall strategic vision."

### JOAQUIM PUEYO MP AND BERNARD DEFLESSELLES MP

REPORTERS TO THE FRENCH ASSEMBLY'S EUROPEAN AFFAIRS COMMITTEE. REPORT ON EUROPEAN SPACE POLICY, JULY 2016

"We must be open and seek out the best ideas and partnerships, and we must work together on federating projects around which we can unite, so that the successes of tomorrow benefit Europe, help our industry to keep creating jobs and wealth, and enable world-class science."

JEAN-YVES LE GALL • *CNES PRESIDENT*

## 23

International agreements were signed by CNES with research organizations and space agencies in 2016.

« Comme le soulignait, Jean-Yves Le Gall, président du CNES, nous vivons aujourd'hui une « révolution spatiale » qui présente d'étranges similitudes avec les débuts de la conquête spatiale. Hier comme aujourd'hui, une révolution technologique préside à la mise en place d'un nouvel ordre mondial et au développement de projets autour de l'homme dans l'espace. hier, la course à la Lune, aujourd'hui un horizon martien qui se fait de plus en plus proche, puisqu'estimé possible en 2030. La France est le leader de l'Europe spatiale et a vocation à garder son rôle moteur. Ce *leadership* donne à la France une responsabilité : elle doit être une force d'entraînement pour une Europe spatiale plus intégrée et plus efficiente et les mesures qui seront proposées doivent assurer à l'Europe de rester à la pointe de l'innovation et de la compétitivité dans ce domaine en développant une vraie vision stratégique globale. »

### Joaquim PUEYO et Bernard DEFLESSELLES

DÉPUTÉS - rapporteurs de la commission des Affaires Européennes

Rapport d'information sur la politique spatiale européenne - juillet 2016

# LE CNES EN PREMIÈRE LIGNE

Le succès de la COP21, clôturée par un accord historique en décembre 2015 à Paris, a donné au CNES l'occasion d'affirmer son *leadership* dans la mobilisation des moyens spatiaux pour lutter contre le changement climatique.

Pour aider à la prise de décision, il faut d'abord observer et mesurer à l'échelle globale. Les satellites sont parfaitement adaptés à cette mission.

500



En août 2016, la Charte internationale «Espace et catastrophes majeures»

a été activée pour la 500<sup>e</sup> fois et venait en aide aux victimes de terribles inondations au Bangladesh.



## La Déclaration de **New Delhi**

**A** la suite de l'accord historique de Paris contre le réchauffement climatique, les 60 agences spatiales du monde entier se sont engagées à coopérer pour mettre en place un système de mesure des émissions de gaz à effet de serre, international et indépendant, pour les réduire. C'est la Déclaration de New Delhi, entrée en vigueur le 16 mai 2016. Les deux satellites que le CNES développe, Merlin (méthane) et Micro-Carb (gaz carbonique), participeront à la constellation mondiale de mesure des gaz à effet de serre.



# AGENCE SPATIALE DU climat

L'année 2016 a été marquée par des événements majeurs, largement dus à la détermination du CNES. A son initiative, à New Delhi en avril, les directeurs des agences spatiales mondiales se sont engagés à développer un système commun de mesure des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. En novembre, 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 des ressources en eau.

Tout au long de l'année, ateliers et conférences se sont succédés comme à Mexico du 2 au 4 mars. Ce workshop « Environnement, climat et océans » organisé par le CNES et l'agence spatiale mexicaine, a témoigné de l'importance des moyens spatiaux mis en place pour mieux connaître la dynamique de l'océan et de leur rôle dans le suivi du changement climatique. Même démonstration lors de l'IAC (*International Astronautical Congress*), le rendez-vous annuel de la communauté spatiale internationale qui s'est tenu à Guadalajara, au Mexique, en septembre. Le CNES y a mis l'accent sur le climat. Le CNES peut ainsi se prévaloir d'être l'agence spatiale du climat.

Satellite d'océanographie **Jason 3**, en charge de l'étude des courants océaniques et de la mesure des niveaux marins.

The **Jason 3** oceanography satellite is studying ocean currents and measuring sea level.



## CNES ON THE FRONT LINE

The success of the COP21, culminating in a historic agreement in December 2015 in Paris, gave CNES the opportunity to affirm its leadership in mobilizing space assets in support of efforts to curb climate change. Global observations and measurements are needed to inform decisions, a mission for which satellites are ideally suited.

### CONCENTRATING ON CLIMATE

2016 was marked by a series of key events that owed much to CNES's unstinting efforts. At its initiative, the heads of the world's space agencies came together in April in New Delhi, where they undertook to develop a common system to measure concentrations of atmospheric greenhouse gases. And in November, the Marrakech Declaration drafted at the COP22 confirmed space's role in preserving Earth's climate, notably in the crucial domain of water resource management.

Workshops and conferences took place throughout the year, like for example the workshop on Environment, Climate and Oceans organized by CNES and the Mexican space agency AEM in Mexico City from 2 to 4 March, which highlighted the vital contribution of space assets in furthering our knowledge of dynamic ocean processes and their role in monitoring climate change. This contribution was reaffirmed at the International Astronautical Congress (IAC), the annual gathering of the world space community held in Guadalajara, Mexico, in September, where CNES again focused attention on climate issues.

### NEW DELHI DECLARATION

In the wake of the historic Paris Agreement to mitigate global warming, the world's space agencies committed through the New Delhi Declaration—which came into effect on 16 May 2016—to work together to establish an international and independent measuring system with a view to reducing greenhouse gas emissions. The two satellites that CNES is developing for this purpose—MERLIN to measure methane and MicroCarb to track carbon gases—will be part of the global greenhouse gas-monitoring constellation.

### 500

In August, the International Charter on Space and Major Disasters was activated for the 500<sup>th</sup> time to come to the aid of victims of the terrible floods in Bangladesh.



**Le CNES figure à la deuxième place des organismes publics cités dans l'édition 2017 de l'enquête réalisée par l'institut d'études Statista auprès d'un panel de 20 000 salariés, qui liste les 500 meilleurs employeurs en France.**

# Innover

## AU SERVICE DE LA SOCIÉTÉ

**Nos sociétés et notre vie quotidienne dépendent de plus en plus des satellites. La météo, le téléphone, la télévision, Internet, le positionnement, l'aménagement du territoire, la gestion des ressources naturelles, l'agriculture, la pêche... Les domaines d'application sont multiples et peuvent encore s'étendre. Plus que jamais, le CNES veut stimuler le développement de services qui bénéficieront à la société. En 2016, de nouveaux partenariats ont été noués avec des acteurs majeurs de divers secteurs socio-économiques.**

## Spatial et e-santé, une coopération évidente

**L**es acteurs du système de soins doivent aussi prendre le virage du numérique et le spatial peut les y aider. La convention-cadre signée le 14 octobre 2016 entre le CNES, la Direction générale de la santé et le Service de santé des armées s'inscrit dans cette optique. Plus précisément dans la feuille de route de la stratégie e-Santé 2020 des pouvoirs publics. L'un des objectifs est d'encourager la co-innovation entre professionnels de santé et acteurs économiques. Les technologies spatiales permettent d'imaginer des pratiques nouvelles au-delà de la modernisation du fonctionnement actuel du système sanitaire. Plusieurs domaines de coopération ont été ciblés. La télé-épidémiologie permettra d'identifier les zones à risque, de prévoir et suivre l'évolution des épidémies comme la « météo des moustiques » (carte de présence, prolifération, alerte...) pour renforcer la vigilance des citoyens et des autorités sanitaires. La télémédecine comme la télé-échographie peuvent



contribuer à de meilleurs diagnostics et soins dans les zones éloignées d'infrastructures médicales. La localisation par satellite peut aussi aider les malvoyants et les personnes dépendantes (Alzheimer par exemple).



## Rail et espace sur la même voie

**L**a SNCF et le CNES ont décidé d'innover ensemble pour mettre en œuvre des solutions inédites, cohérentes avec l'avancée du ferroviaire sur la voie de la transformation numérique. Les sujets de coopération sont nombreux : localisation et positionnement précis des trains avec Galileo pour optimiser la gestion de la circulation, services de téléphonie et Wifi à très haut débit à bord des trains grâce à de nouveaux satellites, cartographie des abords des voies avec l'imagerie optique pour une meilleure sûreté du réseau, mesure à quelques millimètres près de l'enfoncement des ballasts à l'aide de l'interférométrie radar. Des expérimentations techniques ont déjà commencé sur tous ces sujets.



## INNOVATION SERVING SOCIETY

We depend increasingly on satellites in our daily lives. Weather forecasting, telephony, television, the Internet, positioning, land planning, natural resource management, fisheries and agriculture are just some of the areas where they are of broad benefit. More than ever, CNES is seeking to spur development of services to benefit citizens. To this end, it forged new partnerships during the course of the year with key players across a range of socio-economic sectors.

### SPACE AND E-HEALTH A PERFECT MATCH

Space can stimulate uptake of new digital technologies in the healthcare system. The framework agreement signed by CNES with the Department of Health (DGS) and the French armed forces medical office on 14 October 2016 is intended to help it make this transition, as part of the government's strategic e-health roadmap for 2020, one of the goals of which is to spur co-innovation between healthcare professionals and economic stakeholders.

Besides modernizing the current healthcare system, space technologies make it possible to envision new ways of working in a number of areas. Tele-epidemiology will make it easier to identify risk zones and to predict and track the spread of epidemics, giving extra warning to citizens and health authorities. Telemedicine and tele-echography can aid better diagnosis and care in remote regions without access to medical infrastructures. And satellite location-based technologies can assist people with impaired vision and care-dependent patients suffering from afflictions like Alzheimer's disease.

### RAIL AND SPACE ON THE SAME TRACK

National rail operator SNCF and CNES are working together on innovative solutions to enable rail services to embrace the digital transformation. These include precise train positioning using the Galileo satellite navigation system to optimize rail traffic management, on-train telephony and Wi-Fi services thanks to new satellites, optical imagery to map rail corridors and make the rail network safer, and radar interferometry to measure track subsidence with a precision of millimetres. Technical trials are already underway in all of these areas.

## 2

**CNES came second among the public enterprises ranked in the 2017 survey of the 500 best employers in France conducted by online statistics portal Statista on a sample of 20,000 employees.**





**Satellites de la constellation Galileo sont désormais en orbite autour de la Terre**

depuis le lancement du 17 novembre 2016. 30 satellites seront à terme utilisés pour ce système européen de navigation.

**LES DONNÉES SPATIALES ALIMENTENT**

# l'agriculture

Les agriculteurs sont demandeurs de technologies les aidant à gérer avec précision les sols et les cultures pour améliorer les rendements, tout en respectant les exigences environnementales. Le spécialiste des semences Limagrain s'est tourné vers le CNES pour qu'il propose des moyens d'optimiser l'usage des engrais. La solution : une combinaison de données d'observation issues de l'imagerie spatiale (notamment constellation de satellites Sentinel du programme européen Copernicus), de données de posi-

tionnement (*système GNSS - Global Navigation Satellite System - dont Galileo*) et de données météo. Sols et récoltes seront observés à différentes étapes et saisons pendant plusieurs années. Les données, intégrées dans une plateforme de type *Big Data*, seront analysées grâce à l'intelligence artificielle pour établir des règles à l'usage de l'agriculture de demain.





## Améliorer la précision du positionnement par satellite

Le CNES et Géoflex devaient se rencontrer. Un accord d'exclusivité a été signé le 30 juin 2016 pour que cette start-up exploite la technologie du CNES dite PPS (*Precise Point Positioning*) et ses brevets. Spécialisée dans le positionnement par GNSS, cette start-up offrira à l'échelle mondiale un service opérationnel de géolocalisation centimétrique en temps réel à de nombreux secteurs, entre autres : BTP, cartographie, industrie pétrolière, opérateurs de réseaux électriques, agriculture, et même véhicules autonomes et drones. Un futur champion national est né grâce au CNES.

## Booster l'innovation à la croisée du spatial et du numérique

**L**e dispositif de soutien au développement d'applications spatiales innovantes, lancé par le CoSpace (Comité de concertation Etat-Industrie dans le domaine du spatial) en 2015 au sein des pôles de compétitivité français, porte ses fruits. Quatre labels « Booster » ont été décernés en 2016. Plus de 15 projets alliant espace et numérique ont déjà été financés. Ces structures d'excellence bénéficient du soutien et de l'accompagnement du CNES : accès aux données spatiales, expertise, formation, moyens techniques...

### SATELLITE DATA FOR FARMING

Farmers are keen to adopt technologies that help them to precisely manage their soils and crops so they can improve yields while ensuring compliance with environmental requirements. Seed specialist Limagrain turned to CNES to find ways of optimizing fertilizer inputs. The solution devised combines satellite imagery (notably from the European Copernicus programme's constellation of Sentinel satellites), GNSS<sup>1</sup> positioning data (including from Galileo) and weather data to observe soils and crops at different stages and seasons over several years. These data will then be integrated into a big-data platform for analysis with artificial intelligence tools to establish rules that farmers can apply in the future.

### MAKING SATELLITE POSITIONING MORE PRECISE

CNES and Geoflex were meant to meet. Through a cooperation agreement signed on 30 June 2016, the agency granted the French start-up an exclusive licence to use its patented precise point positioning (PPP) technology. Specializing in GNSS positioning solutions, Geoflex will offer a global commercial operational service designed to augment satellite precise point positioning in real time to centimetre level for a range of sectors including construction and public works, mapping, the petroleum industry, power grid operators, agriculture, and even driverless cars and unmanned aerial systems (UAS). A future national champion is born thanks to CNES.

### BOOSTING INNOVATION AT THE CROSSROADS OF SPACE AND DIGITAL

The Booster support structure launched by the CoSpace government-industry space coordination committee in 2015 to spur development of innovative space applications through France's competitiveness clusters is bearing fruit, with four labels awarded in 2016. More than 15 projects combining space and digital technologies have already received funding. CNES is providing support through access to satellite data, expertise, training and technical resources.

#### 18

**Satellites of Europe's Galileo navigation system are now in Earth orbit after the latest launch on 17 November 2016. Ultimately, the full constellation will comprise 30 satellites.**

<sup>1</sup> Global Navigation Satellite System

## UN SYSTÈME DE MANAGEMENT

# performant

L'audit de suivi ISO 9001 et ISO 14001, réalisé par Bureau Veritas Certification (BVC) en octobre 2016, s'est soldé par le maintien des certifications du CNES. La part des points forts évalués par BVC est élevée et s'approche des meilleurs résultats observés dans les entreprises du secteur aéronautique et spatial.

La dynamique d'adaptation du CNES à ces nouveaux enjeux est soutenue. De nombreuses actions de simplification ont été constatées, en s'appuyant notamment sur les retours d'expérience (plans de management, commissions de revue, exigences contractuelles, etc.).

Les progrès du pilotage global de l'ISO 14001 sont notables, avec notamment une politique environnementale ambitieuse, à la mesure des attentes du CNES telles que définies dans le Contrat d'objectifs et de performance 2016-2020 "Innovation & Inspiration".

## Points forts du système de management environnemental

(extrait du rapport Bureau Veritas Certification (BVC))

■ Intégration des missions spatiales et des systèmes spatiaux dans la nouvelle politique environnementale ■ Définition d'objectifs et de cibles précis pour décliner la politique environnementale du CNES ■ Très bon taux de conformité par rapport aux textes réglementaires analysés notamment au Centre spatial guyanais (CSG) ■ Forte prise en compte de l'environnement dans les nouveaux projets au CSG (Titan, nouvelle cafétéria) et plus généralement, dans le plan de rénovation des bâtiments, ainsi que dans les moyens sols de l'ELA4 (Ariane 6) ■ Centre spatial de Toulouse : lancement d'un cahier de références environnementales pour les travaux neufs et les rénovations, permettant d'établir des standards et de prendre en compte les prérequis environnementaux dès les cahiers des charges.

## Les 3 axes de la politique environnementale du CNES

**CONTRIBUER** à la protection de l'environnement et à la lutte contre le changement climatique avec les missions spatiales

**INTÉGRER** la dimension environnementale dans la conception et l'exploitation des systèmes spatiaux

**DIMINUER** les émissions de gaz à effet de serre des installations et la consommation des ressources naturelles

19



**Le nombre d'avis de conformité technique** relatifs à la Loi sur les Opérations Spatiales.



## Des opérations spatiales **conformes**

**L** Le contrôle de conformité à la LOS a permis d'autoriser, sans problème technique ni retard, la signature de 15 autorisations de lancement ou de maîtrise de systèmes spatiaux, d'attester de la conformité préliminaire de trois plateformes de systèmes orbitaux et du système de lancement Ariane 6. Une réflexion est engagée sur l'impact de l'arrivée des constellations de satellites sur la réglementation technique.



