

CNESmag

 **CNES CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES**
MAGAZINE 01/2015

64

JASON 3 L'OCÉANOGRAPHIE OPÉRATIONNELLE À MATURITÉ

Operational oceanography
comes of age



FRANCIS DURANTHON

Le paléontologue passionné d'espace
A paleontologist with a passion for space



SOMMAIRE

Contents
N° 64 - 01/2015



4 NEWS

- **L'ATV-5, dernière mission**
- Un banc de tests nouvelle génération
- Pilot en phase finale d'intégration

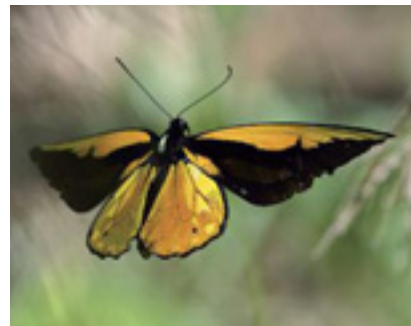
*Fifth and last ATV mission
New-generation testing facility
PILOT enters final integration phase*



18 POLITIQUE

- **Entretien avec Geneviève Fioraso sur le choix d'Ariane 6**
- Communautés de compétences techniques, l'*open innovation* made in CNES

POLITICS
*Interview with Geneviève Fioraso on the decision to go with Ariane 6
Technical competence communities drive open innovation at CNES*



46 SOCIÉTÉ

- **Croesus, le papillon mythique à l'heure du satellite**
- Le système Pléiades, un atout pour les assurances

SOCIETY
*On the tracks of a legendary butterfly
Pleiades system comes up trumps for insurers*



32 DOSSIER

JASON 3 L'OCÉANOGRAPHIE OPÉRATIONNELLE À MATURITÉ

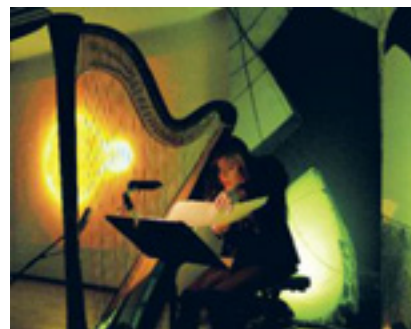
SPECIAL REPORT
*Jason 3
Operational oceanography comes of age*



54 INTERNATIONAL

- **Vol habité, la méthode indienne**
- Commission Juncker, l'espace à la DG Croissance

HUMAN SPACEFLIGHT
*Human spaceflight the Indian way
Juncker Commission moves space to DG Growth*



65 CULTURE

- **Festival Sidération, la grande table de l'utopie**
- *Ariane, l'art des lanceurs*, à paraître

ARTS & LIVING
*Sidération festival conjures up a utopian world
New Ariane album out soon*



Supplément pédagogique
CNESmag Éduc n° 25
Educational supplement

CNESmag journal trimestriel de communication externe du Centre national d'études spatiales. 2 place Maurice-Quentin. 75039 Paris Cedex 01.

Adresse postale pour abonnement : 18 avenue Édouard-Belin. 31401 Toulouse Cedex 9. Tél. : + 33 (0) 5 61 28 33 90.

Internet : <http://www.cnes.fr>

Cette revue est membre de l'Union des journaux et journalistes d'entreprises de France. This review is a member of the French union of corporate publications and journalists.

Abonnement/Subscriptions: cnesmag@cnes.fr

Directeur de la publication/Publication director: Jean-Yves Le Gall.

Directrice éditoriale/Editorial director: Marie-Claude Salomé. Rédactrice en chef/Editor-in-chief: Brigitte Thomas.

Rubrique News : Liliane Feuillerac. Politique/Politics: Guillaume De Blanchard, Dossier/Special Report, International : Brigitte Thomas. Société/Society: Joëlle Brami. Culture/Arts & Living: Marie-Claude Siron.

Avec l'aide de/Contributors: Laurence Amen, Marie-Françoise Bahloul, Christophe Bastien-Thiry, Patrice Benarroche, Pascale Bresson, Didier Chaput, Sylvain Charrier, Delphine Chenevier, Philippe Collot, Christine Correcher, Vincent Costes, Michel Dejunot, Chantal Delabarre, Muriel Deleuze, Émeline Deseez, Romain Desplats, Danièle de Staerke, Claire Dramas, Vincent Dubourg, Claire Edery-Guirado, Pierrick Ferrier, Philippe Gaudon, Hugo Gonzalez, Joëlle Guinle, Nathalie Journé, Séverine Klein, Carine Leveau, Stéphane Louvel, Jean-Michel Martinuzzi, Didier Massonnet, Jean Mignot, Sandra Laly, Philippe Laudet, Élisabeth Moussine-Pouchkine, Jean Oswald, Lionel Ries, Héléne Ruiz, Muriel Saccocio, Mathilde Savreux, Françoise Schiavon, Anne Serfass-Denis, Florence Serroussi. Jean-Claude Souris, Sylvia Sylvander, Michel Wauzelle.

Traduction/English text: Boyd Vincent. Conseil iconographique/Artwork and picture consultant: Serge Delmas.

Photothèque/Photos:

Marie-Claire Fontebasso.

Crédits photos/Photo credits:

Voir page 71/ See page 71. Pour tout renseignement, contacter la photothèque au Tél.: + 33 (0) 5 61 47 48 78. For more information, contact the photo library on +33 (0) 5 61 47 48 78.

Création/Réalisation maquette/Design and pre-press: TONGA/Véronique Nouailhetas. Impression/Printing: Ménard: ISSN 1283-9817.

Couverture/Cover: Le phare du Four dans le Finistère (Bretagne). Le Four lighthouse, Finistère (Brittany). © Guillaume Plisson

Jean-Yves Le Gall,
président du CNES

CNES President



« 2015, un espace pour le climat »

Après une année 2014 riche de succès et de décisions, 2015 va placer les enjeux liés au climat au centre de notre politique spatiale.

D'abord, parce que plusieurs programmes scientifiques et technologiques sur lesquels le CNES travaille depuis des années vont commencer à porter leurs fruits. C'est le cas du satellite Jason 3 que nous allons lancer dans le courant de l'été et qui va poursuivre l'étude des océans, commencée en 1992 avec Topex-Poséidon, suivi par Jason 1 et 2.

Ensuite, parce que de nombreux projets, tous plus innovants les uns que les autres, sont en cours de développement. SWOT va permettre de mieux connaître le comportement de l'eau douce sur les terres émergées, IASI NG va améliorer encore davantage les prévisions météorologiques et Merlin va étudier le méthane et ses conséquences sur l'effet de serre.

Enfin, parce que la France va accueillir à Paris, au mois de décembre, la conférence COP 21, au cours de laquelle va se retrouver l'ensemble de la communauté concernée par le climat. Et l'espace sera bien sûr au centre des débats, grâce à ce qu'il apporte en termes de connaissance de notre planète et surtout de son évolution.

En 2015, c'est donc sous le signe de la maîtrise du climat que sera placée notre action. Et nous devons absolument réussir parce que, comme l'a fort justement dit le secrétaire Général de l'ONU, nous ne pouvons pas échouer, parce qu'« *il n'y a pas de plan B puisqu'il n'y a pas de planète B* ».

C'est pour cela que, pour le CNES, il y aura en 2015, un espace pour le climat.

2015 - Space for climate

After a series of stellar successes and key decisions in 2014, this year will be putting climate issues firmly at the centre of our space policy.

First, because a number of science and technology programmes that CNES has been working on for some time are about to start bearing fruit. A good example is the Jason 3 satellite that we are set to launch this summer to pursue the study of the oceans begun in 1992 with TOPEX/Poseidon and since continued by Jason 1 and 2.

Second, because many new projects—each one as innovative as the next—are in development. SWOT will tell us more about freshwater on land surfaces, while IASI NG is going to further improve weather forecasting and MERLIN is set to study methane and its impacts as a greenhouse gas.

And lastly, because France is hosting the COP 21 global climate summit in Paris in December, where the world climate community will be coming together. Space is of course going to be centre stage at this gathering, due to its key role in bringing a better understanding of our planet and above all its evolution.

CNES's efforts in 2015 will therefore be focusing on forecasting and mitigating the impacts of climate change. This is a challenge we cannot fail to meet, for as the UN Secretary General has so rightly said: "*There is no Plan B, because there is no Planet B*".

That is why for 2015, our mantra is "space for climate".





Largué par la sonde Rosetta, le petit robot Philae de 100 kg, bardé d'instruments scientifiques, s'est posé, le 12 novembre 2014, sur un « caillou » de 5 km sur 4 km à plus de 500 millions de kilomètres de la Terre. Surnommée « Chouri », la comète a été atteinte au terme d'un voyage interplanétaire de dix ans. Du jamais vu !

The small 100-kg Philae lander and its battery of scientific instruments was deployed by the Rosetta mother spacecraft on 12 November 2014 onto a tiny 'space rock' just 5 km by 4 km more than 500 million kilometres from Earth, making the first-ever comet landing on its target Churyumov-Gerasimenko after a 10-year interplanetary journey.

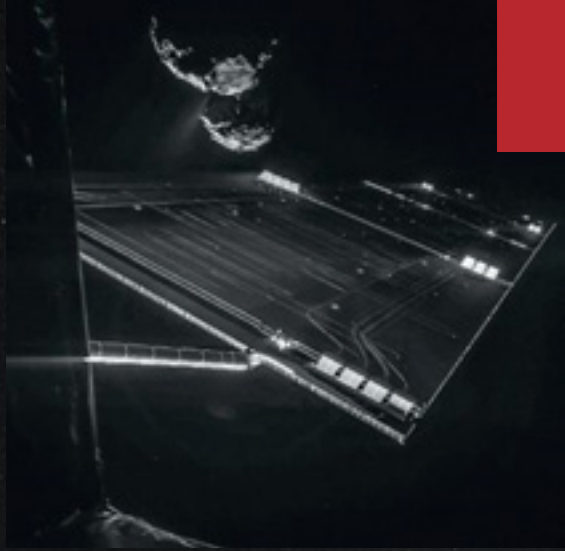
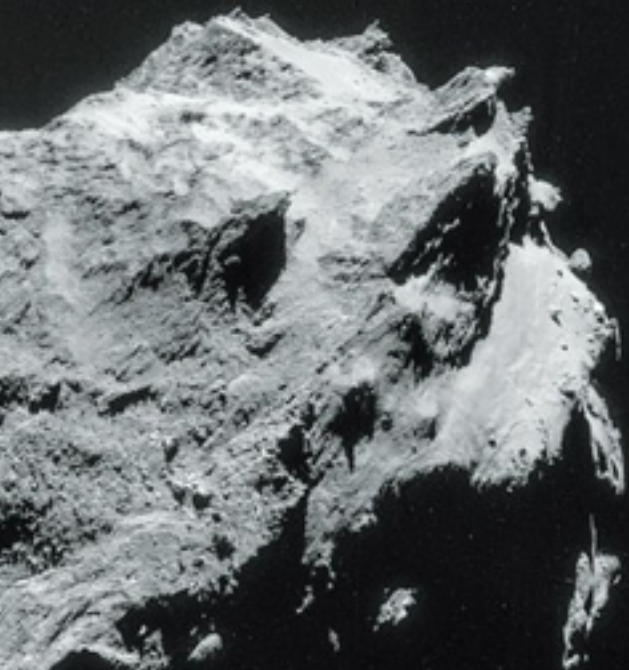


Suivez la mission Rosetta au jour le jour sur notre blog dédié.
Follow the Rosetta mission on our dedicated blog.
www.cnes.fr/rosetta-blog

PHILAE

L'ÉPOPÉE FANTASTIQUE

THE EPIC VOYAGE





Réunis à Luxembourg le 2 décembre 2014, les ministres du conseil de l'Agence spatiale européenne ont choisi, unanimement, le lanceur Ariane 6 pour donner à l'Europe spatiale les moyens de faire face aux défis majeurs des prochaines années. Unie, l'Europe spatiale sort victorieuse de ce rendez-vous.

Space ministers at the European Space Agency (ESA) Council meeting in Luxembourg on 2 December 2014 decided unanimously to press on with the Ariane 6 launcher and give Europe the resources it needs to meet the major space challenges ahead. A united spacefaring Europe comes out the winner from this conference.

ARIANE 6

NOUS L'AVONS RÊVÉ, L'EUROPE VA LE FAIRE !

EUROPE SET TO ACCOMPLISH THE DREAM

Les caractéristiques techniques du futur lanceur européen .
The technical details of Europe's future launcher
www.cnes.fr/ariane6





HISTORIQUE

L'AVENTURE PHILAE

Dix ans de voyage dans l'espace, 6,5 milliards de kilomètres parcourus, sept heures de descente vertigineuse, deux rebonds imprévus, deux jours et demi d'activité en concentré, c'est le synopsis qui a fait de Philae, poids plume spatial, une star mondiale.

À Paris, à la Cité des sciences, à Darmstadt, au siège de l'Esoc¹, à Toulouse, à la Cité de l'espace ou au SONC², sur petit et grand écran, l'exploit a fédéré des millions de Terriens. En direct ou en replay, plus d'un million d'internautes ont suivi l'atterrissage sur YouTube, 363 000 tweets ont été échangés à l'échelle mondiale. Mais Philae, c'est surtout la performance des 300 ingénieurs qui ont conçu et maîtrisé ce programme d'exception. « *C'est le succès d'une aventure qui a commencé il y a vingt-cinq ans* », disait, à la Cité des sciences, François Hollande, président de la République.

Et l'aventure continue ! Largué par la sonde Rosetta, le lander Philae n'est qu'endormi à 500 millions de kilomètres de la Terre ; au SONC, situé au Centre spatial de Toulouse, scientifiques et ingénieurs analysent les données fournies par les caméras de Philae et de Rosetta. « *À travers les images que la caméra Osiris nous transmet, nous cherchons à connaître très précisément le lieu de l'atterrissage et la position exacte du lander par rapport aux rochers qui l'entourent* », explique Philippe Gaudon, chef de projet Rosetta. « *À partir de ces indices, nous pourrions calculer l'éclairement reçu par les panneaux solaires et savoir quand Philae va pouvoir se réveiller et recharger ses batteries.* » Et, par là même, reprendre ses observations sur la comète au petit nom de « Chouri »³. Car l'arrivée de Philae sur la comète n'est que le début de l'étude de la surface de cette dernière dont les observations devraient s'étaler sur plusieurs mois. Par ailleurs, l'orbiteur Rosetta opéré par l'ESA continue sa moisson de données scientifiques depuis 20 à 30 km d'altitude. Le croisement des résultats au sol et en orbite doit aider à comprendre les origines du Système solaire et peut-être celles de la vie sur Terre.

HISTORY IN THE MAKING

Philae adventure

After 10 years in space, 6½ billion kilometres travelled, a seven-hour descent, two unexpected bounces and 2½ days of intense activity, the Philae lightweight lander has made space history. At the Cité des Sciences in Paris, ESOC¹ in Darmstadt and the Cité de l'Espace and SONC² operations centre in Toulouse, on big screens and small, its exploit was watched by millions of Earthlings. The landing was viewed live and after the event by over a million people on YouTube and generated 363,000 tweets worldwide. Philae owes its success to the 300 engineers who designed this exceptional programme and made it happen. “*It's the culmination of an adventure that began 25 years ago,*” said French President François Hollande at the Cité des Sciences. And the adventure continues. Released by the Rosetta spacecraft, 500 million kilometres from Earth, Philae is now ‘asleep’ on the comet surface. At the SONC at the Toulouse Space Centre, scientists and engineers are analysing the data from the cameras on the two craft. “*We're using pictures from the OSIRIS camera to determine the lander's exact position relative to the rock formations around it,*” explains Philippe Gaudon, Rosetta project leader. “*This will tell us how much light is reaching its solar panels and when Philae will be able to wake up and recharge its batteries.*” It will then continue its observations on comet 67P Churyumov-Gerasimenko. Philae's arrival on the comet surface is just the beginning of an extended study, scheduled to last several months. At the same time, the Rosetta orbiter, operated by ESA, continues to gather science data at an altitude of 20 to 30 kilometres. By cross-comparing orbital and surface data, scientists hope to learn more about the origins of the solar system and life on Earth.

¹ European Space Operations Centre.

² Science Operation & Navigation Center.

³ 67P/Churyumov-Gerasimenko.

1. European Space Operations Centre

2. Science Operations and Navigation Centre

Rosetta's outreach mission

The Rosetta mission is also contributing to education and outreach. In its wake, a full-scale replica, exhibition and schools pack have been created with and for youngsters at CNES's initiative.

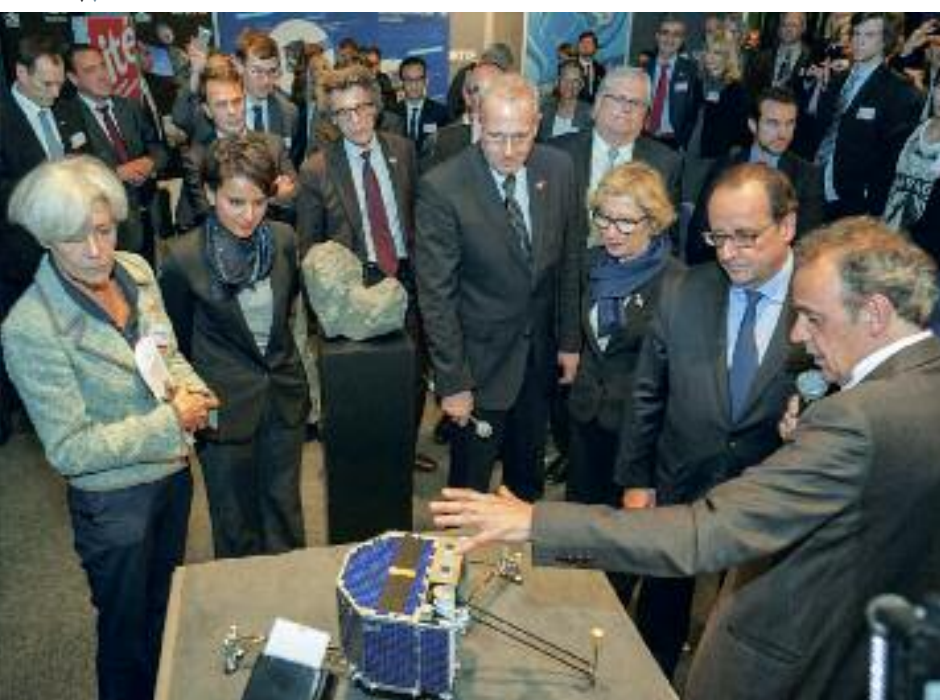
- **Animated replica** - Philea is a collaborative project involving vocational students in four education districts to build a full-scale animated replica of the Philae lander. The completed model was taken to the Le Bourget air and space museum in Paris for a live simulation of Philae's descent onto comet 67P on 12 November. Philea will remain on display for a year in the museum's space hall.
- **Rosetta schools pack** - In response to a CNES call for proposals, the Ferme des Étoiles, a non-profit association, has also produced a Rosetta pack for teachers, pupils and astronomy clubs. It provides a fun and easy-to-understand introduction to the Rosetta mission and contains a teacher's book, workbook, board for card games and more.



Suivi de l'atterrissage de Philae sur « Chouri » depuis la Cité des sciences, où étaient présents (de droite à gauche) François Hollande, président de la République, Geneviève Fioraso, secrétaire d'État à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, Jean-Yves Le Gall, président du CNES, Najat Vallaud-Belkacem, ministre de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, et Claudie Haigneré, présidente d'Universciences, tous attentifs aux explications de Francis Rocard, responsable des programmes d'exploration du Système solaire du CNES.

Watching the comet landing of Philae at the Cité des Sciences, where (from right) French President François Hollande, Secretary of State for Higher Education and Research Geneviève Fioraso, CNES President Jean-Yves Le Gall, Minister of Education, Higher Education and Research Najat Vallaud-Belkacem and Claudie Haigneré, president of Universciences, listen attentively to the commentary of Francis Rocard, CNES's Head of Solar System Exploration.

Que ce soit à Toulouse, à la Cité de l'espace, ou à Paris, à la Cité des sciences (photo), le public est venu nombreux vivre en direct l'événement. At the Cité de l'espace in Toulouse and the Cité des Sciences in Paris (photo), big crowds watched the event live.



PHILEA

La réplique pédagogique

La mission Rosetta n'apportera pas qu'à la science. Elle apporte aussi à la pédagogie. Dans son sillage, maquette, expositions, mallette ont été conçues à l'initiative du CNES, avec et pour des jeunes.

■ **Philea** - Projet collaboratif inter-académique, Philea est la maquette dynamique à l'échelle 1 de Philae. Sa création a mobilisé avec succès des classes, essentiellement de BTS, de 4 académies. Transportée au musée de l'Air et de l'Espace du Bourget, elle a simulé en direct, le 12 novembre 2014, la descente de Philae sur la comète « Chouri ». Philea restera exposée pendant un an dans la salle Espace du musée de l'Air et de l'Espace.

■ **Mallette Rosetta** - En réponse à l'appel d'offres du CNES, la Ferme des étoiles a également réalisé une mallette pédagogique Rosetta dédiée aux enseignants, aux élèves et aux animateurs de clubs d'astronomie. Elle décline de manière accessible et ludique la mission Rosetta. Elle contient, entre autres, un livret enseignant, un livret élèves et un plateau de jeu de cartes.

• <http://www.fermedeseetoiles.com>

AVERTISSEMENT

Pour la plupart d'entre vous, vous nous avez suivi depuis plus de dix ans dans cette version du journal.

Pour être encore plus proche de vos attentes, le **CNESmag** va évoluer.

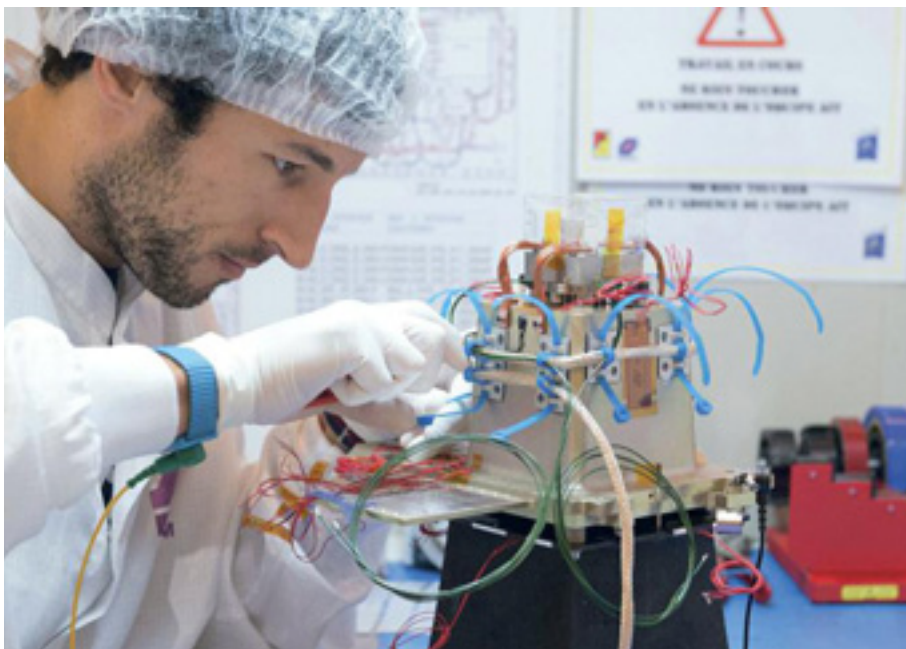
Nous vous donnons rendez-vous en juin avec la nouvelle formule.