## L'engagement spatial européen **reconfirmé à Lucerne**

Le Conseil ministériel de l'Agence spatiale européenne s'est réuni à Lucerne, en Suisse, les 1<sup>er</sup> et 2 décembre 2016. À l'issue de ces deux journées, les ministres des 22 Etats membres de l'ESA ont décidé de consacrer 10,3 milliards d'euros aux activités et programmes de l'Agence pour les prochaines années.

Le niveau élevé des souscriptions démontre une fois encore que l'Europe mesure l'importance stratégique et l'intérêt d'investir dans l'espace, domaine aux retombées socio-économiques particulièrement substantielles. La France a réussi à créer un consensus aussi large que possible sur les priorités essentielles de l'Europe spatiale, tout en permettant à son industrie de préparer les futurs ressorts de sa compétitivité sur la scène internationale.

## AN EFFECTIVE MANAGEMENT SYSTEM

The ISO 9001 and ISO 14001 follow-up audit by Bureau Veritas Certification (BVC) in October maintained our certifications. BVC's audit confirmed many strong points, putting the agency right up with the best in the aerospace sector. CNES continues to adapt to a fast-changing context and new challenges. Many simplification actions—applied to management plans, review boards, contractual requirements and so on—were noted, drawing on lessons learned. Overall progress in environmental management was notable, thanks to an ambitious environmental policy, and in line with the agency's expectations as set out in its 2016-2020 Innovation & Inspiration Objectives and Performance contract.

### ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM STRONG POINTS (EXTRACT FROM BVC'S REPORT)

- Space missions and systems are integral to the new environmental policy
- Objectives and targets for CNES's environmental policy are precisely defined
- Compliance with regulations is very good, particularly at the Guiana Space Centre (CSG)
- The environment is a key feature of new projects at the CSG (Titan, new cafeteria) and more broadly in the building refurbishment plan and ELA4 (Ariane 6) ground facilities
- Environmental baselines have been established for new-build and refurbishment work at the Toulouse Space Centre (CST), providing the basis for standards and enabling environmental pre-requisites to be taken into account from the specification stage

### THE THREE PILLARS OF CNES'S ENVIRONMENTAL POLICY

- 1 Help to preserve the environment and support efforts to curb climate change with our space missions.
- 2 Factor environmental aspects into the design and operation of space systems.
- 3 Reduce greenhouse gas emissions at our facilities and cut consumption of natural resources.

### COMPLIANT SPACE OPERATIONS

After an audit to verify compliance with French legislation on space operations, which turned up no technical issues or delays, 15 launch authorizations and space system authorizations were signed and preliminary compliance was confirmed for three orbital systems platforms and the Ariane 6 launch system. Work is underway to assess the impact of new satellite constellations on technical regulations.

### EUROPE'S SPACE EFFORT REAFFIRMED IN LUCERNE

The Council of the European Space Agency (ESA) met at ministerial level in Lucerne, Switzerland, on 1 and 2 December 2016. At the two-day meeting, ministers from the 22 member states and Slovenia and Canada approved a budget of €10.3 billion for the agency's activities and programmes in the years ahead. The high level of funding approved shows once more that ESA's member states have fully grasped the strategic importance and value of investing in space, and the very substantial socio-economic gains it offers. France succeeded in creating the broadest possible consensus on the key priorities for spacefaring Europe, while enabling its industry to stay competitive in the international arena.

### 79

Notices attesting technical compliance with the French Space Operations Act (FSOA).

**Le lanceur Ariane 6 sera opérationnel en 2020.**

Les décideurs européens en ont décidé ainsi fin 2016.

Ariane 6 est au cœur de l'autonomie d'accès à l'espace de l'Europe, puissance majeure dans la conquête spatiale.

**Ariane 6 is set to make its maiden flight in 2020.**

The new vehicle is central to assuring Europe's independent launch capability and maintaining its position as a leading space power.

# Ariane







Ariane 6 sera opérationnel en

**2020**

Ariane 6 will be operational in 2020



# Ariane

**11** lancements • **Launches**  
7 Ariane 5 / by Ariane 5  
2 Soyouz / by Soyouz  
2 Vega / by Vega

**2-3** DEC. • **DEC.**  
Conférence de Lucerne  
(Guisse) / ESA Ministerial  
Conference in Lucerne,  
Switzerland





# Ariane 6

## EN ORBITE : LE DÉBUT DE LA PHASE INDUSTRIELLE

**D**émarré en 2014, le développement d'Ariane 6 est définitivement adopté. Les dernières étapes ont été l'accord des États membres de l'ESA, en juillet 2016, lors du jalon de la PIR (*Programme Implementation Review*), puis la confirmation de cet accord par le Conseil de l'ESA. La configuration désormais figée d'Ariane 6 et l'organisation industrielle s'y attachant ont été jugées aptes à respecter les grands objectifs du programme, à savoir voler en 2020 et réduire de moitié le coût de l'accès à l'espace, comparativement à Ariane 5. Les trois acteurs clés des lanceurs en Europe, l'Agence spatiale européenne

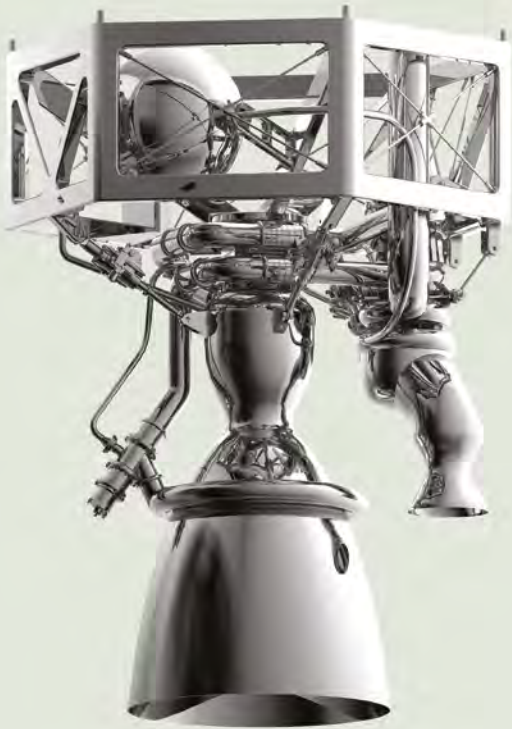
(ESA), Airbus Safran Launcher (ASL) et le CNES, ont signé, en 2016, le contrat permettant d'engager le programme. Cet investissement est destiné au développement et à la préparation de l'industrialisation et de l'exploitation du lanceur Ariane 6 avec ses deux versions Ariane 62 et 64. Maître d'œuvre des moyens sol d'Ariane 6 en Guyane, le CNES a sélectionné ses partenaires industriels sur appels d'offres européens. La mise à disposition des installations est prévue mi-2019 pour le démarrage des essais combinés avec le lanceur.

13 

**Le nombre de pays européens participant au projet Ariane 6 :**

France, Belgique, République tchèque, Norvège, Roumanie, Suède, Allemagne, Italie, Irlande, Autriche, Suisse, Espagne et Pays-Bas.





## Un futur moteur réutilisable à bas coût nommé **Prometheus**

**L**ancée et murie au sein du CNES depuis 2014, l'ambition d'un moteur de nouvelle génération en rupture s'est concrétisée en 2016, avec l'adoption du programme Prometheus lors de la Conférence de Lucerne. Dans un contexte concurrentiel très tendu, il est essentiel que la baisse des coûts d'accès à l'espace se poursuive au-delà d'Ariane 6. La stratégie de préparation du futur est fondée en partie sur le principe de lanceurs réutilisables qui pourraient remplacer un jour les lanceurs conventionnels. Prometheus est un prototype de la classe du moteur Vulcain qui équipera Ariane 6 mais dix fois moins cher. Ce type de moteurs réutilisables qui fera cohabiter le couple oxygène/méthane, sera largement fabriqué grâce à l'impression 3D (ou fabrication additive) et se caractérisera par une grande flexibilité. Prometheus est destiné aux architectures futures des lanceurs européens. Le développement de ce prototype a démarré sur un tempo très dynamique, l'objectif étant de le tester avant la fin de la décennie. Ce pari technologique inaugure un mode de partenariat technique étroit entre Airbus Safran Launchers et la Direction des lanceurs du CNES, associés sur un même plateau projet industriel par besoin d'efficacité et pour faciliter la communication.

## **ARIANE 6 INDUSTRIAL PHASE IS A 'GO'**

The Ariane 6 project was started in 2014 and the final go-ahead for the development phase has now been given following the approval of ESA's member states in July 2016 at the Programme Implementation Review (PIR), subsequently confirmed by the agency's Council. With its configuration now frozen and its industrial organization in place, the Ariane 6 programme is all set to accomplish its chief goals of flying in 2020 and reducing launch costs by half compared to Ariane 5. The three key players in Europe's launchers programme—the European Space Agency (ESA), Airbus Safran Launchers (ASL) and CNES—signed the contract kicking off the Ariane 6 programme in 2016. This investment is designed to fund the development, industrial ramp-up and operation of the two Ariane 62 and Ariane 64 versions of the launcher. As the prime contractor for Ariane 6 ground facilities in French Guiana, CNES has selected its industry partners after a European call for tenders. The facilities are planned to be ready by mid-2019 for the start of combined tests with the launcher.

## **A FUTURE LOW-COST REUSABLE ENGINE CALLED PROMETHEUS**

CNES has been maturing a ground-breaking new-generation engine since 2014. This concept was confirmed in 2016 with the adoption of the Prometheus programme at the ESA Ministerial Conference in Lucerne. In today's fiercely competitive environment, it is vital to maintain downward pressure on launch costs beyond Ariane 6. The strategy to achieve this is predicated partly on developing reusable launchers that could one day replace current conventional vehicles. Prometheus is a prototype in the same class as Ariane 6's Vulcain engine, only ten times cheaper. This type of reusable engine will burn liquid oxygen and methane, make extensive use of 3D printing (additive manufacturing) and offer superior flexibility. Prometheus is designed for future European launcher architectures. The prototype's development is moving forward at a fast pace, with the goal of testing it before the end of the decade. This technological bet is being supported by a close engineering partnership between Airbus Safran Launchers and CNES's Launch Vehicles Directorate, who are using a shared industrial project platform to boost efficiency and ease communication.

### **13**

**European nations contributing to the Ariane 6 project: France, Belgium, Czech Republic, Norway, Romania, Sweden, Germany, Italy, Ireland, Austria, Switzerland, Spain and The Netherlands.**

AVIS D'EXPERT

**JÉRÔME VILA**

SOUS-DIRECTEUR FUTUR ET INNOVATION LANCEURS AU CNES

« Notre devoir est d'inventer en permanence l'espace de demain, notamment dans le domaine du transport spatial. Nous sommes à un moment particulier de notre histoire où de nouveaux arrivants venus du monde du numérique bousculent nos schémas habituels par leur tempo et leur audace. Nous devons aussi répondre aux évolutions rapides de l'espace commercial. Mais innover, ce n'est pas seulement inventer de nouvelles technologies. C'est un changement culturel, un état d'esprit collectif. Armés de cette ambition, nous avons pris un ensemble d'initiatives en développant les échanges collaboratifs, en suscitant la créativité ou en ouvrant nos réseaux traditionnels au-delà du secteur spatial, auprès de start-up ou du monde étudiant. »

“  
*Innover, ce n'est pas  
seulement inventer de  
nouvelles technologies.  
C'est un changement  
culturel”*

## Lanceurs réutilisables : préparer l'avenir

**L**a France, le Japon et l'Allemagne mènent des études en commun dans l'intention de développer un démonstrateur d'étage réutilisable. Fin 2016, l'étude de faisabilité du projet Callisto a été conclue positivement. Conduit en coopération entre le CNES, l'agence spatiale allemande DLR et la JAXA, l'agence spatiale japonaise, il vise à faire voler au Centre spatial guyanais un véhicule réutilisable, avec décollage et retour à la verticale. Sous réserve des décisions qui découleront des phases suivantes, le démonstrateur devrait être prêt à voler en 2021. Un saut technologique qui préparera concrètement, là aussi, les futures générations de lanceurs.





# Ariane 5

## LE LANCEUR LE PLUS FIABLE DU MONDE MAIS PAS SEULEMENT

**A**vec 76 succès d'affilée enregistrés en décembre 2016, la tendance pourrait être de seulement voir Ariane 5 comme le lanceur le plus fiable du monde et cela, depuis plus d'une décennie. Cela serait toutefois réducteur car il s'agit aussi d'un lanceur capable de s'adapter à des missions très diverses, même si l'essentiel concerne les lancements doubles en orbite géostationnaire.

Ariane 5 avait déjà démontré une autre facette de ses capacités avec le lancement réussi des cinq ATV (vaisseau cargo de ravitaillement de la Station spatiale internationale). C'est un autre défi qui a été relevé le 17 novembre 2016. Ariane 5 a lancé pour la première fois quatre satellites Galileo. Cette mission, préparée depuis de longues années et couronnée de succès, a demandé un effort particulier d'adaptation du lanceur.

### EXPERT VIEW

"Our job is to keep inventing the future of space, notably in space transportation. We are at a turning point in our history, with new digital-savvy entrants disrupting how we do business through their boldness and agility. We also need to respond to changes in the fast-moving commercial space market. But innovating is more than just inventing new technologies; it also calls for a change of culture and a team mindset. Fuelled by this ambition, we have adopted a number of initiatives to develop collaborative exchanges, nurture creativity and extend our traditional networks outside the space sector to start-ups and students."

### JÉRÔME VILA

FUTURE LAUNCH SERVICES INNOVATION  
SUB-DIRECTORATE, CNES

### REUSABLE LAUNCHERS BLAZING THE TRAIL AHEAD

France, Japan and Germany are pursuing joint studies with a view to developing a reusable stage demonstrator. The feasibility study for the Callisto project reached a positive conclusion at the end of 2016. A joint effort of CNES, German space agency DLR and Japanese space agency JAXA, Callisto intends to launch a reusable vertical-take-off, vertical-landing (VTVL) vehicle from the Guiana Space Centre. Pending the decisions that will come out of the project's subsequent phases, the demonstrator is expected to be ready to fly in 2021. This represents a leap in technology that will pave the way for future generations of launchers.

### ARIANE 5 - NOT JUST THE WORLD'S MOST RELIABLE LAUNCHER

With 76 straight launch successes as of December 2016, it is tempting to see Ariane 5 as simply the world's most reliable launcher for more than a decade and to leave things at that. But that would be doing it a disservice, as it is also capable of adapting to a broad range of missions, even if most of them are dual launches into geostationary orbit. Ariane 5 has already demonstrated another facet of its capabilities with the successful launch of the five ATV cargo resupply spacecraft to the International Space Station. It achieved a new feat on 17 November 2016, when it launched four Galileo satellites for the first time. This mission was many years in preparation and required a lot of work to adapt the launcher.

MAI • MAY  
**Ariane 6** > Début d'assemblage du portique mobile (Guyane) / **Ariane 6** > Start of mobile gantry assembly in Kourou

JUIN • JUNE  
Début du développement de **Callisto** > signature de l'accord CNES-DLR-JAXA  
Kick-off of **Callisto** development > Signature of CNES-DLR-JAXA agreement

OCT. • OCT.  
**Ariane 6** > Revue Critique de Définition des moyens sol (Guyane) / **Ariane 6** > Critical Definition Review (CDR) of ground facilities in Kourou



## UNE ANNÉE DE SUCCÈS POUR LES lancements

Le CSG a procédé à 11 lancements et autant de succès en 2016 : sept Ariane 5, deux Soyouz et deux Vega. Alors que Vega témoigne d'un sans-faute au cours des huit missions depuis le début de ses opérations au CSG en 2012, Ariane 5 a conforté son statut de lanceur le plus fiable au monde, atteignant à l'issue de l'année un 76<sup>e</sup> succès d'affilée.

### 27 janvier – Ariane 5 ECA – VA228

Satellite de télécommunications pour l'opérateur Intelsat, Intelsat-29 a pour mission de couvrir les Etats-Unis et l'Atlantique Nord.

### 9 mars – Ariane 5 ECA – VA229

Eutelsat 65w est un satellite de diffusion d'Eutelsat qui doit permettre d'assurer des services dans toute l'Amérique Centrale, dans les Caraïbes, les Andes et au Brésil.

### 25 avril – Soyouz – VS14

Cinq charges utiles étaient au programme de cette mission : Microscope, satellite du CNES permettant de tester le principe d'équivalence prédit dans la théorie de la relativité, Sentinel-1B, faisant partie de Copernicus, programme d'observation de la Terre de l'ESA, et trois microsattelites du programme éducatif de l'ESA, *Fly your satellite*.

### 24 mai – Soyouz – VS15

A bord de cette deuxième Soyouz de l'année : les satellites 10 et 11 de la constellation de navigation européenne, Galileo.

### 18 juin – Ariane 5 ECA – VA230

Satellites de télécommunications, Echostar XVIII et BRLsat avaient respectivement pour mission des services de diffusion sur une zone allant de l'Alaska à Cuba et des transferts d'informations bancaires en Indonésie.