NOTICE TO OUR READERS

Most of you have been enjoying CNESMAG in its current format for over 10 years.

To bring the magazine ever closer to your expectations, we've decided to make some changes.

Look out for the restyled next issue of the magazine in June.



BRAHMS-IPAD

UN BANC DE TESTS NOUVELLE GÉNÉRATION

Le senseur stellaire est un peu la boussole d'une mission ; il mesure l'orientation de l'engin spatial. Pour assurer le pointage de ses microsattellites, le CNES a très tôt caractérisé et validé les senseurs stellaires en développant une lignée de bancs de stimulation optique, Brahms¹. Ces bancs ont fait leurs preuves en matière de validation fonctionnelle, expertise et anomalies en vol, travaux R&T ou de démonstration. Des études de simplification ont abouti à l'élaboration de Brahms-iPad. Ce nouveau modèle bénéficie des avancées technologiques intégrées aux tablettes numériques. La miniaturisation du dispositif facilite son usage sur divers sites de développement et d'intégration. Utilisé une première fois pour vérifier le contrôle d'attitude de Microscope, il a donné satisfaction. Ses caractéristiques (souplesse d'utilisation, performance de stimulation continue) sont appréciées pour mener les premiers tests de vérification de la chaîne fonctionnelle SCAO². Autre avantage, le Brahms-iPad affiche un faible coût récurrent. Une version a été mise à disposition de l'ISAE³ pour les études d'un senseur stellaire destiné aux nanosatellites.

¹ Banc de restitution d'attitude hybride par mesure stellaire.

² Système de contrôle d'attitude et d'orbite.

³ Institut supérieur de l'aéronautique et de l'espace.

BRAHMS-IPAD

New-generation testing facility

On a space mission, the star tracker acts as the spacecraft's compass, determining its orientation relative to fixed points. To ensure the pointing stability of its microsattellites, CNES developed the Brahms¹ series of optical simulation facilities to characterize and validate its star trackers. These facilities have proved remarkably useful for functional validation, flight assessments and anomalies, R&T work and demonstrations. Simplification studies have culminated in Brahms-iPad, a new model that combines latest technologies with the portability of a tablet computer. Miniaturizing the device makes it easier to use at the various development and integration sites. Used for the first time to perform verification tests on the Microscope satellite's attitude and orbit control system, users were impressed with its inherent flexibility and performance. Another benefit of Brahms-iPad is its low recurring costs. A version has been made available to the ISAE aeronautics and space institute in Toulouse to support development of a star tracker for nanosatellites.

¹ Banc de Restitution d'Attitude Hybride par Mesure Stellaire

MODÈLE INFORMATIQUE

Tether pour désorbiter les débris

Ils sont jeunes, dynamiques, et surtout talentueux ! Car du talent, il en faut, pour créer de toutes pièces un modèle informatique de dés-orbitation des débris spatiaux en orbite basse par câble électrodynamique, également appelé « Tether ». Pour réaliser ce projet de fin d'études, neuf étudiants de l'Estaca¹ ont joint leurs efforts, ce qui leur a valu de sortir majors des projets de leur promo. Le principe : un câble électrodynamique accroché à un débris, dont le champ magnétique interagit avec le champ terrestre, engendre une force qui, bien orientée, entraîne une lente descente vers l'atmosphère et provoque la désintégration du débris (technique recommandée par le CNES). Leur programme permet d'estimer le temps de retombée du débris, donne une estimation de sa zone de rentrée atmosphérique ainsi que l'ensemble de ses paramètres orbitaux tout au long de la descente. Aujourd'hui, deux d'entre eux sont en stage de fin d'études au Centre spatial guyanais : Farah Bourokba, chez Airbus D&S, et Antoine Arveiller, à la direction des Lanceurs. Ils ont d'ores et déjà le soutien de l'ESA. À suivre !

¹ École supérieure des techniques aéronautiques et constructions automobiles.

COMPUTER MODEL

Tether to de-orbit debris

They are young, dynamic and talented. And plenty of talent is what you need to create from scratch a computer model for de-orbiting space debris in low-Earth orbit using a tether. For their final-year project, nine students at the ESTACA¹ aeronautical and automotive engineering school joined forces and came out top of their class. The principle relies on an electromagnetic tether attached to a piece of debris, whose magnetic field interacts with the Earth's field to generate a directed force that causes the debris to slowly descend into the atmosphere where it burns up (a technique recommended by CNES). The students' model estimates how long it will take the debris' orbit to decay, where it will re-enter the atmosphere and its orbital elements throughout the descent. Today, two of them are doing their final-year internship at the Guiana Space Centre, Farah Bourokba with Airbus Defence & Space, and Antoine Arveiller with CNES's Launch Vehicles Directorate. They have already received ESA's backing, so watch this space!

¹ Ecole Supérieure des Techniques Aéronautiques et Constructions Automobiles



Mission eXplore 2015, santé-vous bien ! / Le programme international d'éducation à la santé dédié aux 8-14 ans se déroulera cette année du 19 janvier au 20 mars. Cette 5^e édition offre une approche pédagogique et scientifique de la lutte contre la sédentarité, l'obésité, en s'appuyant sur la thématique spatiale et l'image de l'astronaute. En adéquation avec les programmes scolaires de CM 1, CM 2 et 5^e, le CNES soutient cette initiative lancée par la NASA.

Mission X 2015 - The international health education challenge for pupils aged 8 to 14 takes place in France from 19 January to 20 March. Now in its fifth year, the NASA initiative takes a scientific and educational approach to the issue of sedentary lifestyles and obesity and encourages pupils to "train like an astronaut". CNES is supporting the programme, which is called Mission eXplore in France and is linked to the fourth, fifth and seventh grade curricula.

MEGHA-TROPIQUES

Performances confirmées pour Saphir et Scarab

Fruit d'une coopération entre les agences spatiales française et indienne, le satellite Megha-Tropiques, dédié à l'étude de l'eau et des échanges d'énergie dans la zone tropicale, a embarqué les instruments Saphir et Scarab, développés sous maîtrise d'œuvre CNES. Élément clé de la constellation GPM¹, le sondeur micro-onde Saphir mesure le profil atmosphérique de la vapeur d'eau et la détection de la pluie. Quant au radiomètre Scarab, il établit le bilan radiatif au sommet de l'atmosphère. En plus de l'accumulation de données commencée en octobre 2011, Saphir nourrit depuis mi-2014 les modèles météo en temps réel et la prévision cyclonique. Scarab vient d'être intégré à l'automne 2014. Il fournit des estimations du bilan radiatif global en partenariat avec la NASA. Le succès de la mission a confirmé son intérêt. Une prolongation de service pourrait être envisagée. Jean-Yves Le Gall s'est rendu en novembre 2014 à Bangalore pour signer un accord en ce sens.

¹ Global Precipitation Mission.

MEGHA-TROPIQUES SAPHIR and SCARAB performing well

The result of a partnership between CNES and the Indian Space Research Organization (ISRO), the Megha-Tropiques satellite, dedicated to studying water and energy exchange in the tropics, is carrying the SAPHIR and SCARAB instruments developed with CNES as prime contractor. A key element of the Global Precipitation Mission (GPM) constellation, the SAPHIR microwave sounder measures water vapour profiles and detects rainfall, while the SCARAB radiometer calculates the radiation budget at the top of the atmosphere. As well as gathering data from October 2011, SAPHIR has since mid-2014 been providing real-time input for weather modelling and cyclone forecasting. SCARAB was incorporated last autumn and is providing estimates of the global radiation budget in conjunction with NASA. This successful mission is playing an important role and may now be extended. CNES President Jean-Yves Le Gall travelled to Bangalore in November to sign an agreement to this effect.



PILOT

EN PHASE FINALE D'INTÉGRATION

Projet international de nacelle scientifique sous ballon stratosphérique, Pilot¹ sera dédié à l'astrophysique et à la cosmologie. En trois vols de vingt-deux heures, il doit établir la carte concernant l'émission de lumière polarisée des grains de poussière dans le milieu interstellaire. Cette carte du ciel est devenue un enjeu cosmologique de premier plan. L'objectif est d'extraire les ondes gravitationnelles des données du satellite Planck. Porté scientifiquement par l'IRAP², le projet est piloté par le CNES, qui assure les opérations de lancement et de vol via sa sous-direction Ballons. Les performances de la nacelle et du senseur stellaire ont été validées en vol à Timmins en septembre. La revue d'aptitude au vol de l'instrument s'est tenue du 9 au 20 octobre. Il sera intégré à la nacelle début 2015. La revue d'aptitude au lâcher de la nacelle scientifique Pilot est programmée en mai 2015. Le premier vol est prévu en septembre 2015 à Timmins (Canada).

¹ Polarized Instrument for Long Wavelength Observation of Tenuous Interstellar Medium.

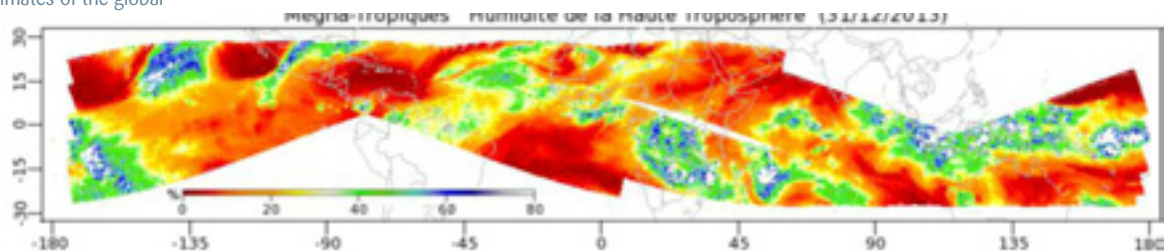
² Institut de recherche en astrophysique et planétologie.

PILOT

Final integration phase

PILOT¹ is an international science project using stratospheric balloons dedicated to astrophysics and cosmology. In three 22-hour flights, the pointed PILOT instrument will map the polarized light emitted by dust grains in the interstellar medium. This sky map has become a key cosmological endeavour. The objective is to extract gravitational waves from Planck satellite data. Under the scientific leadership of the IRAP astrophysics and planetology research institute in Toulouse, the project is managed by CNES, responsible for launch and flight operations through its Balloons sub-directorate. The performance of the gondola and star tracker were confirmed by a test flight from the Timmins launch base in Canada in September. The flight readiness review of the instrument took place from 9 to 20 October. It will be mated with the gondola in early 2015. The launch readiness review of the PILOT science gondola is planned for May. The first flight from Timmins will be in September.

¹ Polarized Instrument for Long Wavelength Observation of Tenuous Interstellar Medium



▲▲ Lors du cyclone Bejisa intervenu au nord-est de Madagascar, la détection de vapeur d'eau par l'instrument Saphir a servi à mesurer l'humidité dans différentes couches de l'atmosphère. When cyclone Bejisa hit north-eastern Madagascar, the SAPHIR instrument measured levels of humidity in the different layers of the atmosphere.

MEGHA-TROPIQUES Tout sur la mission Megha-Tropiques. All about the Megha-Tropiques mission.