### 14 août – Ariane 5 ECA – VA232

Deux satellites de télécommunications pour l'opérateur Intelsat : Intelsat 33 pour les zones Europe, Afrique, Moyen-Orient et Intelsat 36 pour l'Afrique du Sud et l'Océan indien.

### 16 septembre – Vega – VV07

PerúSat-1, premier satellite d'observation de la Terre péruvien, et quatre satellites d'observation de Terra Bella, une filiale de Google.

### 5 octobre – Ariane 5 ECA – VA231

Deux satellites de télécommunications étaient à bord du lanceur européen : SkyMuster II permettant des services en haut débit en Océanie et plus particulièrement en Australie, et GSAT-18, qui desservira l'Inde.

### 17 novembre – Ariane 5 ES – VA233

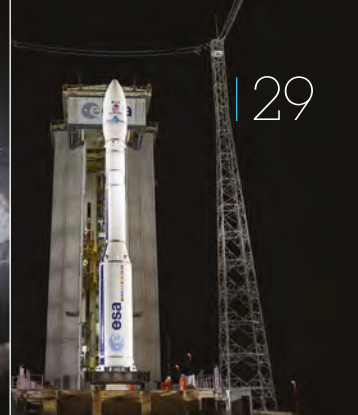
Premier lancement de Galileo sur Ariane 5, avec les satellites 7, 12, 13 et 14. Ce qui porte à 18, le nombre de satellites aujourd'hui en orbite, ce qui a permis la mise en service du système, en décembre 2016.

### 5 décembre – Vega – VV08

A bord du lanceur italien, GÖKTÜRK-1, un satellite d'observation pour le ministère de la Défense turc.

### 21 décembre – Ariane 5 ECA – VA234

Deux satellites de télécommunications : Star One 1, qui offrira ses services de *Broadcast*, *Broadband*, accès à Internet et autres applications numériques pour le Brésil, l'Ouest de l'Amérique Latine, le Mexique, l'Amérique Centrale et la région des Caraïbes.



## A SUCCESSFUL YEAR OF LAUNCHES

The Guiana Space Centre (CSG) completed 11 successful launches in 2016, seven by Ariane 5, two by Soyuz and two by Vega. While Vega has performed flawlessly on the eight missions flown since entering service from the CSG in 2012, Ariane 5 confirmed its status as the world's most reliable launcher, clocking up its 76<sup>th</sup> straight success at the end of the year.

### **27 January - Ariane 5 ECA - VA228**

Intelsat-29<sup>o</sup> telecommunications satellite for operator Intelsat, providing coverage throughout the Americas and the North Atlantic.

### **9 March - Ariane 5 ECA - VA229**

Eutelsat 65 West A, a Eutelsat satellite providing broadcasting services for Central America, the Caribbean, the Andes and Brazil.

### **25 April - Soyuz - VS14**

This mission had five payloads on its manifest: CNES's Microscope satellite designed to test the equivalence principle predicted by Einstein's theory of relativity, Sentinel-1B for ESA and the EU's Copernicus Earth-observation programme, and three microsattelites for ESA's Fly Your Satellite! educational outreach programme.

### **24 May - Soyuz - VS15**

The second Soyuz flight of the year carried satellites 10 and 11 of the European Galileo navigation constellation into orbit.

### **18 June - Ariane 5 ECA - VA230**

This flight orbited two telecommunications satellites:

Echostar 18 to deliver broadcast services to a zone stretching from Alaska to Cuba, and BRLsat for banking communications across Indonesia.

### **14 August - Ariane 5 ECA - VA232**

Two more telecommunications satellites for operator Intelsat: Intelsat 33 covering Africa, Europe and the Middle East, and Intelsat 36 serving the South African and Indian Ocean region.

### **16 September - Vega - VV07**

PerúSat-1, Peru's first Earth-observing satellite, and four Earth-observing satellites for Google subsidiary Terra Bella.

### **5 October - Ariane 5 ECA - VA231**

Europe's launcher lofted two telecommunications satellites into orbit: SkyMusterTM II to deliver broadband Internet services to regional and remote Australia, and GSAT-18 covering India.

### **17 November - Ariane 5 ES - VA233**

The first Galileo launch on Ariane 5, orbiting satellites 7, 12, 13 and 14 (in order of operational service), taking the current constellation in Earth orbit to 18 satellites. The system was given the go-ahead to enter official service in December 2016.

### **5 December - Vega - VV08**

The Italian Vega launcher orbited the Göktürk-1 reconnaissance satellite for the Turkish Ministry of Defence.

### **21 December - Ariane 5 ECA - VA234**

Two telecommunications were launched on this flight:

StarOne 1 to deliver direct-to-home television services to Brazil, Western Latin America, Mexico, Central America and the Caribbean. and JCSAT-15, to provide pay television services for Japan and data transfer for maritime and aeronautical communication applications for the Oceania and Indian Ocean region.



**Inventer sans cesse de nouvelles solutions et faire avancer les connaissances.**

Les sciences sont au cœur des missions, de la vision et de la stratégie du CNES. En 2016, de nouvelles avancées ont encore fait progresser notre compréhension de l'Univers.

**Constantly inventing new solutions and advancing knowledge,**

sciences are central to CNES's missions and strategic vision. In 2016, new advances brought fresh insights into the Universe.

# Sciences



**14 MARS • MARCH**  
Lancement d'**ExoMars** 2016  
Launch of **ExoMars**

**25 AVRIL • APRIL**  
Lancement de **Microscope**  
Launch of **Microscope**

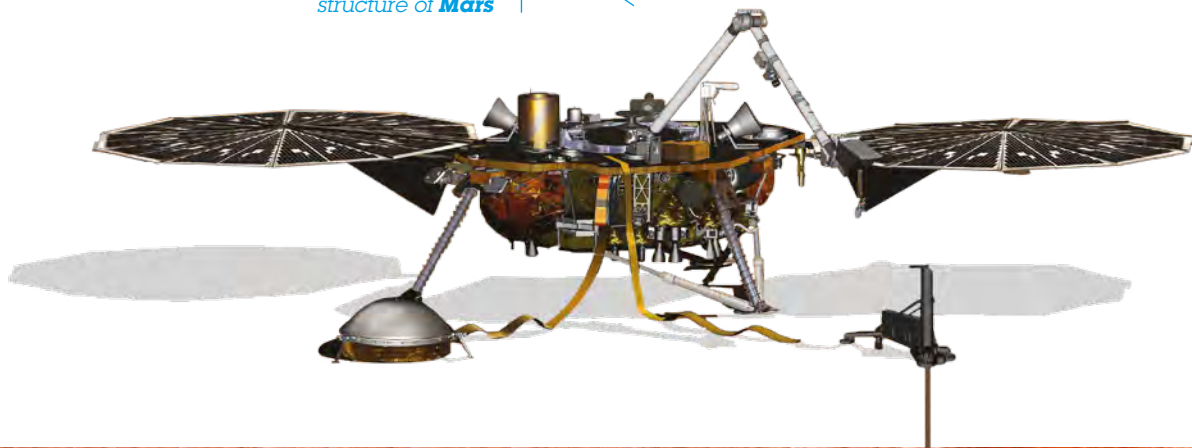


Faits Marquants **Highlights** 2016

**InSight**  
Étude de la structure  
interne de

**MARS**

*InSight*  
Studying the interior  
structure of **Mars**



# Sciences

**14 SEP. • SEP.**

Premiers résultats de **Gaia**  
First results from **GAIA**

**30 SEP. • SEP.**

« Baiser final » de **Rosetta**  
à la comète Chury  
**Rosetta** - Bow outs with a  
parting kiss to comet  
Churyumov-Gerasimenko

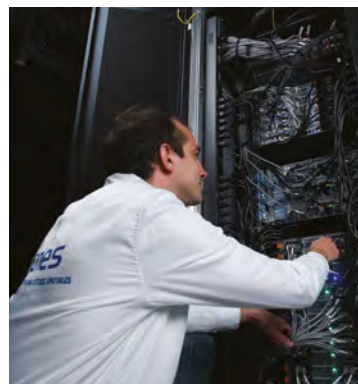
**17 NOV. • NOV.**

Départ de **Thomas Pesquet**  
pour l'ISS / **Thomas Pesquet**  
departs for the ISS

**8 DEC. • DEC.**

**svom** approuvé par le  
CA du CNES / **svom**  
gets the go-ahead from  
CNES's Board of Directors





### GAIA et le BIG DATA

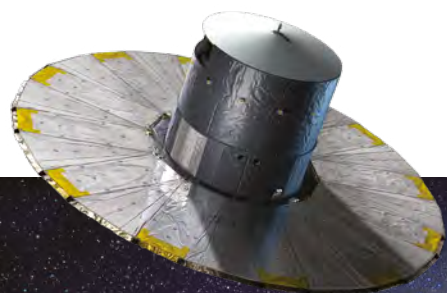
## un duo pour cartographier l'espace

**D**éjà plus d'un milliard d'objets de notre galaxie ont été localisés par Gaïa, le satellite européen auquel le CNES participe : des étoiles, des quasars, des astéroïdes, des géocroiseurs, des exoplanètes... Cette première carte 3D de la galaxie, publiée à partir des données Gaïa, dépasse de loin en volume et précision le catalogue issu de la mission Hipparcos, il y a 23 ans. Mais ce n'est qu'un début. Lancée en 2013, la mission promet de nouveaux résultats à l'automne 2017. Vitesses, distances, températures, âge, composition... Toutes ces caractéristiques en diront long sur la formation de notre galaxie.

# Microscope

## LA CHUTE LIBRE, UN PRINCIPE UNIVERSEL ?

Le monde de la physique fondamentale est aux aguets : le principe fondateur de la relativité générale, l'équivalence entre gravitation et accélération, élaboré par Albert Einstein il y a un siècle, est-il vraiment universel ? Le satellite Microscope, développé et réalisé par le CNES en coopération européenne, a été conçu pour tester cette théorie. Le défi consiste à atteindre une précision 100 fois supérieure à celle de toutes les expériences réalisées jusque-là sur la Terre. L'avantage de l'espace : permettre de réaliser une chute libre quasi-parfaite de deux corps. L'expérience met en œuvre le mouvement relatif de deux masses cylindriques composées de matériaux différents à l'intérieur de deux accéléromètres différentiels fournis par l'Onera. La publication du résultat définitif est prévue en 2019.





AVIS D'EXPERT



BERTRAND CORDIER

ASTROPHYSICIEN AU CEA, RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DE LA MISSION SVOM POUR LA FRANCE

« Grâce à la mission SVOM, le sursaut gamma ne sera plus vu comme un objet mystérieux mais plutôt comme un formidable révélateur de l'inconnu pour sonder l'Univers primordial, mesurer son contenu et étudier son évolution. Le sursaut le plus lointain identifié à ce jour s'est produit il y a 13 milliards d'années, soit 630 millions d'années seulement après le *Big Bang*. Il serait issu de l'explosion d'une étoile très massive, 20 à 30 fois celle du Soleil, qui s'est effondrée sur elle-même sous l'effet de son propre poids. Les sursauts lointains que détectera SVOM contribueront à la compréhension du milieu où ces étoiles sont nées et des zones éclairées par cette lumière lointaine. »

## SVOM

## une coopération franco-chinoise prometteuse

La coopération spatiale entre la France et la Chine se poursuit avec l'engagement du CNES dans un programme d'astronomie ambitieux. Lancée en 2021, la mission SVOM emportera à 600 km d'altitude une collection d'instruments pour scruter les sursauts gamma. Ces rayonnements de très haute énergie, à ce jour mal compris, résultent de l'explosion d'étoiles massives ou bien de la fusion d'étoiles à neutrons ou de trous noirs. Ces observations seront diffusées en temps réel pour que les grands télescopes terrestres puissent pointer immédiatement sur ces événements. SVOM pourrait aussi suivre les éventuels effets des sources d'ondes gravitationnelles dont l'existence a été confirmée début 2016.

“  
Grâce à la mission  
SVOM, le sursaut  
gamma ne sera plus  
vu comme un objet  
mystérieux”

## MICROSCOPE IS FREE FALL A UNIVERSAL PRINCIPLE?

The question on the minds of the fundamental physics community is whether the founding principle of general relativity—which assumes the equivalence of a gravitational field and a corresponding acceleration of the reference system—really is universal after all. The Microscope satellite, developed and built by CNES with European partners, was conceived to test out this theory. The challenge is to achieve a level of precision 100 times better than any experiment yet performed on Earth. The advantage of space is that it enables almost perfect free fall conditions. The experiment consists in measuring the relative motion of two nested cylindrical proof masses made of different materials inside two differential accelerometers supplied by the French aerospace research agency ONERA. Final results are expected to be published in 2019.

## GAIA AND BIG DATA WORKING TOGETHER TO MAP SPACE

The European GAIA mission to which CNES is contributing has already located more than a billion objects—stars, quasars, asteroids, near-Earth objects and exoplanets—in our galaxy. The first 3D map of the galaxy compiled from GAIA data is far more precise than the catalogue from the Hipparcos mission established 23 years ago. But this is only a start. The mission launched in 2013 is set to publish new results this autumn—speeds, distances, temperatures, ages and compositions—that will tell us more about how the Milky Way was formed.

## SVOM - A PROMISING JOINT FRENCH-CHINESE MISSION

Space cooperation between France and China is continuing through CNES's involvement in an ambitious astronomy programme. To be launched in 2021, the SVOM mission is set to send aloft a satellite to observe gamma-ray bursts (GRBs) from a 600-km Earth orbit. Still poorly understood, GRBs are the highest-energy phenomena known in the Universe, generated by the explosion of massive stars and from the merger of compact objects like neutron stars or black holes. SVOM's observations will be relayed in real time to cue large ground-based telescopes and point them immediately at detected GRBs. SVOM could also track the possible effects of the sources of gravitational waves, whose existence was confirmed early in 2016.

## EXPERT VIEW

"Thanks to the SVOM mission, gamma-ray bursts will no longer be seen as mystery objects but rather as a fantastic window into the primordial Universe, enabling us to measure its composition and study its evolution. The most-distant burst identified so far occurred 13 billion years ago, just 630 million years after the Big Bang. It's thought to have been the result of the explosion of a very massive star 20 to 30 times more massive than our sun that collapsed in on itself under its own mass. The distant bursts that SVOM is set to detect will help us to understand the medium where these stars formed and the regions illuminated by their far-off light."

## BERTRAND CORDIER

ASTROPHYSICIST AT CEA, FRENCH SCIENCE LEAD FOR THE SVOM MISSION



**THOMAS PESQUET  
ET LA MISSION****Proxima UN FRANÇAIS  
DANS L'ESPACE**

Après 8 années de préparation, le dixième astronaute français a rejoint la Station spatiale internationale (ISS) le 19 novembre 2016 où il restera six mois.

Parmi la cinquantaine d'expériences scientifiques que lui ont confiées l'Agence spatiale européenne et le CNES, sept sont pilotées par le Cadmos, l'entité du CNES spécialisée dans les activités en micropesanteur. Ces expériences pourraient déboucher sur des applications pratiques très attendues en milieu terrestre.

**Matiss** testera les performances de matériaux innovants antibactériens qui pourraient prévenir la prolifération des bactéries dans les hôpitaux ou les transports en commun.

**AquaPad** démontrera si cet outil d'analyse de l'eau s'avère rapide et fiable. L'accès à l'eau potable est un enjeu majeur dans certains pays ou après une catastrophe naturelle.

**Everywear** est un vêtement équipé de capteurs communicants pour suivre, via une tablette, les données nutritionnelles et de santé. Ce système pourrait servir au suivi des maladies chroniques.

**Echo** vérifiera la possibilité de réaliser des échographies analysées depuis la Terre par un médecin. A la clé, des progrès significatifs pour développer la télé-échographie dans les zones difficiles d'accès.

**Perspectives** est un casque de réalité virtuelle qui étudiera les modifications de l'activité du cerveau en situation de microgravité pour mieux comprendre le fonctionnement du système nerveux central.

**Fluidics** analysera la dynamique des fluides dans l'espace, notamment dans les réservoirs des engins spatiaux et la turbulence des ondes à leur surface.

**EXO-ISS** recouvre trois expériences imaginées par des élèves en collaboration avec le CNES : quelle est l'influence de la micropesanteur sur la croissance des plantes, celle des cristaux et sur les réactions catalytiques ?