PILOT Pilot sur le site des ballons du CNES. PILOT on CNES's balloons website.

www.
cnes.fr/
webmag

ATV-5

UNE MISSION DE CONFIANCE

En février 2015, l'ATV-5 Georges-Lemaître entamera la dernière étape de son voyage: le retour. Elle ne sera pas la plus simple. La NASA a investi d'une mission de confiance ce dernier cargo européen ravitailleur de l'ISS. Le Georges-Lemaître va jouer les précurseurs. Il doit tester les procédures que pourrait adopter la Station spatiale internationale pour sa rentrée atmosphérique. Cette rentrée est programmée à l'horizon 2024; elle sera complexe. La responsabilité dévolue à l'ATV-5 est en partie motivée par ses caractéristiques physiques: il est le plus grand véhicule visiteur et celui dont la géométrie se rapproche le plus de celle de la station orbitale. Mais cette charge est aussi liée à l'expertise reconnue des équipes de l'ATV-CC. Depuis 2001 et la désorbitation contrôlée de la station Mir, le CNES a acquis une incontestable maîtrise des rentrées atmosphériques. Dans le cas du Georges-Lemaître, les opérateurs de l'ATV-CC vont proposer une nouvelle stratégie, celle de la « rentrée à plat ». « *Dans ce contexte particulier, le vaisseau cargo passera plus de temps dans les couches très hautes de l'atmosphère et fournira des données précieuses pour la connaissance de ce type de rentrée* », précise Sylvain Delattre, responsable de l'équipe mécanique spatiale. Sur l'ISS, la manœuvre sera aussi suivie avec des caméras par les astronautes; des informations seront enregistrées. À bord de l'ATV, des paramètres tels que la vitesse, la position ou la température seront relevés. Cette rentrée sera également observée depuis la Terre. Quelques données complémentaires étaient attendues de l'i-Ball japonais. Mais il faudra faire sans: à bord de Cygnus, il a disparu dans l'explosion d'Antares en octobre. Néanmoins les équipes restent confiantes: l'ATV-CC recevra des informations inédites pour ce dernier vol. Meticuleusement calculée, la trajectoire du Georges-Lemaître va montrer le bon chemin.


ATV-5

A mission of trust

In February, the ATV-5 Georges Lemaître will begin the final and trickiest stage of its voyage: the return. NASA has entrusted Europe's last cargo craft with a special mission. The Georges Lemaître will serve as something of a trailblazer by testing procedures that the International Space Station (ISS) could adopt for its complex atmospheric re-entry, planned for 2024. ATV-5 was chosen in part because it is the largest and geometrically most similar vehicle to visit the station. Another factor was the recognized expertise of the ATV-CC teams. Since the controlled atmospheric re-entry of the Mir space station in 2001, CNES has gained undisputed expertise in this type of operation. For the Georges Lemaître, operators at the ATV-CC have devised a new 'flat re-entry' strategy. "This way, the vessel will spend more time in the uppermost layers of the atmosphere, where it will provide valuable data to further our knowledge of this type of re-entry," says Sylvain Delattre, head of the spaceflight dynamics team. The manoeuvre will be filmed and data recorded by astronauts on the ISS. On the ATV, velocity, position, temperature and other parameters will be measured. The re-entry will also be observed from Earth. Additional data were to come from Japan's i-Ball re-entry data recorder, but the device, carried on a Cygnus spacecraft, was lost when the Antares rocket exploded after launch in October. The teams nonetheless remain confident the ATV-CC will glean important new information from this final flight. Meticulously calculated, the Georges Lemaître's trajectory will point the way ahead, quite literally blazing a trail.

TARANIS

Voir plus vite que l'éclair

Après le système de propulsion, la structure mécanique et le harnais livrés au CNES en 2014, les instruments de la charge utile de Taranis¹ devraient arriver à partir de ce printemps. Destinée à découvrir la face cachée des orages, cette mission doit recueillir des indications essentielles sur les processus lumineux et radiatifs transitoires associés aux orages atmosphériques. La mise en évidence de ces phénomènes (sprites, elfes, flashes gamma) est récente. Fulgurants (quelques millisecondes), ces phénomènes sont difficiles à observer. Sur une plateforme de la filière microsatellite Myriade, Taranis sera équipé d'une instrumentation très riche (détecteurs, caméras, antennes), soit plus d'une douzaine de capteurs. Il va détecter, caractériser et localiser ces processus intervenant au-delà de la foudre. Le CNES assure la maîtrise d'œuvre de la mission. Après réception de la charge utile, il engagera la phase d'assemblage, d'intégration et de tests. Taranis devrait être paré au lancement en 2017.

¹ Tool for the Analysis of RAdiation from lightNING and Sprites.

TARANIS

Lightning reflexes

After the propulsion system, mechanical structure and wiring harness delivered to CNES in 2014, the Taranis' payload instruments are due to start arriving in the spring. The Taranis science mission will study the 'hidden side' of thunderstorms. Specifically, it will gather key data on various transient luminous events (TLEs) and radiative phenomena associated with storms. These phenomena, which include sprites, elves and gamma-ray flashes, have only recently been discovered. Lasting just a few milliseconds, they are hard to observe. Built around the Myriade microsatellite platform, Taranis will carry a suite of more than a dozen sensors, cameras and antennas to detect, locate and characterize these processes in the upper atmosphere. CNES is prime contractor for the mission. Once payload acceptance is complete, it will begin the assembly, integration and testing phase. Taranis is scheduled to launch in 2017.

¹ Tool for the Analysis of RAdiation from lightNING and Sprites



www.
cnes.fr/
webmag

ATV-5 Toutes les infos ATV sur notre blog spécialement dédié. All about ATV on our dedicated blog.

TARANIS La mission Taranis en détails. The Taranis mission close up.

FRANCIS DURANTHON

Le paléontologue passionné d'espace

A paleontologist with a passion for space

En 2015, le Muséum d'histoire naturelle de Toulouse fête ses 150 ans. Aujourd'hui, les technologies spatiales bouleversent les connaissances des biologistes, des géologues, et facilitent le travail des paléontologues, comme vous le verrez ci-dessous avec l'interview de Francis Duranthon¹. Le CNES, à travers un partenariat, participe depuis quelques années à certaines expositions en y introduisant la touche spatiale. Dernièrement, le conservateur a sollicité l'organisme pour une expédition lointaine sur les traces d'Alfred Wallace, un des pères de la théorie de l'évolution des espèces avec son contemporain Charles Darwin.

GUEST COLUMN



ENTREVUE



Vous êtes un spécialiste de la paléontologie des vertébrés. Est-ce que cela signifie que vous vous êtes intéressé aux fossiles de dinosaures et autres mammifères ?

Je ne suis pas un spécialiste des dinosaures, bien que j'aie publié des ouvrages pédagogiques sur ce sujet. L'étude des fossiles porte sur des restes qui remontent jusqu'à 3,8 milliards d'années ; elle nécessite une bonne connaissance en biologie et en géologie. Je suis en fait spécialiste des mammifères : rhinocéros, cerf-girafe (animal disparu), rongeurs, chauve-souris, etc. Tous ces animaux ont connu une évolution. Or, il y a quelques années, lorsqu'on a entrepris le chantier du métro de Toulouse, nous avons eu la surprise de découvrir des fossiles de rhinocéros nous permettant de dater les terrains de la région.

This year, the Toulouse natural history museum celebrates its 150th anniversary. Space technologies are having a huge impact on our understanding of biology and geology today and are helping paleontologists in their work. To find out more, we talked to Dr Francis Duranthon¹... Through its partnership with the museum, CNES has contributed to various exhibitions over the years, whenever space expertise is needed. Most recently, the curator called on the agency to help with a far-off expedition in the footsteps of Alfred Wallace, a contemporary of Charles Darwin and one of the fathers of the theory of evolution.

You're an expert in vertebrate paleontology. Does that mean you're interested in the fossils of dinosaurs and other mammals?

I'm not a dinosaur expert, although I've published several books on the topic. Some fossil remains date back 3.8 billion years, and studying them calls for an in-depth understanding of biology and geology. I actually specialize in mammals,

L'étude des fossiles partout dans le monde vous permet-elle de mieux connaître l'évolution du climat, dont on parle tant actuellement ?

L'étude des os, des dents, donne des indications sur le type de nourriture. L'analyse des isotopes d'oxygène et de carbone peut aussi nous donner des indications sur le climat sous lequel ces animaux ont vécu. Vous savez, le climat a toujours évolué. Il y a plus de quarante millions d'années, il était bien plus chaud qu'aujourd'hui. L'époque de l'éocène a connu des changements dans les circulations océaniques et atmosphériques qui ont conduit à l'extinction de nombreux êtres vivants et au renouvellement des mammifères terrestres. Il y avait des palmiers et des crocodiles dans le sud de la France ! Aujourd'hui, ce sont, entre autres, les données des technologies spatiales qui alimentent les modèles d'évolution climatique.

L'explorateur que vous êtes utilise-t-il les technologies spatiales ?

Je ne calcule plus les azimuts. Je ne peux plus me passer du GPS pour me repérer et de l'imagerie spatiale pour cibler les zones à explorer. Par exemple, avant de partir à Madagascar, j'utilise les images spatiales pour chercher les barres rocheuses, les zones érodées. En Afrique du Sud, les cartes spatiales nous aident à repérer les cavités. Les arbres indiquent la présence d'humidité et probablement de cavités. Le spatial est devenu un compagnon de nos expéditions.

En tant que directeur du Muséum, que vous amène le partenariat avec le CNES ?

C'est un beau partenariat, qui s'inscrit dans la durée. Personnellement, je suis fier que nos deux institutions toulousaines travaillent ensemble. Aujourd'hui on ne peut plus parler d'histoire naturelle comme au XIX^e siècle. Le spatial devient incontournable. Avant, on baguait un animal, on le perdait, et on s'en remettait à la chance pour le retrouver ! Maintenant, avec les balises Argos, on peut suivre différentes espèces avec précision au jour le jour.

Nous avons d'ailleurs fait une exposition sur les 30 ans d'Argos. En ce moment, il y a dans l'exposition « Ours inuit » une borne pédagogique CNES sur le suivi par satellites des ours blancs. Vous êtes en train de monter une opération pour les jeunes sur les bébés manchots (Argonimaux) dans le cadre de notre exposition actuelle « Bébés animaux » (16 octobre 2014-28 juin 2015).

Lors de vos campagnes, avez-vous trouvé le Monolithe ?

(Rires...). Je n'ai pas trouvé le Monolithe, si vous faites référence au film *L'Odyssée de l'espace* ! Le graal du paléontologue est de trouver un fossile que personne n'a jamais trouvé. J'aimerais voir bouger les choses qui sont immobiles ! Mon Monolithe, ce serait de bousculer les espaces-temps, de me retrouver quarante millions d'années en arrière et de voir des rhinocéros en bord de Garonne ! Ce qui rapproche le paléontologue du spatial, c'est l'échelle des temps : l'un les retrouve en fouillant les entrailles de la Terre tandis que l'autre regarde et explore l'Univers, à la recherche aussi de mondes fossiles ! ■

¹ Docteur en paléontologie des vertébrés, conservateur en chef et directeur du Muséum d'histoire naturelle de Toulouse.



such as the rhinoceros, *Ampelomeryx*—a long extinct relative of the giraffe—as well as rodents and bats. All these species are known to have evolved. A few years ago, during an excavation on the site of the Toulouse metro, we were surprised to find the fossil remains of rhinoceroses, allowing us to estimate the date of the site and the wider region.

Does studying fossils around the world shed any light on the current issue of climate change?

Studying bones and teeth gives us clues about an animal's diet. Analysis of oxygen and carbon isotopes can also give us indications about the climate at the time. As you know, our climate has always been changing. 40 million years ago, it was much hotter than it is today. The Eocene epoch was a time of global warming, with changes in ocean and atmospheric circulation patterns, causing widespread extinctions and the appearance and rapid evolution of land animals. There were even palm trees and crocodiles here in the south of France! Today, we also have satellite technologies, which provide valuable input for climate change models.

Do you use space technologies as an explorer?

I don't use a paper map and compass any more. I couldn't do without GPS for knowing where I am, or satellite imagery for deciding which areas to explore. Before leaving for Madagascar, for example, I used satellite imagery to look for rocky outcrops and eroded zones. In South Africa, satellite maps helped us find cavities in the terrain. Trees indicate the presence of damp conditions and therefore potential cavities. Space is a constant companion on our expeditions.

As director, how would you say the museum benefits from CNES's involvement?

It's a constructive and long-term partnership. Personally, I'm proud that our two institutions here in Toulouse are working together. Today, we don't do natural history like they did in the 19th century. Space is a crucial part of it. Years ago, we'd ring an animal, release it and hopefully find it again in the future—if we were lucky! Now, with Argos transmitters, you can track animals from one day to the next with a high degree of precision. In fact, the museum put on an exhibition to mark 30 years of the Argos system. At the moment, our exhibition on polar bears features a CNES information point about how satellites are being used to track them. You're also preparing an Argonimaux operation to track baby penguins as part of our 'baby animals' exhibition for younger visitors, which runs until 28 June.