Thomas Pesquet,  
23 novembre 2016,  
en direct de l'ISS

Thomas Pesquet,  
23 November 2016,  
live from the ISS

“

*L'ISS est beaucoup mieux  
que ce que j'avais imaginé !  
J'ai une impression de grande liberté.  
Je me sens vraiment bien ! Travailler en  
micropesanteur est à la fois naturel et  
pratique. Entre les expériences  
et l'entretien de la station pour éviter  
la contamination microbienne,  
les journées sont bien remplies.  
Un vrai marathon !*

*The ISS is much better than I thought! There's a great  
sense of freedom up here and I'm feeling really good!  
Working in microgravity is both natural and practical.  
With the experiments and cleaning and maintenance tasks  
to avert contamination by germs, every day is like  
a marathon!*

”

## THOMAS PESQUET AND THE PROXIMA MISSION: A FRENCH ASTRONAUT IN SPACE

After eight years in training, France's 10<sup>th</sup> astronaut reached the International Space Station (ISS) on 19 November 2016 for a six-month stay. Among the 50 science experiments that the European Space Agency (ESA) and CNES have prepared for Thomas, seven are being supervised and controlled from the CADMOS centre for the development of microgravity applications and space operations at the agency's Toulouse Space Centre. These experiments could lead to eagerly awaited practical applications on Earth.

**Matiss** is testing the performance of innovative anti-bacterial materials that could help to prevent the spread of germs in hospitals and on public transport.

**AquaPad** is testing a quick and reliable method for testing drinking water. Access to drinking water is of crucial importance in certain nations or in the aftermath of a natural disaster.

**EveryWear** is a garment fitted with sensors enabling nutritional and physiological data to be monitored on a tablet. This system could find applications in monitoring chronic diseases.

**ECHO** is testing the ability of a physician on the ground to perform remote ultrasound scans. This kind of tele-operability could enable significant advances to develop the use of scans on patients in remote, hard-to-reach areas.

**Perspectives** is a virtual-reality helmet designed to study changes in the human brain in microgravity, in order to better understand how the central nervous system works.

**Fluidics** is analysing fluid dynamics in space, notably to study sloshing and wave turbulence in fuel tanks.

**EXO-ISS** is a set of three experiments conceived by high-school pupils working with CNES to study how microgravity affects plant growth, crystal growth and catalytic reactions.

13 JAN. • JAN.  
Première sortie  
extravéhiculaire de Thomas  
Pesquet / Thomas Pesquet's  
first spacewalk

JUIN • JUNE  
Premiers résultats  
de Microscope / First results  
from Microscope

JUILLET • JULY  
Livraison par le CNES  
du sismomètre SEIS à la NASA  
pour la mission martienne  
InSight / Delivery by CNES  
of the SEIS seismometer to  
NASA for the InSight mission

SEP. • SEP.  
Second vol du ballon PILOT  
(mesure des poussières de  
notre galaxie) / Second  
flight of the PILOT balloon  
to measure dust in our  
galaxy





**De la COP21 à la COP22. L'accord mondial sur le climat a été adopté le 12 décembre 2015 à Paris puis signé à New York en avril 2016.**

Il est entré en vigueur le 4 novembre 2016. La COP22 qui s'est tenue à Marrakech a été celle des « actes », consacrant le rôle du spatial dans les actions à venir.

**The global agreement on climate was adopted at the COP21 on 12 December 2015 in Paris and ratified in New York in April 2016.**

The COP22 in Marrakesh was the conference of actions that confirmed the key role assigned to space in the years ahead.

# Observation

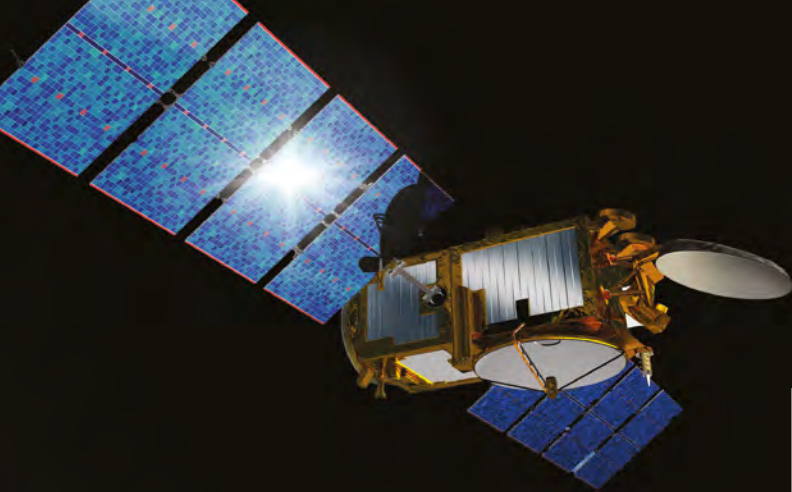


**17 JAN • JAN**  
Lancement de **Jason-3**  
Launch of **Jason-3**

**18 FEV. • FEV.**  
Lancement de **Sentinel-3A**  
Launch of **Sentinel-3A**



Faits Marquants **Highlights** 2016



**Jason-3** assurera  
la continuité des données  
sur la hauteur des océans  
depuis une orbite située à

**1 336** km d'altitude

*Jason-3 will continue the  
time-series of ocean topography  
data from its orbital perch  
1,336 km above Earth*

# Observation

**1<sup>er</sup> AVRIL • APRIL**  
**Merlin** approuvé par le CA  
du CNES / **MERLIN** gets  
the go-ahead from CNES's  
Board of Directors

**7 JUILLET • JULY**  
Engagement définitif de **SWOT**  
Final go-ahead for **SWOT**

**7>18 NOV. • NOV.**  
COP22 à **Marrakech**  
COP22 in **Marrakech**

**8 DEC. • DEC.**  
**MicroCarb** approuvé par le  
CA du CNES / **MicroCarb**  
gets the go-ahead from  
CNES's Board of Directors



# MERLIN ET MICROCARB DANS LE SILLAGE DE LA COP21

**L**a coopération spatiale franco-allemande s'est enrichie en 2016 avec la décision de mise en œuvre du satellite Merlin (*MEthane Remote sensing Lidar mission*). Lancé en 2021, il apportera des avancées majeures dans l'identification des sources d'émission et des puits d'absorption du méthane. Ces mécanismes sont très mal connus alors qu'il s'agit du deuxième gaz à effet de serre après le gaz carbonique, qui se diffuse très rapidement dans l'atmosphère et dispose d'un pouvoir réchauffant 28 fois plus fort. Pour atteindre l'objectif de la mission, le DLR, l'agence spatiale allemande, a utilisé une technologie innovante : le Lidar, un instrument qui émettra des tirs laser vers la Terre pour mesurer la concentration en méthane de l'atmosphère, de jour comme de nuit, à toutes les latitudes et en toutes saisons. Le CNES fournit la plateforme Myriade Evolution qui bénéficie d'un financement du

Programme d'Investissements d'Avenir (PIA). Merlin sera complémentaire du satellite MicroCarb développé par le CNES pour étudier les émissions de gaz carbonique. Aussi surprenant que cela puisse paraître, on ne connaît pas aujourd'hui les quantités de gaz carbonique absorbées ou émises dans certaines régions du monde, ni comment elles varient, par manque de stations de mesures terrestres. Ces informations sont pourtant cruciales pour comprendre les origines et impacts du réchauffement climatique. Destiné à être lancé en 2020, MicroCarb caractérisera les flux de gaz carbonique à la surface de la Terre pour mieux anticiper les évolutions à venir. Ce programme bénéficie aussi d'un financement du PIA.





Le satellite **MERLIN** sera dédié à la mesure des concentrations de méthane dans l'atmosphère.

The **MERLIN** satellite is set to measure atmospheric methane concentrations.



## MERLIN AND MICROCARB IN THE WAKE OF THE COP21

French-German space cooperation was stepped up in 2016 with the go-ahead for the MERLIN satellite [MEthane Remote sensing LIdar missioN]. To be launched in 2021, MERLIN is set to make major advances in identifying sources and sinks of methane, which are still poorly understood. Methane is the second most potent greenhouse gas in the atmosphere, spreading rapidly and trapping 28 times more heat than carbon. To accomplish the mission's goals, the German space agency DLR is employing an innovative lidar instrument that will fire laser pulses towards Earth's surface to measure atmospheric methane concentration night and day, at all latitudes and in all seasons. CNES is supplying its Myriade Evolution spacecraft bus with funding from the French government's PIA future investment plan. MERLIN will complement the MicroCarb satellite developed by CNES to monitor carbon gas emissions. As surprising as it may seem, we don't know how much carbon gas is absorbed and released in certain parts of the world, due to a scarcity of ground-based measuring stations. Nor do we know how these amounts vary with the seasons. Yet this type of information is crucial for understanding the causes and consequences of a warming climate. Set to launch in 2020, MicroCarb will characterize carbon gas fluxes to better predict their future evolution. This programme is also being funded from the PIA future investment plan.

### OCEANS, RIVERS AND LAKES DRIVING TECHNOLOGY INNOVATION

Because new insights into oceanography and hydrology are required to better understand the effects of climate change, notably on water resources, CNES and NASA are innovating once again and pursuing their 25-year cooperation in the field of ocean altimetry to continue the time series of data built up by the TOPEX/Poseidon and Jason satellites. Set to fly in 2021, SWOT (Surface Water and Ocean Topography) will improve observation of deep oceans and coastal waters and acquire measurements of surface water height in lakes, rivers and flood zones. Driving this innovative mission is KaRIn, an all-new wide-swath K<sub>a</sub>-band radar interferometer that marks a break with today's technologies and will deliver the highest-resolution data ever over wide areas. SWOT holds rich potential for applications and is also receiving PIA funding.

## Océans, fleuves et lacs, **sources d'innovation technologique**

**P**arce que les effets du changement climatique, notamment sur les ressources en eau, nécessitent de nouvelles connaissances en océanographie et en hydrologie, le CNES et la NASA ont décidé une nouvelle fois d'innover après plus de 25 ans de coopération dans le domaine de l'altimétrie océanographique avec les satellites Topex-Poseidon et la série des Jason (1, 2 et 3). A partir de 2021, SWOT (*Surface Water and Ocean Topography*) améliorera l'observation des océans, hauturiers et côtiers, ce qui permettra d'accéder à la mesure globale des hauteurs d'eaux continentales, fleuves, lacs et zones inondées. Au cœur de cette innovation technologique, KaRin, un altimètre radar interférométrique entièrement nouveau. Il fournira les données les plus fines jamais observées à ce jour et à grande échelle. Potentiellement très riche en applications, SWOT bénéficie aussi du PIA.



AVIS **D'EXPERT**



**JEAN-FRANÇOIS DONZIER**

DIRECTEUR GÉNÉRAL DE L'OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU

“

*Pour la première fois, les données hydrométriques haute résolution des grands fleuves et des lacs vont pouvoir être acquises”*

« Avec le changement climatique, il est indispensable de disposer de données précises sur les ressources en eau au niveau de chaque bassin versant, notamment dans le cas des bassins transfrontaliers, car on ne sait pas gérer ce qu'on ne sait pas mesurer. Or, depuis 30 ans, on note un déclin des bases de données hydrologiques dans le monde et en particulier en Afrique. L'utilisation des données

de l'altimétrie spatiale de nouvelle génération pourrait inverser cette tendance. Pour la première fois, les données hydrométriques haute résolution des grands fleuves et des lacs vont pouvoir être acquises, à l'horizon 2021, dans le cadre du programme franco-américain CNES-NASA du satellite SWOT auquel participent les agences spatiales canadienne et anglaise. »



## Un accord **français inédit**

**L**ors de la COP22 à Marrakech, sept institutions françaises orientées développement et aménagement des territoires, dont le CNES, ont signé un accord de groupe pour travailler sur de nouvelles approches de suivi des ressources en eau, intégrant les données spatiales. Cet accord, conclu sous le haut patronage du ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer, mobilise au profit des pays du Sud une expertise française reconnue au niveau mondial. Un sujet d'étude est au cœur des préoccupations sur le changement climatique et la biodiversité : le fleuve Congo avec ses 204 millions d'hectares de forêts tropicales humides et ses 25 000 km de voies navigables.



**11 JAN. • JAN.**  
Convention-cadre CNES-  
ministère de l'Environnement  
Framework agreement  
between CNES and the  
Ministry of the Environment

**11 MARS • MARCH**  
Lancement de **Sentinel-2B**  
Launch of **Sentinel-2B**

Faits Marquants **Highlights** 2017





# Stratéole 2

## OU L'ÉTUDE DU CLIMAT EN BALLONS

L'activité Ballons du CNES est l'une des plus reconnues au niveau mondial. Le projet international Stratéole 2, dont la décision de lancement a été prise en 2016, prévoit trois campagnes de mesure (2018, 2020, 2023). A chaque fois, une flottille de plusieurs ballons pressurisés stratosphériques (BPS), jusqu'à 20, effectuera pendant plusieurs mois des mesures des variables météorologiques (température, pression, vent, humidité), de gaz (gaz carbonique, ozone), du flux radiatif montant et du contenu en nuages. Ils voleront dans la zone intertropicale, à une altitude de 18-20 km, et documenteront de manière inédite les processus d'échanges entre la troposphère et la stratosphère, critiques dans le fonctionnement du climat à l'échelle globale. Les données collectées seront notamment utilisées pour valider les modèles météorologiques et climatiques.

### EXPERT VIEW

"Faced with climate change, it's vital to get precise data on water resources in each catchment basin, notably for cross-border catchments, as we can't manage what we can't measure. What's more, the number of hydrology databases around the world and especially in Africa has been declining for 30 years now. New-generation satellite altimetry data could reverse this trend. For the first time, high-resolution hydrometric data on major lakes and rivers will be acquired from 2021 by the joint French-U.S. CNES-NASA SWOT satellite mission in which the Canadian and UK space agencies are also involved."

### JEAN-FRANÇOIS DONZIER

DIRECTOR GENERAL OF OIEAU,  
THE INTERNATIONAL WATER OFFICE

### AN UNPRECEDENTED FRENCH AGREEMENT

At the COP22 in Marrakesh, seven French development and land-planning institutions, among them CNES, signed a group agreement to work on new approaches to water-resource management using satellite data. This agreement signed under the high patronage of the Ministry of the Environment, Energy and Maritime Affairs seeks to mobilize world-renowned French expertise in aid of Southern-Hemisphere nations. One focus of study in particular that crystallizes the concerns surrounding climate change and biodiversity is the Congo River and its 204 million hectares of tropical rainforest and 25,000 kilometres of navigable waterways.

### STRATEOLE 2 CLIMATE BALLOONS

CNES's expertise in scientific ballooning is world-renowned. The international Stratéole 2 project, which got the go-ahead in 2016, plans three flight campaigns in 2018, 2020 and 2023 with a flotilla of up to 20 stratospheric superpressure balloons that will stay aloft for several months to measure meteorology parameters (temperature, pressure, wind and humidity), carbon gases and ozone, ascending radiative flux and cloud content. They will fly 18-20 kilometres above the intertropical zone to acquire unprecedented records of stratosphere-troposphere exchange processes, which play a critical role in global climate. These data will be used in particular to validate meteorological and climate models.

JUIN • JUNE

Lancement de **Sentinel-5 Precursor** / Launch of **Sentinel-5 Precursor**

ÉTÉ • SUMMER

Lancement de **Venus** (France-Israël) / Launch of **Venus** (France-Israël)

10>11 OCT. • OCT.

Colloque de l'Académie de l'Air et de l'Espace sur le climat à Toulouse / French air and space academy symposium on climate in Toulouse

HIVER • WINTER

Lancement de **ADM-Aeolus** (ESA) et **Sentinel-3B** (ESA) and **Sentinel-3B**





**Les télécommunications et les flux de données sont au cœur de l'évolution de la société.** C'est une réalité dont nous sommes à la fois acteurs et témoins. Les technologies de télécommunications par satellite développées par le CNES favorisent ce mouvement.

**Telecommunications and data flows are driving the evolution of our modern society,** aided by satellite telecommunications technologies like those CNES is developing.