During your campaigns, have you found any monoliths?

(Laughs...) No, I haven't found any monoliths, if you're referring to the film *A Space Odyssey*! The holy grail of paleontology is to find a completely new type of fossil. We study inanimate remnants, but I'd love to see them moving. My 'monolith' would be to bend space-time and go back 40 million years so I could see rhinoceroses grazing on the banks of the Garonne River! Something paleontology and space have in common is the timescale. We travel back through time by digging around in the bowels of the Earth, while you guys study and explore the Universe, searching for other fossil worlds. ■

¹ Dr Francis Duranthon is an expert in vertebrate paleontology and is the director and chief curator of the Toulouse natural history museum.

CORMORAN

Envol réussi pour la première station

Les antennes sont essentielles à la transmission des données satellitaires. L'ambition du programme Cormoran¹, lancé en 2009 par le CNES, est de combiner les solutions pour anticiper l'obsolescence du réseau, le moderniser et l'étendre. Une première installation réussie a été réalisée à Kourou. « Deux autres antennes sont prévues, l'une à Hartbeeshoek, en Afrique du Sud, en 2016, l'autre fin 2017 à Aussaguel », confirme Hélène Ruiz, chef de projet Cormoran. « Nos stations doivent pouvoir répondre aux besoins nouveaux, aux futures missions. Déployées dans ce programme, elles sont plus puissantes et plus performantes. Toutes les stations du CNES ainsi renouvelées seront dotées de la fonction bande X. Elles s'adosseront à des logiciels dédiés pour faciliter le transfert de données de satellites. » En cohérence avec le développement des missions et applications spatiales, ces solutions intègrent l'automatisation des opérations; elles facilitent la mise en œuvre d'un véritable réseau multi-mission.

¹ Consolidation et renouvellement des moyens du réseau et des antennes.

CORMORAN PROGRAMME

First station in place

Antennas are vital for transmitting satellite data. The purpose of the Cormoran¹ programme, launched by CNES in 2009, is to combine various solutions to anticipate obsolescence in the antenna network and to upgrade and extend it. The first of these new antennas has been successfully installed at Kourou. "Two others are planned—one in Hartbeeshoek, South Africa, in 2016 and the other at Aussaguel, near Toulouse, in late 2017," says Hélène Ruiz, Cormoran project leader. "The stations deployed under this programme are more powerful and sophisticated to meet the needs of future missions. All upgraded stations will have X-band functionality and dedicated software to facilitate the transfer of satellite data." In line with the development of new space missions and applications, these solutions support greater automation of operations and the deployment of a truly multimission network.



SEIS

UNE COURSE CONTRE LA MONTRE

En février 2015, la boîte électronique du sismomètre Seis¹ sera livrée au JPL². Le CNES, qui assure la maîtrise d'ouvrage du sismomètre pour le compte de la NASA, a relevé le défi. Développé en étroite collaboration avec l'Institut de physique du globe de Paris, Seis est l'instrument principal de la mission InSight, qui partira sur Mars en 2016. Il va mesurer les ondes issues de mouvements du sol à l'intérieur de la planète, qu'il s'agisse de « tremblements de Mars » ou d'impacts de météorites. Déposé à même le sol par le bras robotisé de l'atterrisseur, il sera soumis à rude épreuve climatique : vents violents, températures sidérales (jusqu'à -120 ° la nuit). Seis est un « défi technologique » du fait de « la précision des mesures dictée par les exigences scientifiques conjuguées aux contraintes de l'environnement martien », remarque Philippe Laudet, chef de projet InSight. À ces difficultés s'ajoutent des délais drastiques de fabrication. Le CNES s'apprête à relever un autre challenge : livrer sa partie senseurs à la fin du mois de juin !

¹ Seismic Experiment for Interior Structure – Expérience sismique pour l'étude de la structure interne.
² Jet Propulsion Laboratory.

SEIS

Race against the clock

In February, the electronics unit for the SEIS¹ seismometer will be delivered to the Jet Propulsion Laboratory (JPL). CNES is responsible for the seismometer on behalf of NASA and has risen to the challenge. Developed in partnership with the Institut de Physique du Globe in Paris, SEIS is the main instrument for the InSight mission, which will fly for Mars in 2016, where it will measure the waves produced by Mars-quakes and meteorite impacts in order to probe the planet's interior. SEIS will be deployed to the surface using the lander's robotic arm and will be subjected to violent winds and night temperatures down to -120°C. SEIS is an "impressive feat of technology"—not least the "high degree of precision achieved, in line with the science objectives of the mission, and the harsh climatic conditions in which it is designed to operate," says Philippe Laudet, InSight project leader. Plus, the instrument was built to an extremely tight deadline. CNES is now readying to meet the next challenge: deliver the sensors by the end of June!

¹ Seismic Experiment for Interior Structure



CNES-Onera, une coopération renforcée / Formalisée par un accord-cadre en 2012, la coopération entre les deux organismes porte notamment sur les domaines des lanceurs, des systèmes orbitaux et de l'environnement spatial. Le CNES et l'Onera sont par ailleurs partenaires sur la mission de physique fondamentale Microscope. Le 8 octobre, Jean-Yves Le Gall et Bruno Sainjon, présidents respectifs des deux établissements, s'engageaient sur le démarrage effectif de 6 nouveaux projets d'intérêt commun destinés à améliorer la compréhension de phénomènes complexes dans la conception des lanceurs.

Closer cooperation with ONERA - CNES's partnership with ONERA, the French aerospace research laboratory, formalized by a framework agreement in 2012, focuses on launch vehicles, orbital systems and the space environment. The two agencies are also working together on the Microscope fundamental physics mission. On 8 October, CNES President Jean-Yves Le Gall and ONERA Chairman Bruno Sainjon agreed to launch six new projects of common interest to improve our understanding of complex phenomena impacting launcher design.

¹ Consolidation et Renouvellement des MOyens du Réseau et des ANtennes (consolidation and renewal of network and antenna equipment)

SEIS Tout sur l'instrument SEIS de la mission InSight. All about the InSight mission's SEIS instrument.

www.
cnes.fr/
webmag


STRATO-SCIENCE 2014

SEPT BALLONS DANS LE VENT

Fin septembre, la campagne ballons Strato-Science 2014 à visée scientifique signait un sans-faute. Dans des conditions atmosphériques difficiles, elle poursuivait des enjeux multiples. Accueilli sur la base canadienne de Timmins (inaugurée en 2013), Nosyca¹ devait démontrer sa fiabilité. C'est fait ! « Notre nouveau système aérostatique a donné toute satisfaction. Sept vols consécutifs ont été réalisés en moins de trente jours. La robustesse des chaînes de vol, leur capacité à être réutilisées dans une même campagne sont prouvées », commente le chef de mission. Sur le plan scientifique, Eusoballon cristallisait l'attention. L'observation de « gerbes atmosphériques » sous ballon est une démarche innovante. Les données recueillies ont été éloquentes. Enfin, initiée en 2011, la coopération France-Canada a prouvé son efficacité. Les deux vols réservés aux scientifiques canadiens ont été réalisés dans les meilleures conditions. La parfaite opérationnalité du site comme l'excellente coopération des équipes ouvrent une voie favorable à la campagne Strato-Science 2015, qui verra voler au moins 6 ballons à Timmins.

¹ Nouveau système de contrôle d'aérostats.

STRATO SCIENCE 2014

Seven balloons take to the skies

The Strato Science 2014 balloon campaign in late September went perfectly to plan. In tough weather conditions, the campaign achieved a number of science goals. Installed at the Timmins launch base in Canada, opened in 2013, the NOSYCA¹ aerostat control system proved as dependable as ever. "We were really pleased with our upgraded aerostat system," said the mission leader. "Seven flights were conducted in less than a month, and we clearly showed that the flight trains are robust and can be reused on consecutive flights." On the science front, EUSO-Balloon was the focus of much attention. Using a balloon to observe air showers is an innovative idea, and valuable data were collected. The French-Canadian partnership, initiated in 2011, continued to prove effective, with two flights reserved for Canadian scientists carried out in optimum conditions. Operations at the Timmins site and the excellent working relations between the teams bode well for the Strato Science 2015 campaign, which will include at least six flights.

¹ New Operational SYstem for the Control of Aerostats



Manuels scolaires pour se réconcilier avec les sciences / Une structuration efficace, une approche à la fois attractive et méthodique, les manuels scolaires Physique-Chimie 2^{de} (édition 2014) et Physique-Chimie 1^{er} S (édition 2015) font alterner cours, activités, QCM, exercices... Ils ont pris du peps pour faciliter l'étude des sciences. Dédiés aux enseignants ou aux élèves, ils sont disponibles en librairie ou sur Internet. Ces parutions réjouissent le CNES : ouvrages attractifs et intelligents, ils ont été réalisés avec la contribution de professeurs-formateurs, qui s'impliquent aux côtés du CNES dans sa mission éducative. Collection « Dulaurans, Calafell, Giacino », Hachette Éducation.

Science textbooks - Two new textbooks for teachers and pupils are available in bookshops and online. Physics/Chemistry - 10th grade (2014 edition) and Physics/Chemistry - 11th grade (2015) are intelligently structured, methodical and attractive, combining course content with activities, exercises and multiple-choice questions. CNES is delighted with the new editions, which have been 'pepped up' to make science classes easier and more fun. They were produced in conjunction with teachers, working with CNES as part of its ongoing educational and outreach mission. Published by Hachette Éducation - Dulaurans, Calafell, Giacino collection.

www.
cnes.fr/
webmag

STRATO-SCIENCE 2014 Plus d'infos sur la campagne Strato-Science 2014 sur le site des ballons du CNES.

More news about the Strato-Science 2014 campaign on CNES's balloons website.

SPOT 5

Une mission après la mission

L'opération technologique Spot 4-Take Five¹ a remporté une large adhésion. Les Journées de novembre 2014 réservées à ses utilisateurs ainsi que le colloque *Sentinel-2 for Science* ont enregistré une forte participation. L'opération sera donc renouvelée sur Spot 5, après la fin de mission commerciale prévue le 31 mars 2015. Le contexte sera différent. Le programme Spot 5-Take Five sera cofinancé par le CNES et l'ESA. Les données seront acquises d'avril à août 2015, sur une période plus propice au suivi des cultures d'été en zone tempérée. La résolution sera plus proche de celle de Sentinel-2². Le choix des sites sera défini par l'ESA; leur nombre devrait être de l'ordre d'une centaine. Le satellite sera positionné 2,5 km en dessous de son orbite actuelle, comme pour Spot 4-Take Five. Date et stratégie de ralliement à la nouvelle orbite sont en cours de définition. Il faudra ensuite mener l'étude de faisabilité pour définir et valider les modifications à apporter au niveau système et vérifier l'acquisition de l'ensemble des sites, avant de valider les modifications d'interfaces.

¹ Cette expérience consiste à faire du satellite Spot 4 un simulateur de séries temporelles pendant cinq mois. Son orbite a été abaissée de 3 kilomètres. Quarante-deux sites ont été ainsi observés de février à juin 2013.
² 10 m en mode XS.

SPOT 5

A post-mission mission

The SPOT 4 / Take Five¹ technology experiment has proved highly popular. The SPOT 4 / Take Five user days in November and the Sentinel-2 for Science workshop in May 2014 were both well attended. Building on this success, the operation will be repeated with SPOT 5 when it reaches the end of its commercial mission on 31 March. Unlike the previous experiment, SPOT 5 / Take 5 will be jointly funded by CNES and ESA. Data will be collected from April to August, which is a more favourable period for monitoring summer crops in temperate zones. Resolution will be similar to the Sentinel-2 mission². Around 100 observation sites will be chosen by ESA. As with SPOT 4 / Take 5, the satellite will be positioned at 2.5 kilometres below its current orbit. When and how the satellite will be lowered is currently being decided. A feasibility study will then be conducted to determine and approve the necessary modifications to the SPOT 5 system and verify acquisition performance for the chosen sites as well as approve changes to the user interfaces.