# Télécommunications



**27** JUN • JUNE

Accord CNES-Eumetsat  
pour l'emport d'Argos  
sur les satellites **Metop-NG**  
CNES-Eumetsat agreement  
to fly Argos instruments  
on **Metop** satellites



Faits Marquants **Highlights** 2016



Neosat  
la plateforme européenne  
des satellites du  
**FUTUR**  
*Neosat The European  
satellite platform of the future*

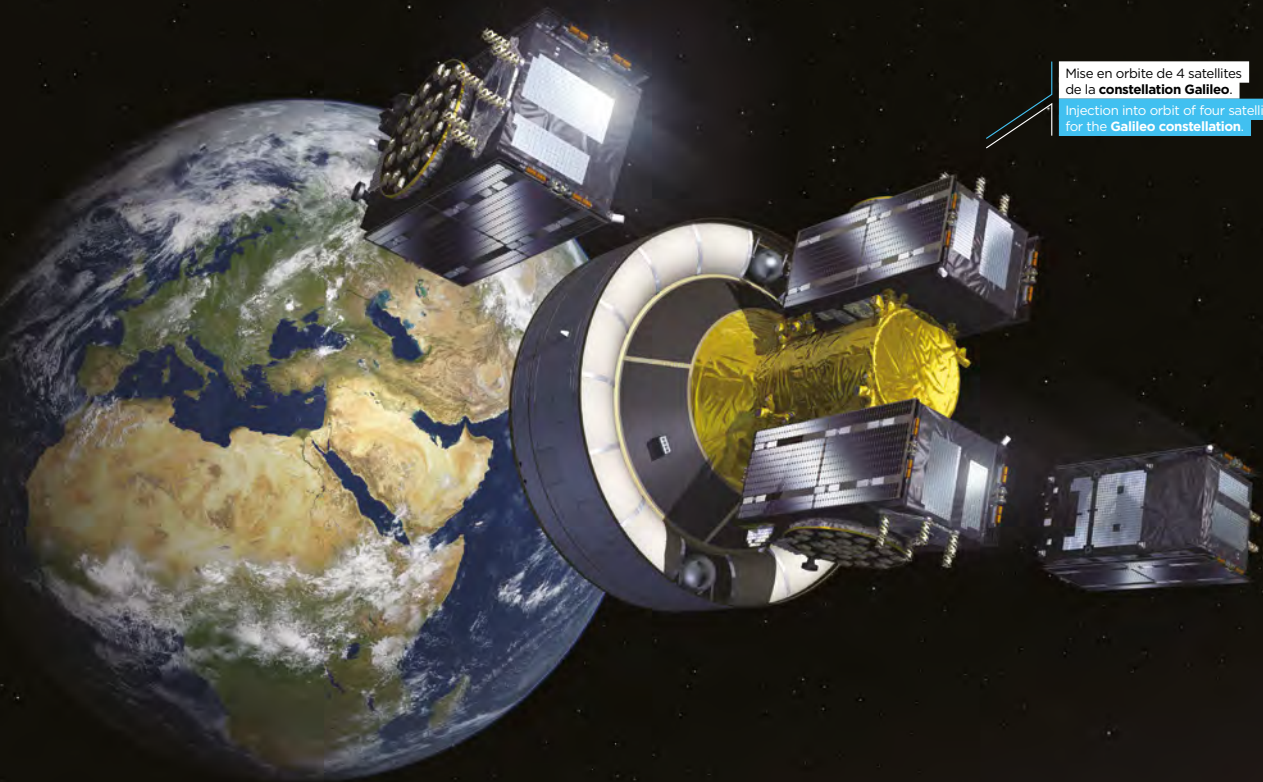
# Telecommunications

**29 JUIN • JUNE**  
Inauguration du centre  
de contrôle de mission  
français de **Cospas-Sarsat**  
Inauguration of the French  
**Cospas-Sarsat** mission  
control centre

**17 OCT. • OCT.**  
Première convention  
« **Espace et numérique** »  
First **Space & Digital**  
conference

**15 DEC. • DEC.**  
Ouverture des premiers  
services **Galileo**  
First **Galileo services**  
come on stream

**30 DEC. • DEC.**  
Ouverture des premiers  
services **MeoSar de**  
**Cospas-Sarsat / First**  
services come  
on stream



Mise en orbite de 4 satellites  
de la **constellation Galileo**.  
Injection into orbit of four satellites  
for the **Galileo constellation**.

## UN PLAN R&D 2017>2020

**L**a perspective du troisième volet du Programme d'Investissements d'Avenir et la tenue en décembre 2016 de la Conférence de Lucerne nécessitaient l'élaboration d'un plan de R&D pour les satellites de télécommunications couvrant la période 2017-2020. Cette réflexion a été menée au cours du premier semestre 2016 sous le pilotage du CNES, dans le cadre du COSPACE. Dans un secteur en pleine mutation caractérisé par des ruptures technologiques et de nouveaux *Business Models*, il était indispensable d'identifier les besoins, de sélectionner les cibles commerciales prioritaires, de définir les feuilles de route et l'organisation des projets de R&D à mener à bien pour permettre à l'industrie nationale d'élaborer les solutions demandées par le marché.

Pour maintenir la *leadership* français dans les télécommunications, c'est une proposition consensuelle qui a été présentée le 30 juin 2016 aux ministres de la Défense, de l'Industrie et de la Recherche. Ce plan est structuré en sept grandes filières technologiques et industrielles (notamment nouvelles plateformes, charges utiles très haute capacité, technologies optiques ou massivement numériques). Il porte une attention particulière à la préparation du futur et aux équipementiers dont dépend souvent la compétitivité des maîtres d'œuvre. La France a souscrit à hauteur de 200 M€ au programme de recherche avancée sur les systèmes de télécommunications (ARTES) de l'ESA. Plusieurs projets seront financés par le CNES. D'autres sont en préparation pour être soumis dans le cadre du PIA 3.





23 mai 2016 : Célébration à l'Élysée du premier anniversaire de la Nouvelle France Industrielle. Le Président du CNES a rappelé les enjeux des télécommunications spatiales et de la compétitivité de l'industrie nationale.

Ceremony at the Elysée Palace marking the first anniversary of France's NFI new industrial policy initiative, where CNES's President highlighted the challenges ahead for sustaining space telecommunications and maintaining the national industry's competitive edge.



## De la Nouvelle France Industrielle au **NewSpace**

L'équipe de France de l'espace – Etat, industriels, opérateurs, CNES – est devenue un acteur majeur du *NewSpace* grâce à la Nouvelle France Industrielle. La solution « Confiance numérique », l'un des piliers de cette stratégie de réindustrialisation, rassemble de grands projets structurants dont certains sont portés par le CNES. La génération des satellites tout électrique et les projets de constellations en orbite basse offrent des perspectives inédites pour la connexion permanente entre les personnes et l'Internet des objets. Le projet « Satellite à propulsion électrique » a été l'un des premiers à avoir été sélectionnés par la Nouvelle France Industrielle. Ce soutien a joué un rôle déterminant dans la mise en œuvre de la propulsion électrique de forte puissance par les industriels : à ce jour, neuf satellites utilisant ce type de propulsion ont déjà été commandés à Airbus Defence and Space et Thales Alenia Space. Le premier d'entre eux, E172B d'Eutelsat, s'envolera en avril 2017.

### 2017-2020 R&D PLAN

With the prospect of a third PIA future investment programme (PIA 3) and the ESA Ministerial Conference in Lucerne in December, a new R&D plan was needed for telecommunications satellites covering the 2017-2020 period. This task was completed during the first half of the year under CNES's direction within the framework of the CoSpace government-industry space coordination committee. In a fast-changing sector driven by disruptive technologies and new business models, it was vital to identify needs, select priority commercial targets, establish roadmaps and organize R&D projects to prime French industry for the solutions the market is calling for.

The proposed plan to maintain France's edge in telecommunications, presented on 30 June to the Ministers of Defence, Industry and Research, is the result of a consensus. This plan is structured around seven main technological and industrial threads, notably new spacecraft buses, very-high-capacity payloads, and optical or massively digital technologies. It is focused especially on readying for the future and on equipment manufacturers, on whom prime contractors' competitiveness often depends. France has subscribed €200 million for ESA's Advanced Research in Telecommunications Systems programme (ARTES). Several projects will be funded by CNES and others are being prepared for submission under PIA 3.

### FROM NFI TO NEWSPACE

France's space team of government representatives, industry contractors, operators and CNES has established itself as a prime mover in *NewSpace* thanks to the NFI new industrial policy initiative. The Trust in Digital solution, one of the pillars of this industrial renewal strategy, encompasses large-scale structural projects of which some are being led by CNES. All-electric satellites and low-Earth orbit constellation projects promise to connect people with the Internet of Things (IoT). Indeed, the electric-propulsion satellite project was one of the first to be selected under the NFI initiative. Such support has proved crucial in helping contractors to devise electric propulsion solutions and Airbus Defence & Space and Thales Alenia Space have already received orders for nine satellites of this type. The first, Eutelsat's E172B, is set to be orbited in April 2017.



## Le CNES un **acteur discret**

**E**n septembre 2016, l'opérateur SES a commandé à Thales Alenia Space (TAS) un satellite tout électrique en bande Ka pour offrir, sur le continent américain, des services Internet très haut débit aux passagers des avions commerciaux. SES-17 recourt à des développements issus des travaux du CNES : plateforme Neosat à propulsion électrique et services THD-Sat.

## **Galileo** : les premiers services

**L**e système de positionnement européen Galileo a franchi deux étapes majeures au dernier trimestre 2016. Tout d'abord, le lancement parfaitement réussi et en une seule fois de quatre satellites supplémentaires par Ariane 5. Cette opération a ainsi permis de déclarer, le 15 décembre dernier, l'ouverture des services initiaux Galileo. Une étape en forme de feu vert donné aux fabricants de récepteurs, en particulier, pour accéder les activités industrielles correspondantes.



“  
*Une place de  
choix au sein de  
Cospas-Sarsat  
et sur la scène  
mondiale de la  
recherche et du  
sauvetage.*”

AVIS **D'EXPERT**



**BRUNO CHAZAL**

RESPONSABLE DU PROGRAMME COSPAS-SARSAT AU CNES, PRÉSIDENT  
EN 2016 DU CONSEIL DE L'ORGANISME DE SAUVETAGE

« La France et le CNES ont impulsé, avec leurs partenaires, une dynamique pour renforcer l'efficacité du système Cospas-Sarsat. Ils jouent un rôle déterminant dans sa gouvernance et sa programmation pour répondre aux besoins des administrations utilisatrices, à la mesure du poids de l'aviation civile nationale et de l'importance des questions maritimes pour notre pays dont le domaine maritime est le deuxième mondial. Leur expertise est également reconnue, internationalement, dans le domaine de la technique et des opérations. Ces deux rôles, indispensables l'un à l'autre, confèrent à la France et au CNES, une place de choix au sein de Cospas-Sarsat et sur la scène mondiale de la recherche et du sauvetage. »



1 500

C'est le nombre de vies sauvées dans le monde, chaque année, grâce aux balises de sauvetage par satellites



## Une nouvelle ère pour **Cospas-Sarsat**

2016 a été une année clé pour Cospas-Sarsat, le système de recherche et de sauvetage par satellites. Une deuxième génération de balises de détresse est en préparation. Les balises aéronautiques évoluent pour répondre aux besoins exprimés par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale pour le suivi des avions en détresse. Sur-tout, les systèmes actuellement opérationnels basés sur des satellites en orbite basse (LeoSar) et sur des satellites en orbite géostationnaire (GeoSar) vont transiter vers le système MeoSar (Medium Earth Orbit Search and Rescue) qui utilise des satellites en orbite moyenne : Galileo pour l'Europe, GPS pour les États-Unis et Glonass pour la Russie. MeoSar permettra de disposer à terme d'une couverture mondiale et de localiser précisément les balises de détresse activées, en quasi temps réel. Ce changement est un atout majeur pour mener à bien les opérations de recherche et de sauvetage dans des délais réduits.

Le Conseil de l'organisation internationale Cospas-Sarsat s'est tenu à l'Unesco, à Paris, du 1<sup>er</sup> au 8 décembre, sous la présidence du CNES. Le Conseil a notamment décidé l'entrée en vigueur immédiate de la première phase du système MeoSar, ce qui a permis la distribution opérationnelle des premières données de détresse. Le système devrait être totalement opérationnel en 2020.

### CNES WORKING BEHIND THE SCENES

In September, operator SES placed an order with Thales Alenia Space for an all-electric K<sub>a</sub>-band satellite to deliver fast-broadband Internet connectivity for commercial airline passengers over the American continent. SES-17 will leverage technologies developed by CNES, notably the Neosat electric-propulsion spacecraft bus and THD-Sat services.

### FIRST GALILEO SERVICES

Europe's Galileo positioning system passed two key milestones in the last quarter of 2016, with the successful launch of four additional satellites on a single Ariane 5 flight and the subsequent opening on 15 December of initial Galileo services, sending the signal for receiver manufacturers and other stakeholders to ramp up their efforts.

### EXPERT VIEW

"France and CNES have worked hard with their partners to make the Cospas-Sarsat system more effective than ever. They are playing a key role in the organization's governance and planning, serving the needs of user authorities, commensurate with the clout wielded by France's civil aviation and the importance of maritime issues for our nation, which possesses the second largest maritime domain in the world. Their technical and operational expertise is also world-renowned. These two roles, which are equally vital, confer France and CNES a unique place within Cospas-Sarsat and in the international search-and-rescue arena."

### BRUNO CHAZAL

CNES'S COSPAS-SARSAT PROGRAMME MANAGER AND 2016 COUNCIL CHAIR

### A NEW ERA FOR COSPAS-SARSAT

2016 was a pivotal year for the Cospas-Sarsat satellite-based search-and-rescue system. A second generation of distress beacons is in development and aeronautical emergency locator beacons (ELBs) are evolving to meet new aircraft tracking requirements from the International Civil Aviation Organization (ICAO). Most of all, the current systems that rely on satellites in low-Earth orbit (LEOSAR) and geostationary orbit (GEOSAR) are going to transition to the new MEOSAR system (Medium Earth Orbit Search and Rescue) that will use Galileo for Europe, GPS for the United States and Glonass for Russia. MEOSAR will ultimately offer global coverage and the ability to precisely locate distress beacons in near-real time, a key advantage for dispatching search-and-rescue teams in timely fashion to give distress callers the best chance of survival.

The Council of the international Cospas-Sarsat organization, meeting 1-8 December at UNESCO in Paris under the chairmanship of CNES, gave the go-ahead to engage the Early Operational Capability (EOC) phase of its new MEOSAR system, thus enabling operational distribution of the first MEOSAR distress call data. The system should be fully operational by 2020.

### 1,500

Lives saved every year thanks to satellite distress and emergency locator beacons.

PRINTEMPS • SPRING  
Lancement du satellite E172B  
d'Eutelsat, premier satellite  
tout électrique français  
Launch of Eutelsat's E172B,  
the first all-electric French  
satellite

AUTOMNE • AUTUMN  
Livraison des premiers  
satellites de la constellation  
OneWeb (fabriqués à  
Toulouse) / Delivery of first  
satellites built in Toulouse for  
the OneWeb constellation





**Les moyens spatiaux contribuent à la paix et à la sécurité des citoyens.**

Le CNES coopère avec le ministère de la Défense pour concevoir des systèmes performants et au meilleur coût au profit des forces françaises. Une coopération élargie aux pays tiers pour certains programmes.

**Space assets are helping to maintain peace and assure citizens' security.**

CNES is working with the Ministry of Defence to conceive reliable and affordable space systems for France's armed forces. For certain programmes, this cooperation is extended to other partner nations.

# Défense



OTOS la nouvelle  
génération du système à très  
**HAUTE RÉOLUTION**  
pour une application civile et  
militaire à l'horizon post-2020.  
*OTOS the new-generation  
very-high-resolution system  
for civil and military applications  
beyond 2020.*



# Defence

**24 FEV. • FEV.**

**Recherche duale** : nouveau  
protocole CNES-Direction  
générale de l'armement  
**CNES and French defence  
procurement agency DGA  
sign a memorandum on  
dual-use research**

**1er JUILLET • JULY**

**Début des services  
anticollision français** dans  
le cadre du consortium  
européen pour la  
surveillance de l'espace  
**Start of French conjunction  
assessment services for  
European space surveillance  
and tracking consortium**





## UNE COOPÉRATION européenne

**P**lus de 23 000 satellites artificiels et objets divers de plus de 10 centimètres gravitent autour de la Terre. Plusieurs dizaines de milliers en comptant les objets et débris de quelques centimètres. Un état de fait qui engendre des menaces de collision. Dans le cadre de leur coopération pour la surveillance de l'espace, le CNES et la Défense conduisent ensemble la participation française au Consortium de pays européens (Allemagne, Espagne, France, Italie et Royaume-Uni) visant à offrir à l'Union européenne un plus grand niveau d'autonomie et de meilleurs services dans les domaines de l'anticollision, de la gestion des rentrées à risque et de la surveillance des fragmentations.

Cette coopération, basée sur un « Consortium Agreement », vise à un meilleur partage des moyens et des données dans le cadre du programme de soutien à la surveillance de l'espace et au suivi des objets en orbite. Le 1<sup>er</sup> juillet 2016, la France a commencé à intégrer dans ce processus européen les services anticollision CAESAR (*Conjunction Analysis and Evaluation Service, Alerts and Recommendations*) du CNES. Ils exploitent des informations émanant des capteurs de la Défense française et des données de ses partenaires étrangers, en particulier américains. Ces données sont présentées sur un serveur du Centre satellitaire de l'Union européenne. Les travaux se poursuivront en 2017 avec les négociations pour l'accueil des nouveaux candidats au Consortium : Pologne, Portugal, Finlande, Roumanie et Suède.







“  
**Dans le domaine  
 de la surveillance  
 de l'espace, le CNES  
 dispose d'expertises  
 uniques en Europe**”

AVIS **D'EXPERT**



**PASCAL FAUCHER**

ÉQUIPE DÉFENSE ET SÉCURITÉ DU CNES,  
 REPRÉSENTANT FRANÇAIS AU STEERING COMMITTEE  
 DU CONSORTIUM SPACE SURVEILLANCE AND TRACKING

« Dans le domaine de la surveillance de l'espace, le CNES dispose d'expertises uniques en Europe. Son centre d'orbitographie opérationnelle surveille et protège 23 satellites institutionnels des risques de collision avec les débris spatiaux. Son équipe en charge des études orbitales et des simulations évalue la situation future générée par la multiplication des satellites et la mise en service de méga-constellations comme OneWeb. En outre, nos liens avec la Défense française nous donnent accès au catalogue Graves, système unique en Europe de suivi des objets en orbite. Toutes ces actions menées avec la Défense et avec nos partenaires étrangers sont précieuses pour la viabilité à long terme des activités spatiales. »

## EUROPEAN COOPERATION

More than 23,000 man-made satellites and other objects bigger than 10 centimetres and tens of thousands more debris fragments no larger than a few centimetres are circling Earth, a fact that makes collisions in space a clear threat. As part of cooperation efforts in the area of space surveillance and tracking, CNES and the French defence community are overseeing France's participation in the consortium of European nations—Germany, Spain, France, Italy and the United Kingdom—that aims to give the European Union greater independence and improved services to manage conjunction assessment and high-risk re-entries and to track debris fragmentation. This joint effort, governed by a Consortium Agreement, intends to achieve better sharing of resources and data through the space surveillance and tracking (SST) support programme. On 1 July 2016, France began to integrate CNES's CAESAR Conjunction Analysis and Evaluation Service, Alerts and Recommendations in this European process, which uses data collected by French military sensors and from international partners, in particular the United States. These data are posted on a server at the European Union Satellite Centre. Work will continue in 2017 with negotiations to bring Poland, Portugal, Finland, Romania and Sweden into the consortium.

### EXPERT VIEW

"CNES's expertise in space surveillance and tracking is unique in Europe. Its operational orbit determination centre (COO) tracks and protects 23 institutional satellites from space debris conjunctions. Its orbital study and simulation team conducts look-ahead assessments of conjunctions generated by the increasing number of satellites and future deployment of mega-constellations like OneWeb. Our close ties with the French military also give us access to the Graves catalogue, the only space object tracking system of its kind in Europe. All these actions pursued with France's defence community and our international partners are vital to sustain space operations in the long term."

### PASCAL FAUCHER

CNES DEFENCE & SECURITY TEAM, FRANCE'S  
 REPRESENTATIVE ON THE STEERING COMMITTEE OF THE  
 SPACE SURVEILLANCE AND TRACKING CONSORTIUM

Le satellite **CSO/MUSIS**

assurera la relève du système Helios.

The **CSO/MUSIS** satellite is set  
 to take over from the Helios system.



**PLUS AGILE  
ET PLUS PRÉCIS :**

# le futur

**DE L'OBSERVATION  
OPTIQUE MILITAIRE**

La France a toujours été à la pointe des programmes de satellites d'observation optique grâce, en particulier, à l'action déterminante du CNES. La Défense bénéficie aujourd'hui des données des constellations Hélios 2 (militaire) et Pléiades (duale) et travaille à leur succession avec l'Agence spatiale française. Dans le cadre de sa délégation de maîtrise d'ouvrage, le CNES pilote le développement du successeur d'Hélios 2, le programme CSO réalisé par les industriels Airbus Defense and Space et Thales Alenia Space. Cette capacité devrait entrer en service opérationnel en 2019. CSO désigne la Composante Spatiale Optique du futur système d'imagerie optique et radar Musis (*Multinational Space-based Imaging System*).



La constellation de trois satellites permettra l'acquisition d'images à très haute résolution de jour comme de nuit avec un haut niveau d'agilité.

Pour ce qui est des satellites duaux, les deux industriels majeurs ont lancé des projets en propre. Dans ce cadre, le CNES concentre son action sur la préparation du programme post-CSO, sur l'amélioration de la compétitivité des industriels français et sur des projets de satellites incluant des technologies disruptives comme l'optique active. Au-delà du programme technologique OTOS en cours, il conduit, avec le ministère de la Défense, des réflexions pour déterminer les programmes concrets futurs.



## Des technologies innovantes pour les télécommunications

**P**our le programme militaire de télécommunications Syracuse 4, qui succédera à la constellation de satellites Syracuse 3 à partir de 2020, le CNES fournit son soutien et son expertise dans le cadre d'une équipe intégrée avec la Direction générale de l'armement qui assure la maîtrise d'ouvrage. Le CNES poursuit les développements technologiques sur les charges utiles Ka des deux satellites Syracuse 4. En 2016, les travaux sur le « processeur numérique transparent » de troisième génération ont franchi les étapes attendues. Ce nouveau processeur, cœur des futurs satellites de télécommunications, apportera l'agilité et la flexibilité nécessaires grâce à la gestion dynamique des signaux. Ses performances seront quintuplées par rapport aux générations précédentes.



## Athena-Fidus

**L**e programme dual franco-italien Athena-Fidus a été intégré au dispositif de sécurité de l'Euro 2016 de football organisé en France : une liaison satellite durcie en fonction « secours » a été mise en œuvre depuis le Centre spatial de Toulouse, au profit des autorités gouvernementales dans le cadre de la sécurité de l'événement.

## MORE AGILE, MORE PRECISE OPTICAL MILITARY RECONNAISSANCE

France has always led the way with its optical Earth-observation satellite programmes, largely thanks to the efforts of CNES. Today, the French military is able to rely on data from the Helios 2 military and Pleiades dual-use constellations, and is working with the agency on their successors.

CNES has been delegated oversight responsibility for development of the successor to Helios 2, the CSO programme being executed by industry contractors Airbus Defence & Space and Thales Alenia Space. This new capability is planned to enter operational service in 2019. CSO (for Composante Spatiale Optique in French) is the optical space component of the future Multinational Space-based Imaging System (MUSIS). The constellation of three satellites will enable acquisition of day/night very-high-resolution imagery with a high degree of agility.

Two leading contractors have launched their own dual-use satellite projects, while CNES is focusing its actions on laying the groundwork for a post-CSO programme, on boosting French contractors' competitiveness and on satellite projects leveraging disruptive technologies like active optics. Besides the OTOS technology programme already underway, it is working with the Ministry of Defence to outline future concrete programmes.

### INNOVATIVE TELECOMMUNICATIONS TECHNOLOGIES

For the Syracuse 4 military telecommunications programme set to succeed the Syracuse 3 satellite constellation from 2020 onwards, CNES is providing its support and expertise through an integrated team with the French defence procurement agency DGA, which is overseeing the programme.

CNES is pursuing technology developments for the K<sub>s</sub>-band payloads of the two Syracuse 4 satellites. In 2016, work on the third-generation transparent digital processor reached the planned milestones. This new processor, which will form the core of future telecommunications satellites, will afford greater agility and flexibility through dynamic signal management, bringing a fivefold increase in performance over previous generations.

### ATHENA-FIDUS

The French-Italian dual-use Athena-Fidus programme was drafted into the Euro 2016 football championship in France, supplying a hardened back-up satellite link operated from the Toulouse Space Centre for the authorities tasked with assuring the event's security.

Début de l'intégration de l'instrument CSO dans la plateforme du futur système Musis / Start of integration of CSO instrument on the bus of the future MUSIS system

OTOS : Livraison et fin des activités sur le modèle de qualification PNT 3G / OTOS: Delivery and completion of the PNT 3G qualification model

FAST : Intégration du télescope actif complet / FAST: Integration of the complete active telescope





# Innover

## POUR IMAGINER L'ESPACE DE DEMAIN

L'innovation est inscrite dans l'ADN du CNES. Transformer les technologies connues, inventer de nouveaux concepts, « penser à côté » comme l'a théorisé Einstein, est la voie choisie par le CNES pour rendre l'espace toujours plus utile à l'homme. L'espace comme moyen de développement de nouveaux services. L'espace comme sujet de nouvelles découvertes sur l'origine de la vie. L'espace indispensable à la vie sur la Terre.



### Une Journée de l'Innovation orientée « ruptures créatrices »

600 participants venus de tous horizons, agences spatiales, organismes de recherche scientifique et technologique, représentants d'institutions et de l'Etat, entreprises, ont assisté à cette première Journée de l'Innovation organisée par le CNES, le 27 janvier 2016. En remplaçant la traditionnelle Journée R&T par cette « fête de l'innovation », le CNES voulait affirmer son ancrage dans une démarche résolument tournée vers les approches disruptives. En soutenant l'innovation technique et technologique dans le secteur spatial, le CNES assume les risques et soutient la compétitivité de l'industrie française dans un contexte international très concurrentiel.

### Un appel à idées hors des sentiers battus

**P**roduire et sélectionner de nouvelles idées en évitant les cloisonnements. Tel était l'objectif de cette journée « nouvelle formule » dont l'intention était de faire émerger les technologies, les infrastructures et les systèmes de nouvelle génération. 280 propositions de R&T, issues d'un total de 700 idées reçues quelques mois plus tôt des laboratoires, des PME, des ETI, des maîtres d'œuvre industriels, des grands groupes et des ingénieurs du CNES, ont ainsi été évoquées. Par ailleurs, deux initiatives ont marqué cette journée. D'une part, Charles Elachi, alors Directeur du JPL (Jet Propulsion Laboratory) de la NASA à Pasadena (Californie), l'un des principaux partenaires du CNES, a mis en avant la culture de l'innovation de son organisation. D'autre part, les experts du CNES ont présenté les 10 technologies clés pour l'espace de demain.

## Des technologies clés pour l'espace de demain

Parmi ces technologies considérées comme essentielles pour les systèmes orbitaux et les lanceurs du futur, quelques-unes sont d'ores et déjà très prometteuses. D'ici quelques années, elles devraient avoir atteint le niveau de maturité les qualifiant pour des missions opérationnelles. Etudes conceptuelles, simulations et maquettes offrent des perspectives encourageantes. La **fabrication additive** ou impression 3D, à fort potentiel, est intrinsèquement liée à la démarche d'innovation. Cette méthode industrielle par ajout de couches successives à partir d'une maquette numérique (en opposition aux procédés classiques par retrait de matière) permet de réaliser des éléments de plateforme ou de charge utile innovants ou plus performants. Les **matériaux thermoplastiques** représentent, quant à eux, des avancées en raison de leurs propriétés thermiques et mécaniques supérieures à celles des matériaux traditionnels. Si les composites sont déjà largement utilisés sur les satellites et les lanceurs, les thermoplastiques simplifient notamment les procédés de fabrication. Dans le domaine des carburants de demain, les **ergols verts** occupent une place de choix. Leurs avantages : toxicité réduite et performances accrues. Le CNES travaille sur ce sujet avec l'Onera pour évoluer vers une propulsion chimique basée sur des molécules associant stabilité, meilleure performance et respect de la réglementation européenne Reach (*Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemical substances*). L'activité de recherche du CNES s'intéresse aussi de près aux données et à leur traitement. Le **Big Data** a déjà fait son entrée dans le spatial en raison de la très forte volumétrie engendrée par les nouveaux programmes d'observation de la Terre ou d'astronomie. Citons aussi, dans une optique d'optimisation du rapport coût/qualité, la validation du recours aux **composants sur étagère** (les COTS) encore peu usités dans le secteur spatial, ou la préférence donnée à la **technologie CMOS** au détriment des détecteurs CCD pour les futurs capteurs optiques de très haute résolution.



## INNOVATING AND INVENTING THE FUTURE OF SPACE

Innovation is deep in CNES's DNA. Transforming familiar technologies, inventing new concepts and thinking outside the box as Albert Einstein did is the path CNES has chosen to keep increasing space's utility to humankind—as a means of developing new services, as the source of new discoveries about the origins of life, and as an asset vital to life on Earth.

**INNOVATION DAY FOCUSED ON CREATIVE DISRUPTIONS**  
CNES's first Innovation Day on 27 January 2016 attracted 600 participants from a range of horizons including space agencies, science and technology research bodies, representatives of institutions and government, and business. The new name and format of the traditional R&T Day signals the agency's resolutely disruptive approach to innovation. By supporting technical and technological innovation in the space sector, CNES is taking risks and helping French industry to hone its edge in the fiercely competitive global marketplace.

### A CALL FOR IDEAS WITH A DIFFERENCE

The idea of this new-look event was to elicit and select new ideas to nurture new-generation technologies, infrastructures and systems, thus avoiding a 'stovepipe' approach. Attendees got the chance to discuss 280 R&T proposals from a total of 700 ideas submitted by SMEs, mid-tier firms, industrial prime contractors, big groups and CNES engineers. The day was marked by presentations from Charles Elachi, Director of NASA's Jet Propulsion Laboratory (JPL) in Pasadena, one of CNES's main partners, on JPL's innovation culture, and from CNES experts on 10 key technologies for the future of space.

### KEY FUTURE TECHNOLOGIES FOR SPACE

A number of these technologies considered vital for future orbital systems and launchers are already showing great promise and should have reached operational maturity within a few years. Concept studies, simulations and models are offering good prospects.

**Additive manufacturing (AM)**, also known as 3D printing, is an inherently innovative method with great potential. Instead of the traditional reductive machining method that removes material, AM builds up parts in successive layers from a digital model to enable production of innovative and more-sophisticated elements for spacecraft buses and payloads.

**Thermoplastic materials** afford better thermal and mechanical properties than traditional materials. While composites are already widely used on satellites and launchers, thermoplastics simplify fabrication processes in particular.

Less toxic while delivering better performance, **green propellants** will be among the fuels of the future.

CNES is working in this area with the French aerospace and defence research agency ONERA to move towards chemical propulsion using molecules that combine stability, performance and compliance with European REACH regulations (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemical substances).

CNES is also concentrating research on data processing.

**Big Data** is already making its mark in space as a result of the huge volumes of data generated by new Earth-observation and astronomy programmes. And with a view to optimizing value for money, **commercial off-the-shelf (COTS) components** are increasingly being used in the space sector and manufacturers are preferring **CMOS technology** over CCD detectors for their future very-high-resolution optical sensors.

EN DIRECT  
DES

## centres

## Le Siège



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

- En 2016, une nouvelle **Direction de la Programmation, de l'International et de la qualité (DPI)** a vu le jour au Siège et est également bilocalisée à Toulouse.

- Le nouveau Forum des Halles, avec son immense Canopée, à quelques dizaines de mètres du Siège, a été achevé pour sa première partie, en avril. Ce chantier de quatre ans n'a pas été sans incidence dans la vie des salariés.

## La Direction des lanceurs



La 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 Ariane 6.

- 2016 a été une année de consolidation de la gouvernance du secteur des lanceurs et du positionnement de la DLA et a vu la consolidation technique et programmatique des projets.
- Le partage de la maîtrise d'œuvre entre ASL (Airbus Safran Launchers), pour le développement

du lanceur et le CNES, pour la **construction des installations sol et la consolidation technique et programmatique des projets** ont créé pour eux une obligation de « réussir ensemble ».

- Un **protocole multi-parties ESA-CNES-ASL** pour les essais combinés d'Ariane 6 a été signé, confiant une part importante au CNES qui aura les responsabilités de réalisateur d'essais et de chef d'établissement des installations.
- L'année 2016 a également permis d'asseoir au niveau européen le projet **Prometheus**, précurseur d'un moteur à bas coût imaginé par le CNES en partenariat avec ASL.
- **Callisto, projet d'un démonstrateur système réutilisable**, a mis en œuvre deux coopérations avec d'une part, le DLR et d'autre part, la JAXA.

Le Centre spatial  
de Toulouse

Le CST est le plus grand centre technique et opérationnel du CNES. Ses ingénieurs imaginent, étudient, conçoivent, réalisent, mettent à poste, contrôlent et exploitent les systèmes orbitaux. Ils sont aussi en charge d'aider au développement des données spatiales pour le bénéfice de tous et d'imaginer le spatial de demain dans un souci d'innovation et de créativité.

- **Le nouveau centre de contrôle Cospas-Sarsat** a été inauguré le 28 juin. Embarquée sur des satellites GNSS à moyenne altitude, une constellation nommée MeoSar remplacera, à terme, le système actuel qui fonctionne à partir de satellites en orbite basse et géostationnaire.
- Dédié aux opérations Ballons, le **site d'Aire-sur-l'Adour** a célébré ses 50 ans, le 1<sup>er</sup> octobre. Ce site est centré aujourd'hui sur le lâcher de ballons légers à vocation scientifique et l'entraînement des équipes opérationnelles.
- Après la **Direction de l'Innovation, des Applications et de la science (DIA)** mise en place début 2016, deux nouvelles directions ont vu le jour à Toulouse, en fin d'année : la **Direction des Systèmes Orbitaux (DSO)** et la **Direction du Numérique, de l'exploitation et des Opérations (DNO)**.