¹ The experiment consisted in using SPOT 4 to simulate five-month time series. Its orbit was lowered by 3 kilometres and it observed 42 sites from February to June 2013.

² 10 metres in XS mode

AU CŒUR DE L'INNOVATION

INSIDE INNOVATION

NAVIGATION SPATIALE

Un leurre pour confondre les usurpateurs

Bientôt vous paierez avec votre téléphone portable sans sortir votre Carte bleue. Encore faut-il s'assurer que ces transactions bancaires se fassent en toute sécurité, sur le lieu et au moment de votre achat. Au titre de son expertise, le CNES se penche sur cette question des risques de piratage et sur leurs contre-mesures.

Votre carte bancaire n'intègre pas de système de navigation par satellite (GPS ou mieux GPS/Galileo) ; votre téléphone portable, si ! Cette fonction de localisation augmente le risque d'usurpation de vos données personnelles. Dorénavant il est possible de dater et situer l'échange, sauf si un tiers vient perturber le signal de positionnement pour leurrer la transaction avec une fausse position ! « *Les recherches de solutions antileurrage sont en cours depuis plusieurs années, notamment lorsqu'à été étudié l'apport du spatial pour trouver des solutions au dossier écotaxe. Ces solutions doivent présenter toutes les garanties d'intégrité et d'authenticité pour être utilisées en toute confiance; elles doivent répondre aux enjeux réglementaires et légaux* », explique Romain Desplats, responsable Propriété intellectuelle au CNES.

Piéger les piégeurs

Or, même renforcés, les systèmes de sécurité sont rarement infaillibles, surtout lorsqu'ils utilisent une technologie ouverte comme les signaux civils GPS. Le « *spoofing* » est devenu le chat noir des réseaux bancaires, financiers, etc. Il peut aussi le devenir pour les simples citoyens demain avec l'extension des objets connectés et la généralisation des technologies de géolocalisation dans de nombreux secteurs économiques. Le risque est plus grave encore pour la sécurité aérienne par exemple. D'après une étude récente, l'aéroport de Taïwan serait victime d'une centaine d'incidents (brouillages ou usurpations d'identité) chaque jour. Contre ces actes de malveillance, les récepteurs des terminaux utilisateurs constituent les premiers remparts : ils mesurent et contrôlent les caractéristiques des signaux provenant des satellites de navigation. Renforcer leurs performances de mesure est un premier pas. Mais il faut aller plus loin. Au CNES, Lionel Ries et son équipe proposent de contourner les pièges en insérant un piège. Les dispositifs « antileurrage » sur lesquels ils travaillent visent à ajouter un niveau de protection supplémentaire à l'architecture traditionnelle pour la rendre plus résistante aux attaques. Une solution technique consiste à se protéger d'un émetteur pirate qui tenterait de tromper les informations de position et de temps en se faisant passer pour un émetteur GPS. Comme l'antivirus en informatique, le système antileurrage va fonctionner en antispam spatial. Il va détecter et séquestrer les signaux usurpés et garantir l'authentification GNSS. Ce procédé, aujourd'hui protégé par un brevet, apporterait un regain de sécurité et pourrait constituer un argument commercial de poids pour les fabricants de dispositifs intelligents mobiles. ■

SATELLITE NAVIGATION

Beating the fraudsters at their own game

Soon you'll be able to pay for purchases using your smartphone, leaving your bankcard at home. But to prevent fraud, it's vital to ensure mobile transactions only take place when and where you're physically present. CNES is using its expertise to address the risks of fraud and develop the necessary countermeasures.

Your bankcard doesn't have an in-built satellite navigation system like GPS or Galileo, but the latest smartphones do. This positioning feature increases the risk of having personal data stolen, as it's now possible to determine exactly when and where a transaction takes place—unless a third party disrupts the positioning signal and makes it give a false location. “*Research into anti-spoofing systems has been in progress for several years, looking for example at how satellites can contribute to solutions for France's eco-tax toll collection scheme,*” says Romain Desplats, head of intellectual property at CNES. “*These solutions must offer all the assurances of integrity and authenticity if people are to trust them, as well as meet legal and regulatory requirements.*”

Spoofing the spoofers

Yet even the most robust security systems are fallible, particularly if they rely on an open technology like GPS civil signals. Spoofing has become the bane of banking and financial networks. Ordinary citizens may also be affected as connected devices and geopositioning technologies find their way into more and more sectors of society. The risk is especially serious in aviation, for example, with implications for safety and security. According to a recent study, Taiwan's international airports are victim to around 100 signal jamming and identity theft incidents every day. The receivers in user devices are the first line of defence against such attacks, since they verify the characteristics of the signals they receive from navigation satellites. Making these built-in controls more robust is a first step, but we need to go further. At CNES, Lionel Ries and his team have found a way to spoof the spoofers. They've been working on anti-deception measures, which add another layer of protection to conventional architectures, making them more resistant to attacks. One solution involves protecting the system from pirate transmitters attempting to falsify time and position references by pretending to be a GPS transmitter. Like a computer anti-virus, the anti-deception device works like a space-based anti-spam system, detecting and containing false signals and ensuring GNSS authentication. This patented procedure will improve security and could be a key selling point for makers of smart mobile devices. ■

Lexique

Glossary

Spoofing : leurrage d'une fausse information de temps ou de position GPS.

Spoofing: Falsifying GPS time and position references



ENTRETIEN AVEC GENEVIÈVE FIORASO

Unie, l'Europe peut réaliser de grandes choses

Le 2 décembre 2014 à Luxembourg, la conférence ministérielle de l'ESA a choisi le lanceur Ariane 6 dans une version modulaire pour succéder à Ariane 5. Après deux ans de travail intense avec l'ensemble des acteurs concernés, la position française a fait consensus. La secrétaire d'État à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, Geneviève Fioraso, revient sur cette décision européenne prise à l'unanimité.

Face à des enjeux de taille pour l'avenir du secteur spatial européen, comment s'est déroulé ce conseil ministériel ?

G. F. : Tout d'abord, il avait été bien préparé au niveau national : tous les acteurs de « l'équipe France » du spatial, le CNES en premier lieu, mais aussi l'opérateur Arianespace, les entreprises concernées et même les clients, réunis à mon initiative, avec mes collègues de la Défense et de l'Industrie, au sein d'un conseil commun, le Cospace, avaient adopté une position commune à l'issue de deux ans de travail et d'études. Je ne voulais pas rééditer l'expérience de 2012 où cette coordination avait fait défaut. La position commune s'est finalement imposée dès

le mois de juin 2014 : le lancement d'Ariane 6 directement, sans passer par une solution intermédiaire, Ariane 5 ME. Ce nouveau lanceur, opérationnel dès 2020, s'est révélé être la meilleure solution pour faire face à une concurrence internationale très vive, en particulier celle des États-Unis. Ensuite, sur la base de cet objectif commun, nous avons pu anticiper la ministérielle de décembre, avec la tenue de trois ministérielles informelles qui ont permis d'affiner les propositions communes des agences (ESA, CNES, DLR, ASI) et des industriels, et de les partager avec tous nos partenaires, en particulier les Allemands, qui étaient attachés au passage par Ariane 5 ME avant Ariane 6. C'est bien cette co-construction

INTERVIEW WITH GENEVIÈVE FIORASO

“Together, Europe can do great things”

On 2 December 2014 in Luxembourg, the ESA Ministerial Conference chose a modular version of the Ariane 6 launcher to succeed Ariane 5. After two years of unrelenting effort with all stakeholders, the position advocated by France achieved consensus. Geneviève Fioraso, the Secretary of State for Higher Education and Research, looks back at this unanimous decision by Europe.

How did this ministerial council meeting so vital to the future of Europe's space sector go?

Geneviève Fioraso: First of all, a lot of groundwork was done by everyone in 'team space France' to prepare for this meeting—with CNES obviously but also with Arianespace, contractors, customers and

my colleagues at the ministries of defence and industry within the joint CoSpace government-industry space coordination committee—to reach a consensus position after two years of hard work. I didn't want to repeat the experience of 2012 when such coordination was lacking. We agreed on this common position—to give the go-ahead for Ariane 6 and forego the intermediate Ariane 5 ME—by June 2014. This new launcher, scheduled to enter service in 2020, proved the best solution to respond to fierce international competition, in particular from the United States. We then worked from this common goal to ready for the ministerial conference in December, holding three informal ministerial meetings to refine the joint proposals from space agencies (ESA, CNES, DLR and ASI) and manufacturers, and to share them with all of our

partners, especially Germany, who wanted to develop Ariane 5 ME as a stepping stone to Ariane 6. By building an agreed solution together in this way, we were successful in reaching a unanimous European decision that will benefit industry.

How will these results prove beneficial for European and French interests?

G.F.: This decision in Luxembourg means €8 billion will be invested across the launch services sector over the next 10 years, with €4 billion going to Ariane 6. As the largest contributor to the programme, France will be the major beneficiary with a return of 52%, including €600 million to build a new launch pad in French Guiana. With Ariane 6, it is the future of our launcher industry and assured independent access to space that are at stake. If, tomorrow, we





d'une solution commune qui nous a permis d'emporter une décision européenne unanime, bénéfique à notre industrie.

En quoi ces résultats sont-ils bons pour les intérêts européens et français ?

G. F. : Cette décision prise à Luxembourg représente, pour l'ensemble de la filière des lanceurs, un investissement de 8 milliards d'euros dans les dix années à venir, dont 4 milliards d'euros pour Ariane 6. La France, première contributrice du programme, en sera la première bénéficiaire, avec 52 % de retour, dont 600 millions d'investissements en Guyane pour l'aménagement d'un pas de tir adapté au nouveau lanceur.

Avec Ariane 6, c'est tout l'avenir de l'industrie des lanceurs et de notre autonomie dans l'accès à l'espace qui est en jeu. Si, demain, nous dépendons de lanceurs américains ou asiatiques, nous ne serons pas prioritaires pour envoyer nos satellites, qui sont la véritable valeur ajoutée, sur le plan institutionnel, scientifique comme commercial. C'est donc un enjeu à la fois scientifique, industriel et de souveraineté nationale. Car les applications du spatial sont décisives dans bien des domaines : la

défense, l'observation de la Terre, les données sur l'environnement, l'agriculture, mais aussi les télécommunications, la gestion intelligente du *big data*... De plus, le retour sur investissements dans le spatial est de 5 à 20 fois supérieur à la mise initiale, grâce à la diffusion d'applications dans tous les secteurs industriels, grands groupes, ETI, PMI, PME et start-up, que ce soit pour les programmes scientifiques, de défense ou commerciaux. Cette ministérielle a démontré que, lorsque l'Europe s'unit, elle peut réaliser de grandes choses. La France ne perd pas son âme quand elle est européenne, bien au contraire ! La décision de s'engager sur Ariane 6, tout comme le succès extraordinaire de la mission Rosetta et du robot Philae, les missions réussies du véhicule spatial ATV 5 ont démontré en 2014 toute l'excellence de la filière spatiale française et européenne, fondée sur l'expertise internationalement reconnue du CNES et de ses partenaires de recherche publique comme sur celle de ses industriels. C'est l'Europe en mouvement qui fait avancer la science, la technologie, renforce la sécurité des citoyens, suscite le progrès, crée des emplois qualifiés et irrigue l'industrie d'innovations.