## Le Centre spatial guyanais

Le CSG est l'un des sites de lancement les plus modernes et les plus performants au monde. Ses équipes 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.

- En mai, la société Eiffage a procédé à la livraison du chantier de terrassement de l'**Ensemble de lancement Ariane 6**. Avec le groupement Eclair6, la société a également été retenue en juillet par le CNES pour la réalisation du lot Infrastructures du projet.
- Le CNES a par ailleurs procédé en septembre au **sixième essai à feu du moteur à propergol solide (MPS)** au bâtiment d'essai des accélérateurs à poudres (BEAP), permettant ainsi de valider des évolutions technologiques sur Ariane 5.
- Le CNES a renforcé sa dotation dans le cadre de la **convention CNES/Etat/Collectivité territoriale de Guyane (CTG)** (+1,39 M€ qui se rajoute aux 27 M€ au titre des projets n'appelant pas de fonds européens).

## FROM THE SPACE CENTRES

### HEAD OFFICE

CNES's Head Office is responsible for mapping out French and European space policy and for crafting and coordinating CNES's national, European and international programmes.

- In 2016, a new **Directorate of Planning, International Relations and Quality (DPI)** was created, located at Head Office and in Toulouse.
- The first part of the new Forum des Halles and its huge canopy structure, next to Head Office, was completed in April. This major construction project was not without its inconveniences for the agency's employees.

### LAUNCH VEHICLES DIRECTORATE

The Launch Vehicles Directorate (DLA) has been developing Ariane launchers for over 40 years. Its specialists are working harder than ever on Europe's future Ariane 6 vehicle.

- The launch sector's governance and DLA's position within it were consolidated in 2016, as were the technical and programmatic aspects of projects.
- Airbus Safran Launchers (ASL), in charge of Ariane 6's development, and CNES, in charge of construction of ground facilities, now share prime contractor responsibility, working together for success.
- An **ESA-CNES-ASL memorandum** was signed concerning combined testing of Ariane 6, giving CNES responsibility for conducting tests and heading up the new facilities.
- The **Prometheus project** to develop a precursor low-cost engine conceived by CNES in partnership with ASL was also confirmed at European level.
- **Callisto, a project to develop a reusable launch system demonstrator**, was set in train with two partners, DLR and JAXA.

### GUYANA SPACE CENTRE

The Guiana Space Centre (CSG) is one of the most modern and effective launch sites in the world. Its teams are in charge of launching all European launchers. Ideally located near the equator, the spaceport is a major asset for Europe's space programme

- In May, Eiffage completed initial earthwork for the new **Ariane 6 ELA4 launch complex**. As part of the Eclair6 consortium, it was also awarded the contract to build the ELA4 infrastructures.
- In September, CNES conducted the **sixth hot-fire test of the MPS solid-rocket booster** in the BEAP booster test building, thereby validating technology upgrades to Ariane 5.
- CNES increased its funding contribution under the agency's **agreement with the government and the French Guiana regional council (CTG)**, adding €1.39 million to the €27 million already appropriated, for projects not benefiting from European funding.

### TOULOUSE SPACE CENTRE

The Toulouse Space Centre (CST) is CNES's biggest technical and operational centre. Its engineers conceive, study, design, build, position, control and operate orbital systems. Their work also involves fostering the use of satellite data for the benefit of all and innovating and creating to imagine tomorrow's space systems.

- The new **Cospas-Sarsat French Mission Control Centre (FMCC)** was officially opened on 28 June. Using GNSS satellites in medium-Earth orbit, a new MEOSAR constellation will ultimately replace the current system operating with satellites in low-Earth (LEOSAR) and geostationary (GEOSAR) orbits.
- The **Aire-sur-l'Adour** balloon launch facility celebrated its 50<sup>th</sup> anniversary of operations on 1 October. This facility is today focused on launching light science balloons and training operations teams.
- After the **Directorate of Innovation, Applications and Science (DIA)** set up at the start of 2016, two new directorates were created in Toulouse at the end of the year: the **Directorate of Orbital Systems (DSO)** and the **Directorate of Digital Technologies and Operations (DNO)**.

## CAPITALE EUROPÉENNE DE L'ESPACE

# Toulouse

**2016** a incontestablement été l'année du Toulouse space show. Organisé tous les deux ans, en alternance avec le Salon du Bourget, cet événement institutionnel qui rassemble les principaux acteurs mondiaux du spatial (infrastructures et applications) s'est révélé une nouvelle fois être un laboratoire d'idées, d'échanges, de technologies et de savoir-faire entre le monde industriel et la communauté scientifique. Le CNES a apporté sa contribution pour que ce rendez-vous prenne un nouvel essor et s'ancre définitivement dans le paysage des grands salons internationaux. Cet événement conforte aussi Toulouse en tant que capitale européenne de l'espace.

Avec l'Inde comme Etat invité d'honneur, de nombreux échanges ont eu lieu autour de rendez-vous dédiés. Pour cette cinquième édition, l'événement organisé conjointement avec la Région Occitanie, Toulouse Métropole et la Chambre de Commerce et d'Industrie de Toulouse, a tout simplement doublé sa fréquentation (3 000 visiteurs) avec un public venant de 46 pays différents (+57 % de participants étrangers). Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si plus de 2 000 rendez-vous d'affaires s'y sont tenus. Mais derrière cette affluence record, l'enjeu de 2016 était bien d'ancrer le format de cette manifestation avec de nouvelles initiatives comme le village des start-up, la version internationale d'ActInSpace et l'événement grand public sur le thème de l'exploration spatiale qui a été apprécié pour son originalité. Les participants ont souligné le dynamisme, le foisonnement et l'animation qui régnaient au Centre de Congrès Pierre Baudis. Ils sont déjà sur les startings-block pour l'édition 2018.

Le stand du CNES au  
Toulouse space show 2016

CNES's stand at the 2016  
Toulouse space show.



# 5 millions

C'est le nombre de personnes touchées par les publications du CNES sur sa page Facebook, pour la seule semaine du 17 novembre 2016, marquée par le lancement et l'amarrage de Proxima et la mise en orbite de quatre satellites Galileo par Ariane 5.



## Partenariat Air France

À l'occasion du départ de l'astronaute français Thomas Pesquet pour un séjour de six mois dans l'espace, le CnesMag 70 dédié à la science dans la Station spatiale internationale a été distribué exceptionnellement par Air France grâce à un partenariat inédit avec le CNES. Durant le mois de novembre 2016, plus de 10 000 exemplaires ont été diffusés dans les salons de la compagnie à Paris, Bordeaux et Lyon. Une année qui se termine bien pour CnesMag qui recevait, en février, deux prix qui le récompensaient pour sa créativité graphique et son originalité éditoriale : TopCom et CMA Award.



## TOULOUSE - EUROPE'S SPACE CAPITAL

2016 was indisputably the year of the Toulouse Space Show. The biennial event focusing on infrastructures and applications, alternating with the Paris Air Show, brings together the main players from the world of space and the latest edition proved once again that it is a laboratory for ideas, discussion, technologies and know-how bridging industry and the scientific community. CNES has been instrumental in injecting new momentum into the event to make it a permanent feature of the international exhibition calendar.

The show also confirmed Toulouse as Europe's space capital. India was guest of honour and a series of special events gave plenty of opportunities for constructive discussion. The fifth edition, organized in partnership with the Occitanie regional council, Toulouse Métropole and the Toulouse Chamber of Commerce and Industry, saw attendance double, with 3,000 visitors from 46 countries and participation from abroad up 57%. As a result, more than 2,000 business meetings were held during the show.

Besides the record attendance levels, the goal for 2016 was to establish the format of the show with new initiatives like the start-up village, the international final of the #ActInSpace competition and an original public event on the theme of space exploration, which was much appreciated.

All present underlined the vibrant buzz at the Pierre Baudis Conference Centre and are already looking forward to the next one in 2018.

### PARTNERSHIP WITH AIR FRANCE

To mark French astronaut Thomas Pesquet's departure for a six-month stay on the International Space Station (ISS), CnesMag 70 turned the spotlight on space science and was distributed specially for the occasion by Air France. During November, more than 10,000 copies of the magazine were made available in the airline's lounges in Paris, Bordeaux and Lyon. CnesMag also got the New Year off to a great start, winning two prizes—TopCom and a CMA Award—in February for its graphic design and editorial content.

### 5 million

That's the number of people reached by CNES publications on its Facebook page for the week of 17 November, marked by the launch and docking of Thomas Pesquet's Proxima mission to the ISS and the launch of four Galileo satellites by Ariane 5.

Séminaire Managers à Toulouse avec 250 participants / **Managers seminar** in Toulouse with 250 participants

FEV. • FEV. •

30<sup>e</sup> anniversaire de la filière SPOT dans les quatre centres du CNES / **30<sup>th</sup> anniversary** of the SPOT series of satellites at CNES's four field centres

DEC. • DEC. •

Renouvellement de l'accord de partenariat avec le Futuroscope de Poitiers / **Renewal of partnership agreement** with the **Futuroscope** in Poitiers

DEC. • DEC. •

Le Train des Outre-Mer traverse 12 villes de France / **The Overseas Territory Train** visited 12 French cities



## Triplé gagnant !

**E**n 2016, le CNES a retransmis de nombreux événements spatiaux en direct sur sa chaîne YouTube. En tête des vidéos les plus populaires : le lancement et l'amarrage de Proxima (respectivement 495 000 vues et 196 000 vues) et la fin de mission Rosetta (76 000 vues). Le record historique étant toujours détenu par l'atterrissage de Philae en 2014, cumulant aujourd'hui plus d'1,1 million de vues ! [Youtube.com/CNES](https://www.youtube.com/CNES)



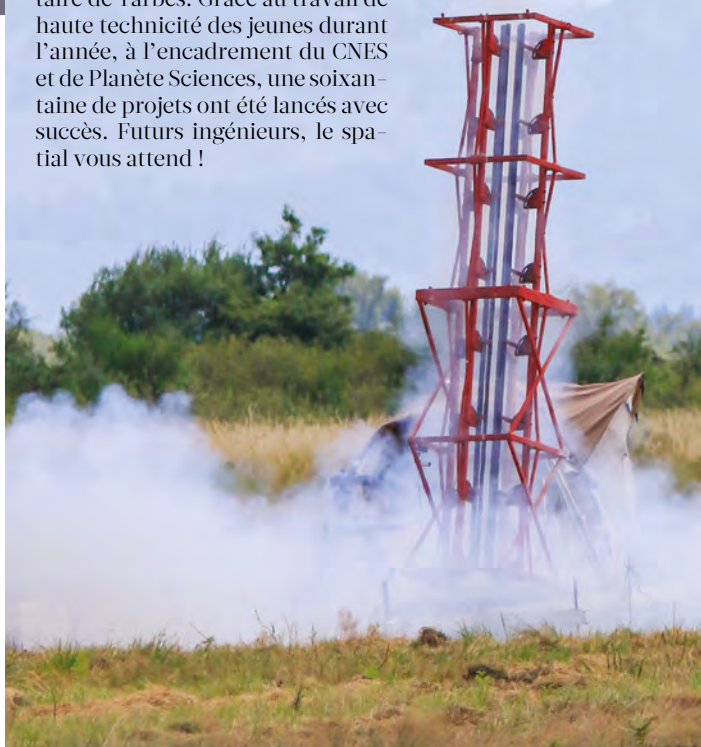
**C'Space,**  
le rendez-vous  
des étudiants  
avec l'espace

**L**e C'Space, la campagne nationale de lancement de fusées expérimentales des étudiants organisée par le CNES, s'est déroulée en juillet sur le camp militaire de Tarbes. Grâce au travail de haute technicité des jeunes durant l'année, à l'encadrement du CNES et de Planète Sciences, une soixantaine de projets ont été lancés avec succès. Futurs ingénieurs, le spatial vous attend !



## Le Vendée Globe et les jeunes !

**S**ensibiliser les citoyens de demain aux enjeux environnementaux grâce au spatial est l'un des nombreux défis du CNES. Et l'actualité est un bon prétexte pour transmettre certains messages importants. Dans le cadre du Vendée Globe 2016, le projet éducatif Argonautica d'étude de l'océan a collaboré avec 5 skippers du Vendée Globe. Les skippers partenaires ont embarqué sept bouées Argonautica qu'ils ont larguées pendant la course. Les enseignants de près de 500 classes qui ont suivi ce projet ont utilisé les ressources proposées pour développer un projet pédagogique autour de l'environnement océanique, du climat et de l'apport des satellites, tout en suivant la course.



## SpaceGate, le site d'actualité propulsé par le CNES

**D**ans la galaxie des sites du CNES, un petit nouveau a fait discrètement son entrée, il y a quelques mois. Destiné à ceux qui ne sont pas experts, qui s'intéressent mais ne veulent pas trop chercher, le site SpaceGate élargit le spectre des activités du CNES pour se pencher sur l'actualité spatiale internationale. Mais ce n'est pas tout : échéances politiques, sorties cinéma, événements sportifs... avec sa ligne éditoriale très ouverte, il rebondit allègrement sur l'actualité quotidienne pour y apporter son grain de sel spatial.

## Les projets éducatifs avec **Thomas Pesquet**

**L'**espace fait rêver les jeunes. Parti à bord de la Station spatiale internationale en novembre 2016, l'astronaute français de l'Agence spatiale européenne est suivi par des milliers d'entre eux sur les réseaux sociaux. Le CNES, par l'intermédiaire de son service Education Jeunesse, a proposé en 2016 aux enseignants et aux jeunes une série d'initiatives liées à la mission Proxima. Ces expériences verront le jour, cette année, avec des centaines d'établissements scolaires répartis sur toute la France : **Exo-ISS** (3 expérimentations en micropesanteur à reproduire en classe), **AstroPi** (écriture d'un code pour détecter la présence de l'équipage dans le module Columbus), **Mission eXplore** (défis sportifs et activités autour d'une alimentation équilibrée) ou des liaisons radio-amateurs **ARISS** avec l'astronaute français. De là à susciter des vocations, il n'y a qu'un pas...

### TOP THREE

In 2016, CNES carried a host of space events live on its YouTube channel. The most popular videos were the launch and docking of the Proxima mission (with 495,000 and 196,000 views respectively) and the finale of the Rosetta mission (76,000 views). The record is still held by the landing of Philae in 2014, which has been viewed more than 1.1 million times.

### VENDÉE GLOBE REACHES OUT TO YOUNGSTERS

Engaging future citizens through space to arouse their interest in environmental issues is one of CNES's many missions and current events are a good way to convey certain important messages. For the Vendée Globe 2016 solo round-the-world yacht race, the agency's Argonautica educational project partnered with five race skippers to study the world's oceans. The skippers took seven Argonautica buoys and released them during the race. Nearly 500 classes took part in the project, using teaching resources developed by CNES to learn more about the ocean environment, climate and satellites while they followed the race.

### C'SPACE BRINGS SPACE TO STUDENTS

C'Space, the national campaign organized every year by CNES to launch experimental rockets designed by students, took place in July at a military camp in Tarbes. Thanks to their great engineering efforts during the year, supervised by CNES and non-profit association Planète Sciences, participating students successfully launched 60 projects. Space beckons for future engineers!

### SPACEGATE NEWS WEBSITE

A newcomer quietly joined CNES's galaxy of websites a few months ago. Designed to bring space to a lay audience in an engaging way, SpaceGate broadens the agency's spectrum and focuses on international space news. But that's not all, as it also looks at political rendezvous, cinema releases and sports events, with a very open editorial line inspired by the day's news.

### EDUCATIONAL PROJECTS WITH THOMAS PESQUET

Space fuels young people's dreams. Aboard the ISS since November, France's European Space Agency (ESA) astronaut Thomas Pesquet has thousands of followers on social media. CNES's Youth Education department proposed a series of initiatives related to his Proxima mission during the course of the year. These experiments are getting underway this year at hundreds of schools across France, with EXO-ISS (a suite of three microgravity experiments replicated in class), AstroPi (a code-writing exercise to detect when the crew are present in the station's Columbus module), Mission eXplore (sporting challenges to encourage healthy living and eating) and ARISS radio ham link-ups with the French astronaut. What better way to inspire future talents?



**2 FEB. • FEV.**  
Journée de l'Innovation à  
Toulouse / Innovation  
Day in Toulouse

**19 > 25 JUIN • JUNE**  
Salon International  
de l'Aéronautique et  
de l'Espace (SIAE)  
International Paris Bourget  
at Le Bourget

**15 > 22 JUILLET • JULY**  
C'Space, le rendez-vous  
Espace étudiants, à Tarbes  
C'Space student-space  
event in Tarbes

Faits Marquants **Highlights** 2017





## RESSOURCES

# Humaines

La politique du CNES s'appuie sur la culture de l'établissement, forgée par l'excellence et le partage de valeurs communes, ainsi que sur un fort engagement social et environnemental. Elle se fonde sur une gestion des ressources humaines, privilégiant la mobilité interne et la formation (5 % de la masse salariale) afin d'accroître et d'optimiser les compétences de chacun. Elle met en œuvre des principes éthiques et de bonne gouvernance : développement d'un management responsable, promotion de la diversité et de la mixité, meilleure articulation entre vie professionnelle et vie personnelle et maintien d'un bon niveau de dialogue social.

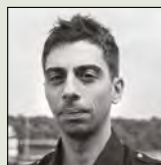
## Portraits de jeunes embauchés



**NASTASSIA  
PRETOT**

INGÉNIEURE EN MÉCANIQUE SPATIALE,  
CENTRE SPATIAL DE TOULOUSE

« Je suis passionnée par l'espace depuis mon plus jeune âge ! J'ai tout fait pour devenir ingénieur dans le spatial. J'ai intégré l'Enac puis une école spécialisée aux Pays-Bas. J'ai affiné mon choix au fur et à mesure. Finalement, la rencontre avec des ingénieurs du CNES m'a convaincue que c'est dans cette voie-là que je me sentais le mieux. Je préfère travailler dans une agence plutôt que dans l'industrie. Les challenges technologiques y sont nombreux. Je suis arrivée au CNES en octobre 2015 où j'occupe un poste d'orbitographie. C'est passionnant. »



**MASSIMILIANO  
COSTANTINI**

INGÉNIEUR SAUVEGARDE VOL,  
CENTRE SPATIAL GUYANAIS

« Depuis janvier 2016, je participe à la protection des personnes, des biens et de l'environnement pendant les lancements d'Ariane, Vega et Soyouz. Nous les suivons pendant tout le vol. Ce qui me plaît ? Savoir que la sûreté des gens dépend de nous. C'est une vraie responsabilité comme de pouvoir neutraliser le lanceur s'il y a un danger. J'ai découvert le CNES pendant mes études en Italie et j'avais envie de travailler dans une agence spatiale. L'opportunité s'est présentée avec un poste en Guyane. »

## Les recrutements 2016 RECRUITMENT IN 2016



<b>43</b> CADRE / EXECUTIVE	<b>1</b> ADMINISTRATIF / ADMINISTRATION
<b>1</b> SECRETAIRE / SECRETARY	<b>20</b> CADRE / EXECUTIVE
<b>2</b> TECHNICIEN / TECHNICIEN	<b>1</b> PROTECTION / PROTECTION
	<b>10</b> SECRETAIRE / SECRETARY

On constate, en 2016, la poursuite de l'effort sur la répartition des recrutements H/F pour les ingénieurs/cadres. La même vigilance devra être portée sur les recrutements des collaborateurs.

Efforts continued in 2016 to achieve a better M/F balance in newly hired engineers and executives. The same effort needs to be applied to all categories of staff.

Mise en œuvre de l'horaire variable individuel  
Implementation of individualized working hours  
Utilisation d'un nouvel outil pour faciliter les démarches « Protection du Potentiel Scientifique et Technologique (PPST) / Introduction of a new tool (PPST) to achieve better protection of science and technology potential



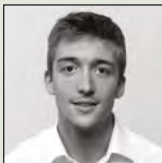
## Faits Marquants Highlights 2016



# 2 451



**Salariés travaillent au CNES** dans les quatre centres situés à Paris (Les Halles et Daumesnil), Toulouse et Kourou.



## JORIS COMBETTES

INGÉNIEUR SYSTÈMES ÉLECTRIQUES ET LOGICIELS, **DIRECTION DES LANCEURS À PARIS**

« Au CNES, je participe aux projets spatiaux futurs et c'est le rêve ! Le côté pionnier me plaît vraiment beaucoup. C'est la raison pour laquelle je regardais régulièrement les offres d'emploi sur le site Internet. J'ai postulé et je suis arrivé en septembre 2016. Avec mes collègues, nous commençons les développements du segment sol d'Ariane 6. C'est une grande chance d'être au début de ce nouveau lanceur. Et puis il y a des projets à plus long terme. En avionique, il y a beaucoup à faire ! »



## MAGALI BIAGIOTTI

SECRÉTAIRE, **SIÈGE SOCIAL**

« Après des années dans le secteur médico-social, j'ai été engagée au CNES en juin 2016. J'avais quitté mon emploi précédent pour changer d'univers. J'ai commencé comme intérimaire alors que je ne connaissais pas du tout le CNES. C'était un vrai coup de cœur ! Le changement a été total ! J'ai eu la chance qu'on m'aide à m'intégrer et l'ambiance était bonne. De mon côté, j'ai fait tous les efforts nécessaires. Aujourd'hui, je suis en support d'une équipe de 10 personnes. C'est un travail très motivant. »

## HUMAN RESOURCES

CNES's human resources policy is underpinned by our institutional culture, shaped by excellence and shared values, together with a strong social and environmental commitment. It is based on a management approach fostering internal mobility and training, equivalent to 5% of the payroll, in order to increase and optimize our skills base. It applies the principles of ethical business conduct and good governance, through a responsible management approach, promotion of diversity and gender balance, an optimized work-life balance and a high level of social dialogue.

### PROFILES OF YOUNG RECRUITS

"I've been mad about space since I was a kid! I was determined to become a space engineer. I studied at the ENAC civil aviation school and then a specialist engineering school in The Netherlands, after which I narrowed down my career choices. In the end, it was meeting CNES engineers that convinced me this was what I wanted to do. I prefer working for an agency rather than in industry. There are lots of technological challenges. I joined CNES in October 2015, where I'm working in orbit determination. It's a fascinating job."

#### NASTASSIA PRETOT

SPACEFLIGHT DYNAMICS ENGINEER, **TOULOUSE SPACE CENTRE**

"Since January 2016, my job involves protecting people, property and the environment during Ariane, Vega and Soyuz launches. We track the launchers throughout every flight. What I like about it is that people's safety depends on us. It's a real responsibility to have to abort a launch if it could put lives in danger. I discovered CNES while I was a student in Italy and I decided I wanted to work at a space agency. A post subsequently became available in French Guiana."

#### MASSIMILIANO COSTANTINI

RANGE SAFETY ENGINEER, **GUIANA SPACE CENTRE**

"At CNES, I'm working on future space projects and living a dream! I love the pioneering aspect of my job. That's why I always kept a close eye on the job offers on the agency's website. I applied and was hired in September 2016. My colleagues and I have started development work on the ground segment for Ariane 6. It's such a great chance to be involved with this new launcher from the start. And of course there are other more long-term projects, for example in avionics."

#### JORIS COMBETTES

ELECTRICAL SYSTEMS AND SOFTWARE ENGINEER, **LAUNCH VEHICLES DIRECTORATE, PARIS**

"After years working in the medical and social care field, I was taken on at CNES in June 2016. I'd left my previous job because I felt it was time to seek pastures new. When I started as a temp, I knew nothing about CNES, but I just loved it. It was a complete change! I was lucky in that there was a good atmosphere and my work colleagues helped me to ease into my new job. But I was also determined to fit in. Today, I'm supporting a ten-strong team. It's a really motivating job."

#### MAGALI BIAGIOTTI

SECRETARY, **HEAD OFFICE, PARIS**

## 2,451

**Employees are working at CNES's four field centres in Paris (Les Halles and Daumesnil), Toulouse and Kourou.**

**7-9 MARS • MARCH**  
Seminaire d'intégration des nouveaux embauchés (SINE) à Toulouse  
Induction seminar in Toulouse

Mise en place du Télétravail au Siège et au Centre spatial de Toulouse / Tele-working implemented at Head Office and Toulouse space Centre

Dématérialisation des documents RH (bulletin de salaire, bilan social individuel...) / Introduction of electronic HR documents (pay slips, employee remuneration and benefits report, etc.)



# Budget

## RÉPARTITION 2016

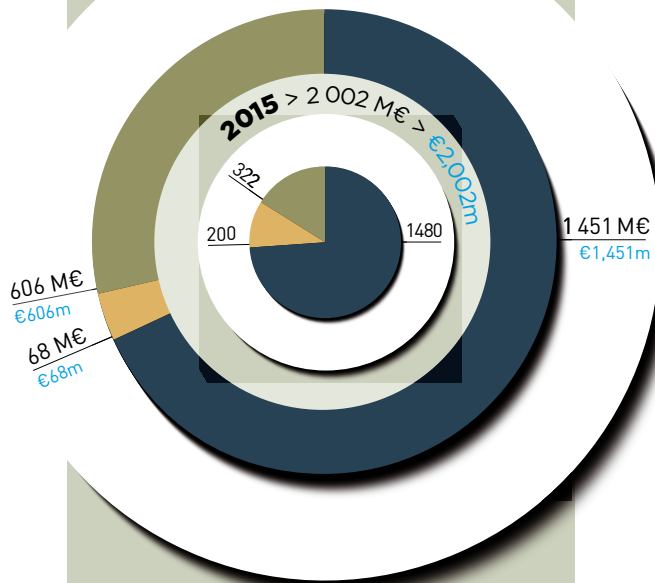
**P**our mener à bien ses missions, le CNES bénéficie de financements multiples : subventions budgétaires prévues par le Contrat d'objectifs et de performance, crédits du Programme d'Investissements d'Avenir, recettes externes dans le cadre de programmes délégués (DGA, ESA, Eumetsat...). En 2016, le budget du CNES est resté à un niveau élevé qui montre la haute priorité donnée au spatial, dans un contexte budgétaire contraint.

**En 2016, le budget du CNES de 2 125 M€ a été financé par des recettes issues :**

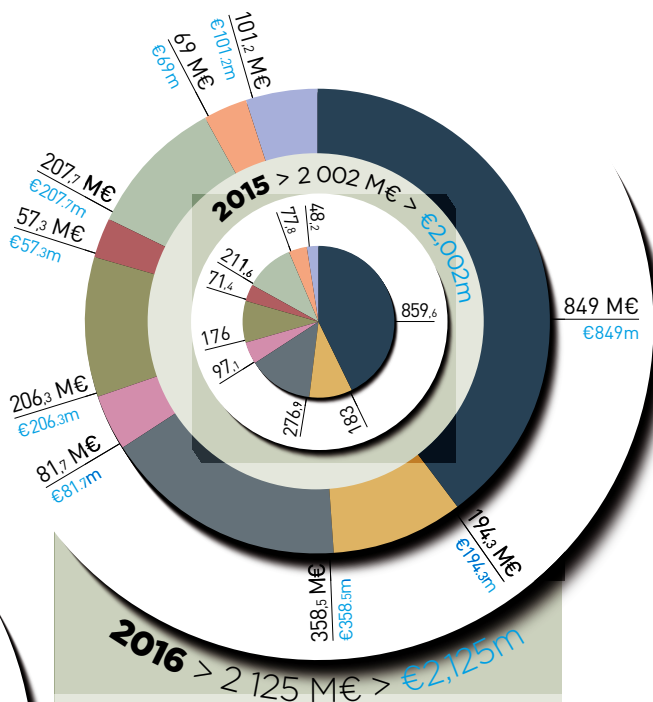
- de subventions d'État : 1 451 M€
- de financements PIA : 68 M€
- de contrats externes : 606 M€

**Il a été affecté :**

- au programme spatial de l'ESA : 849 M€
- au programme spatial multilatéral : 1 276 M€



- SUBVENTIONS D'ÉTAT / GOVERNMENT SUBSIDIES
- FINANCEMENTS PIA / PIA FUNDING
- CONTRATS EXTERNES / EXTERNAL CONTRACTS



## DÉPENSES (M€)

### EXPENDITURES (€m)

- CONTRIBUTION DE LA FRANCE À L'ESA / FRANCE'S CONTRIBUTION TO ESA
- INNOVATION / INNOVATION
- ARIANE / ARIANE
- SCIENCES / SCIENCES
- OBSERVATION / OBSERVATION
- TÉLÉCOMMUNICATIONS / TELECOMMUNICATIONS
- DÉFENSE / DEFENCE
- PROJETS ET INVESTISSEMENTS MUTUALISÉS / POOLED PROJECTS AND RESOURCES
- TAXES ET DIVERS (DONT RÉSULTAT) / TAXES AND MISCELLANEOUS (INCL. INCOME)



## C'est la place du CNES

au niveau mondial en terme de budget spatial avec 35 € par an et par habitant, juste après les Etats-Unis (46 €).



## CNES BUDGET 2016

To accomplish its missions, CNES receives funding from the budget lines provided for in its Objectives and Performance Contract, from the PIA future investment programme and from external sources for programmes for which it has delegated responsibility (DGA, ESA, Eumetsat, etc.). CNES's budget was maintained at a high level in 2016, confirming the top priority given to space in a tight budget environment.

### IN 2016, CNES HAD A TOTAL BUDGET OF €2,125M, FUNDED BY:

- Government subsidies: €1,451m
- PIA future investment programme: €68m
- External contracts: €606m

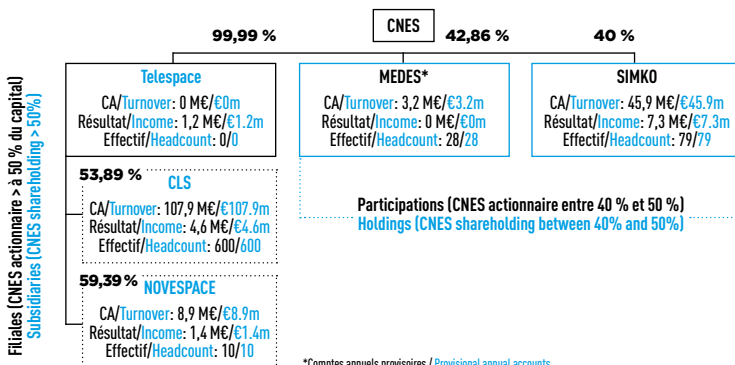
### THIS BUDGET WAS ALLOCATED AS FOLLOWS:

- France's contribution to ESA space programme: €849m
- CNES multilateral programme: €1,276m

## 2

CNES has the second largest per-capita space budget in the world at €35, just behind the United States (€46).

## PRINCIPALES FILIALES ET PARTICIPATIONS AU 31 DÉCEMBRE 2016 MAIN SUBSIDIARIES AND HOLDINGS AT 31 DECEMBER 2016



Filiales (CNES actionnaire > a 50% du capital)  
Subsidiaries (CNES shareholding > 50%)





## **Paris/Les Halles**

**CNES - Siège/Head Office**

2, place Maurice Quentin

75039 Paris Cedex 01

**Tél./Phone: 33 (0)1 44 76 75 00**

## **Toulouse**

**CNES - Centre spatial de Toulouse/**

**Toulouse Space Centre**

18, avenue Édouard Belin

31401 Toulouse Cedex 9

**Tél./Phone: 33 (0)5 61 27 31 31**

## **Paris/Daumesnil**

**CNES - Direction des lanceurs/**

**Launch Vehicles Directorate**

52, rue Jacques Hillairet

75612 Paris Cedex

**Tél./Phone: 33 (0)1 80 97 71 11**

## **Guyane**

**CNES - Centre spatial guyanais/**

**Guiana Space Centre**

BP 726

97387 Kourou Cedex

**Tél./Phone: 594 (0)5 94 33 51 11**

---



Retrouvez la sélection vidéo de ce rapport à l'adresse suivante :  
[Find the videos of this year's report at:](https://www.cnes.fr/videos-of-this-year-s-report-at)  
[cnes.fr/videos-2016](https://cnes.fr/videos-2016)



CNESfrance



@CNES



CNES

Rédacteur en chef/**Editor-in-chief**: Éric Médaille

Organismes/**Organizations**: © CNES ; AdEchoTech ; Airbus DS ; Arianespace ;  
 Airbus Safran Launchers ; Dassault Aviation ; ESA ; Mira Production ; NASA ;  
 Présidence de la République ; SNCF ; SNSM ; Thales Alenia Space ;  
 Fotolia ; Thinkstock.

Photographes/**Photographers**: P.Baudon ; E.Briot ; S.Charrier ; S.Corvaja ;  
 Fred CCY ; F.Lafite ; S. Godeffroy ; E. Grimault ; F. Maligne ;

S.Martin ; Optique Vidéo CSG ; O.Pascaud ; A. Pecchi ; C. Peus ; H.Piraud ; P. Prokosch ; A. Profit.

Illustrations/**Illustrations**: D. Ducros ; M. Regy ; O. Sattler ; P.Carril ; R.Parot

Conception, conseil et réalisation/**Design and pre-press**:  Gcommunication

Rédaction/**Copywriting**: Françoise Couvry-Ventelon (FCV Communication)

Traduction/**Translation**: Boyd Vincent

Iconographie/**Artwork**: Société Photon – Oriane Arnould, Marie-Claire Fontebasso

Impression/**Printing**: Imprimerie Ménard

Ce document est édité par la Direction de la Communication/  
**Published by the Corporate department, Communications Directorate**





• • • **cnes** • • •

CENTRE NATIONAL  
D'ÉTUDES SPATIALES