Notre communiqué de presse en ligne sur le lancement du programme Ariane 6. See our on-line press release about the launch of the Ariane 6 programme.

have to depend on U.S. or Asian launchers, we won't have priority for our satellites, which is where our true scientific and commercial added value lies. We therefore face a scientific, industrial and national sovereignty challenge, since space applications are vital in so many domains, like for example defence, Earth observation, the environment, agriculture, telecommunications or 'big data'. What's more, the return on investment from space is 5 to 20 times the initial outlay as a result of applications disseminated to all sectors of industry, to large groups, mid-tier firms, SMEs and start-ups alike, be it for scientific, defence or commercial programmes. This ministerial conference showed that together, Europe can do great things. France isn't 'selling out' when it shows its European colours, quite the opposite! The go-ahead for Ariane 6, the extraordinary success of the Rosetta mission and its Philae lander and the achievements of the ATV-5 spacecraft all demonstrated in 2014 the excellence of France and Europe's space sector, drawing on the internationally renowned expertise of CNES and its public research partners and the competencies of its industry contractors. When Europe moves forward together like this, it advances science and technology, enhances citizens' security, drives progress, creates qualified jobs and infuses industry with innovations.

How did the choice of Ariane 6 advocated by France succeed in achieving consensus among all member states?

G.F. : As I said, we worked tirelessly with ESA member states for several months, and I was in regular contact with my German counterpart. Our German partners, who are the second largest contributors to Ariane after France, asked CNES, ESA and industry contractors for clarifications and received precise answers to their questions to enable us to reach consensus. Three arguments won the day. First, the fact that international competition—fuelled by strong government backing—is hotting up, so we needed a more competitive and more modular launcher able to accommodate scientific, strategic and commercial flights. Second, a more reliable roadmap, since the programme advocated by France included fewer disruptive technologies than with the initial version of Ariane 6. The studies completed for Ariane 5 ME will be re-used and the upper section of the launcher will be 90% the same, while the engines—the main technical risk—are already qualified. And the programme's governance has been streamlined, with the creation now underway of a launcher subsidiary by Airbus Defence & Space and Safran, to provide better integration of production and transfer more responsibility and risk to firms, particularly for

commercial projects that today account for two-thirds of launches. Third, and this is undoubtedly the most positive element, was the European sentiment that prevailed in the final decision. As a leader in many domains in space, especially launch services, Europe had to adopt an offensive and constructive strategy and in securing a common position that bodes well for the future it fulfilled the French government's hopes.

How did the government and CNES work together in the run-up to the conference?

G.F. : We were of course in constant contact. CNES's science and technology expertise is a huge asset for France and we couldn't have secured this decision on Ariane 6 without its highly skilled teams and its president, whom I commend for their efforts. CNES plays a key role informing the government and shaping our nation's space policy and it was instrumental alongside the other stakeholders, the government and ESA member states in the success of this conference. I would like to thank everyone at CNES's Launch Vehicles Directorate and at DLR, Arianespace, Airbus Defence & Space and Safran, and all of the partner firms who worked so hard over the last two years and through last summer to finalize Ariane 6's configuration. We owe the great decision reached on 2 December to their joint efforts. ■

Comment le choix d'Ariane 6, soutenu par la France, a-t-il réussi à obtenir un consensus auprès de l'ensemble des États membres ?

G. F. : Comme je l'ai dit, nous avons travaillé avec les États membres de l'ESA de façon constante et, pendant plusieurs mois, j'ai eu des échanges réguliers avec mon homologue allemande. Nos partenaires allemands, seconds contributeurs après la France au programme Ariane, ont interrogé le CNES, l'ESA, les industriels, qui ont donné des réponses précises à leurs questions, et nous sommes parvenus ainsi à converger. Trois arguments ont été décisifs. Le premier, c'est celui d'une concurrence internationale qui s'accélère, avec un fort soutien public, ce qui amenait à privilégier le lanceur le plus compétitif, le plus modulaire, adapté à la fois aux vols scientifiques, aux vols stratégiques et aux vols commerciaux. Le second argument, c'est la fiabilité renforcée de la feuille de route. Le programme défendu par la France présentait moins de ruptures technologiques que dans la version initiale d'Ariane 6. Les études réalisées pour Ariane 5 ME seront réutilisées. La partie haute est similaire à 90 %. Les moteurs, principal risque technique, sont déjà qualifiés. Enfin, la gouvernance a été resserrée, avec deux évolutions : la création en cours d'une filiale dédiée aux lanceurs par Airbus Defence and Space et Safran, qui renforcera l'intégration de la production et une plus grande responsabilité et prise de risques pour les entreprises, en particulier pour les projets commerciaux, qui représentent aujourd'hui les deux tiers des lancements. Enfin, et c'est sûrement l'élément le plus positif pour l'avenir, c'est le sentiment européen qui a prévalu dans la décision finale. L'Europe, leader dans bien des domaines du spatial, en particulier pour les lanceurs, devait se montrer offensive et constructive : elle a été à la hauteur des attentes du gouvernement français en adoptant une position commune porteuse d'avenir.

Quelles ont été les relations durant les préparatifs de ce conseil entre le gouvernement et le CNES ?

G. F. : Les échanges ont, bien entendu, été permanents. L'expertise scientifique et technologique du CNES est une force formidable pour la France : une telle décision sur Ariane 6 n'aurait bien évidemment pas été possible sans la compétence et l'expertise de ses équipes, de son président, que je tiens à saluer. Le CNES a un rôle essentiel pour éclairer le gouvernement puis mettre en œuvre la politique spatiale de notre pays : il a pleinement joué son rôle, aux côtés des autres acteurs et aux côtés du gouvernement et des États membres de l'ESA, dans la réussite de ce conseil. Je veux remercier tout le personnel de la direction des lanceurs du CNES ainsi que de la DLR, d'Arianespace, d'Airbus Defence and Space, de Safran, et toutes les entreprises partenaires qui se sont mobilisées depuis deux ans, et en particulier tout l'équipe, pour finaliser la configuration d'Ariane 6 : leurs efforts conjoints ont permis la belle décision du 2 décembre 2014. ■

TROIS QUESTIONS À JEAN-JACQUES DORDAIN Directeur général de l'ESA



Face à une concurrence internationale agressive sur le marché des lanceurs, pourquoi l'Europe a-t-elle besoin de se doter d'une Ariane 6 ?

Tout d'abord je tiens à dire qu'Ariane 5 est une réussite remarquable de l'ESA et de l'industrie européenne. Avec à son actif plus de 60 lancements réussis d'affilée, ce lanceur a conquis plus de 50 % du marché commercial des services de lancement et produit plus de 50 milliards d'euros de bénéfices économiques directs pour l'Europe. Cependant, le marché mondial des services de lancement évolue très rapidement, à la fois pour ce qui est de l'offre et de la demande.

Côté offre, de nouveaux prestataires de services de lancement non européens interviennent désormais sur le marché commercial et proposent des prix extrêmement compétitifs, ce qui remet en question le modèle économique d'Ariane 5.

Côté demande, les satellites évoluent eux aussi, y compris grâce aux nouveaux services des lanceurs. Le marché commercial, composé majoritairement de satellites de télécommunications, intègre la propulsion électrique, ce qui pourrait conduire à de nouvelles stratégies d'injection en orbite. Dans le même temps, le nombre de charges utiles institutionnelles européennes s'accroît, grâce à la mise en place des constellations Galileo et Copernicus, ce qui représente un marché assez stable pour des lancements récurrents de satellites de taille moyenne.

Pour réagir à ces changements rapides, l'ESA avec ses pays membres et l'industrie européenne des lanceurs ont défini une Ariane 6 modulaire, reposant sur deux configurations, afin de satisfaire les segments de marché des satellites lourds et de taille moyenne à compter de 2020. Ariane 6 s'appuie sur l'exploitation optimale des investissements réalisés et des résultats obtenus dans le cadre du programme Ariane 5 – évolution à moyen terme – ainsi que sur l'utilisation d'un moteur à propergol solide, qui sera utilisé à la fois comme premier étage de Vega-C et comme propulseur d'appoint d'Ariane 6.



Une nouvelle organisation industrielle a été mise en place. Comment les rôles sont-ils répartis entre l'ESA, le CNES et la joint-venture ?

Le partage de responsabilités entre les pouvoirs publics et les acteurs industriels est lié à un nouveau partage des risques, en développement et en exploitation. L'un ne se comprend pas sans l'autre. Cependant, puisque le financement du développement d'Ariane 6 vient très majoritairement des États membres, le rôle de l'ESA est celui qu'elle joue sur tous les programmes de développement. Or elle ne peut jouer ce rôle qu'avec l'aide du CNES, qui possède à la fois des compétences et une expérience dans le développement des lanceurs.

En attendant le premier vol d'Ariane 6 en 2020, pensez-vous que les clients institutionnels ou privés vont rester fidèles aux lanceurs européens ?

Le carnet des commandes d'Arianespace est bien rempli jusqu'en 2018, et Vega C puis Ariane 6 rejoindront la famille des lanceurs européens en 2018 et 2020 respectivement. Une transition rapide entre Ariane 5 et Ariane 6 est prévue afin que l'offre européenne soit compétitive le plus tôt possible et de minimiser le risque de perte de clients. ■



Q&A with Jean-Jacques Dordain

ESA Director General

Faced with fierce international competition in the launch services market, why does Europe need Ariane 6?

First of all, I must stress what a remarkable success story Ariane 5 has been for ESA and European industry. With a

straight run of more than 60 successful launches, it has garnered over half of the commercial launch services market and generated more than €50 billion in direct economic benefits for Europe. However, this market is changing fast in terms of supply and demand. On the supply side, new entrants outside Europe are coming onto the market with extremely competitive prices and Ariane 5's business model cannot keep pace. On the demand side, satellites are also evolving as new launch services emerge. The commercial market, mostly for telecommunications satellites, is now adopting electric propulsion and we could start to see new orbit-injection strategies. At the same time, the number of European institutional payloads is growing with the deployment of the Galileo and Copernicus constellations, creating a relatively stable market for regular launches of medium-sized satellites.

To respond to this fast-changing context, ESA, its member states and the European launcher industry have defined a modular Ariane 6 launcher offering two configurations to cater for the heavy and medium satellite segments starting in 2020. Ariane 6 will leverage the investments and results obtained under the Ariane 5 Midlife Evolution (ME) programme, using a solid-rocket motor that will double up as the first stage of Vega-C and as a booster for Ariane 6.

How will roles be shared between ESA, CNES and the joint venture in the new industrial organization?

The sharing of responsibilities between governments and industry reflects a new sharing of risks, both during development and operations. These aspects go together. However, since the vast majority of funding for the development of Ariane 6 is coming from member states, ESA will be playing the same role that it does on all other development programmes. And it can only do that with the aid of CNES's expertise and experience in developing launchers.

In the meantime, do you think institutional and private customers are going to remain faithful to European launchers until Ariane 6 comes on stream in 2020?

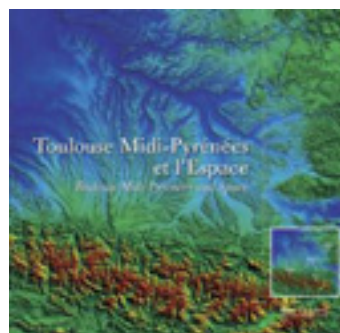
Arianespace has a full launch manifest up to 2018 and Vega C then Ariane 6 will join Europe's family of launchers in 2018 and 2020. We will transition quickly from Ariane 5 to Ariane 6 to keep Europe's launch services offering competitive and minimize the risk of losing customers. ■

JOURNÉE R&T UN BRAINSTORMING POUR LE FUTUR

Plus de 500 participants se retrouvent chaque début d'année au Palais des congrès de Toulouse. Le chiffre est une constante qui prouve l'intérêt de la journée consacrée par le CNES à la recherche et aux nouvelles technologies des systèmes spatiaux. Cette rencontre studieuse aborde les avancées en cours ou à venir dans le panel des domaines couverts par le CNES. Dans les télécoms, observation de la Terre, sciences de l'Univers, qu'ils soient représentants de l'industrie spatiale (grands groupes, PME, SSII confondus), ingénieurs ou scientifiques, les acteurs suivent fidèlement présentations et exposés. Le 29 janvier, l'édition 2015 mettra en tribune des innovations, transferts de technologies, sauts technologiques, projets futurs, etc. En juin 2014, le CNES a lancé un appel à idées dont certains sujets alimentent son plan de R&T. Les soumissions sont closes depuis le 9 septembre, mais cette journée sera une occasion d'échanges.

R&T day to brainstorm the future

The 500-plus participants that come at the start of every year to the R&T day organized by CNES on new space system technologies at the Palais des Congrès in Toulouse are proof of its value. This studios event focuses on current and envisioned advances in the agency's domains of excellence, with presentations in the fields of telecoms, Earth observation and sciences of the Universe for an attentive audience of engineers, scientists and space industry representatives from big groups, SMEs and software houses alike. The 2015 edition on 29 January is set to spotlight innovations, technology transfer, disruptive technologies, future projects and more. In June last year, CNES issued a call for ideas and a number of those submitted have found their way into its R&T plan. Submissions are closed since 9 September 2014, but this day will offer plenty of scope for discussions.



Toulouse Midi-Pyrénées et l'Espace I

Scientifique pour le fond, magazine pour la forme, ce livre décline toute l'expérience d'une région vouée au ciel. Cet ouvrage choral, très documenté, fait l'état des lieux des

richesses que le spatial distribue au quotidien dans nos vies. Il donne la parole aux acteurs et experts : le CNES, mais aussi les groupes industriels, les PME, les start-up qu'il a fait naître. Il met en évidence écoles et universités, laboratoires ou pôle de compétitivité mondial. Il illustre la forte dynamique du secteur spatial en région Midi-Pyrénées. Édition Sud(s)-Concepts.

Book on Toulouse-Midi-Pyrenees and space

Scientific in content but conceived like a magazine, this well-documented book details the breadth of experience of a region devoted to the skies and the rich benefits we reap from space in our daily lives. It gives pride of place to space stakeholders and experts, CNES and industry contractors, SMEs, start-ups, universities, research laboratories and a world-class competitiveness cluster, illustrating the vibrant space sector in Midi-Pyrenees. Published by Sud-Concepts.



Deux jeunes présentent le robot martien qu'ils ont confectionné lors de l'opération Espace dans ma ville à la secrétaire d'état Myriam El Khomri et à Claudie Haigneré, présidente d'Universciences.

Two youngsters show the Mars rover they built for this year's Space in my City operation to Secretary of State Myriam El Khomri and Claudie Haigneré, president of Universciences.

Espace dans ma ville

(Space in my City) is an operation combining urban policy aims with those of CNES to get young people interested in science, notably space science. In 2014, 11 cities—Ajaccio, Bastia, Douai, Lens, Les Mureaux, Marseille, Montereau-Fault-Yonne, Roubaix, Salon-de-Provence, Toulouse and Vénissieux—took part for its 10th edition. The closing event held on 5 December invited two youngsters from each city to spend a weekend in Paris to cultivate their science culture with visits to the capital's emblematic sites. Myriam El Khomri, Secretary of State for Cities, received the youngsters at her ministry, where they proudly presented their projects, talked about space careers, shared their experiences and gauged their scientific knowledge.

Espace dans ma ville est une opération qui associe les objectifs de la politique de la ville et ceux du CNES pour sensibiliser des jeunes à la culture scientifique, notamment spatiale. En 2014, 11 villes ont participé à sa 10^e édition: Ajaccio, Bastia, Douai, Lens, Les Mureaux, Marseille, Montereau-Fault-Yonne, Roubaix, Salon-de-Provence, Toulouse et Vénissieux. La rencontre finale, organisée le 5 décembre, a été l'occasion d'inviter deux jeunes de chaque ville à passer un week-end à Paris pour parfaire leur culture scientifique à travers la visite de sites emblématiques. Myriam El Khomri, secrétaire d'État en charge de la politique de la ville, les a reçus au ministère. Les jeunes ont présenté avec fierté leurs réalisations et ont pu échanger sur les métiers du spatial, partager leur expérience d'animation et évaluer leurs connaissances scientifiques.

UN AWARD POUR M3 SYSTEMS

Avec plus de 4000 innovations et un large éventail d'industries représentées, la conférence-exposition « *National Instrument Week* » regroupe les développeurs et les technologies les plus novatrices et les plus performantes du Test & Mesures. À Austin (Texas), l'édition 2014 a gratifié d'un *Award* les 14 meilleures applications, parmi lesquelles le simulateur GNSS Stella NGC de la société M3 Systems. Solution de test pour récepteurs de géolocalisation et datation, Stella NGC offre des capacités multi-constellations et multifréquences. Avec ce produit hautement modulable et adaptable à des configurations futures, la PME, très active dans le paysage spatial toulousain, prend rang au plan mondial. Le CNES a accompagné le développement du simulateur par une coopération de ses équipes et de son laboratoire de radionavigation. Lié par un accord de licence sur le cœur logiciel de Stella NGC, il ne peut que se réjouir de cette distinction méritée.

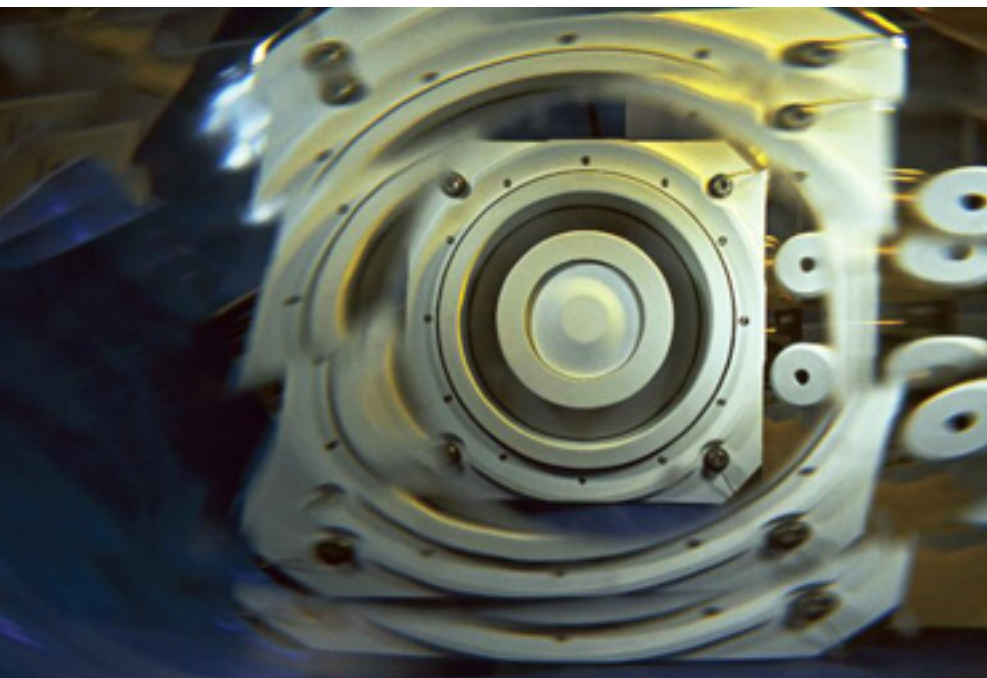
Award for M3Systems

With more than 4,000 innovations and a broad panel of industries present, the National Instruments Week conference and exhibition brings together the best and most innovative developers and technologies in testing, measurement and control. The 2014 event in Austin, Texas, presented awards to the 14 best applications, among them the GNSS Stella NGC simulator from M3Systems. Stella NGC is a test solution for geo-location and timing receivers offering multi-constellation and multi-frequency capabilities. With this highly modular and upgradable product, the Toulouse-based firm is set to gain global recognition. CNES's radionavigation lab and teams provided support for development of the simulator. The agency also has a licence agreement for the core software of Stella NGC, so it has every reason to be delighted with this well-deserved distinction.



Trajectoire (courbe en violet) d'un taxiway, à savoir une voie de circulation d'un aéroport, calculée ici par un récepteur GPS stimulé par StellaNGC. Trajectory (in mauve) of an airport taxiway calculated by a GPS receiver cued by StellaNGC.

SYSTÈMES ORBITAUX LES DÉMONSTRATEURS COMME GARANTIE DE SÉCURITÉ



▲▲ Propulseur électrique développé par la Snecma (Safran) avec le soutien du CNES. Electric thruster developed by Snecma (Safran) with CNES support.

Avant d'être officiellement reconnu apte au vol, toute technologie, tout équipement, tout sous-ensemble doit avoir satisfait à des validations, des qualifications, des démonstrations. Le senseur, c'est l'échelle de référence TRLs¹ ou « niveaux de maturité technologique ». Imaginée par la NASA, cette échelle présentait à l'origine 7 niveaux. Pour les réajuster à la large gamme exponentielle des technologies, les items ont été revus en 1995, puis normalisés en 2013. Depuis, l'échelle comporte 9 niveaux, dont le franchissement s'impose comme laisser-passer vers le stade ultime, celui du produit fini en vol.

Une réponse pertinente au moindre risque

Pour répondre à ces critères, le CNES développe des démonstrateurs dans le cadre du programme technologique national. Ce terme de « démonstrateurs » est générique, le catalogue vaste. Basée sur une échelle de niveaux, cette démarche s'est systématisée depuis une dizaine d'années seulement. « Avant, c'était un peu l'inconnu, une prise de risques forte, tant technique que financière et calendaire », explique Gilles Bellaiche, responsable de la coordination de pro-

grammes de Recherche et Technologie au CNES. Et de poursuivre : « À la fin de la R&T, les produits ont acquis le niveau 4. Or la phase d'utilisation opérationnelle débute au niveau 7. Entre les deux seuils, c'était le vide. » Cette période critique était nommée « la Vallée de la Mort », une expression qui, dans son réalisme, est significative. Aujourd'hui, la prise de risques n'est plus d'actualité : son coût est trop élevé. Pour l'éviter, le CNES a intégré cette nouvelle étape du démonstrateur auquel il consacre trois lignes budgétaires distinctes qui correspondent à des thématiques complémentaires. Le chapitre des « démonstrateurs technologiques » comprend les technologies préparatoires aux systèmes orbitaux d'avenir. Dans l'inventaire à la Prévert, on trouve tout à la fois des logiciels, des équipements bord ou sol, des sous-ensembles, des parties d'instruments, etc. Leur mission est de développer et de qualifier des produits très diversifiés et de les porter à un niveau 6 minimum. Le CNES y consacre un budget annuel de 2,5 M€.

Le chapitre des « composants stratégiques » est consacré aux composants électroniques. Cet effort spécifique répond à la volonté européenne de non-dépendance. La non-disponibilité de ces composants fragiliserait l'indé-

pendance de ces composants fragiliserait l'indé-

¹Technology Readiness Levels.

pendance et la compétitivité des industriels européens. Cet effort permet de s'affranchir d'éventuelles contraintes ITAR². Le marché de ces composants est toutefois très volatil et les produits très évolutifs. Le budget spécifique dédié est évalué à 2 M€ par an. Enfin, le dernier chapitre est dédié aux « démonstrateurs en vol ». Très spécifiques, ce sont généralement des ensembles assez aboutis qui signent le passage du seuil 7 au seuil 9, en faisant voler les ensembles au gré des opportunités de missions. Le budget dédié est de l'ordre de 0,6 M€ par an selon les opportunités de vol.

Une démarche généralisée

Le CNES n'est pas le seul à avoir adopté cette stratégie de développement des démonstrateurs. « *C'est une préoccupation assez générale. La plupart des grandes agences spatiales ont aussi des programmes de démonstrateurs pour mener ces équipements jusqu'à un niveau de produit qualifié, voire les faire voler sur satellites* », précise Gilles Bellaïche. À l'échelle européenne, les composants stratégiques sont traités via des programmes de démonstrateurs spécifiques. Une instance, l'ESCC³, s'est constituée pour mieux coordonner le développement de ces technologies, via les

Initiatives⁴, il y a plus de cinq ans. Au CNES, la stratégie de construction du programme des démonstrateurs est calquée sur celle des activités R&T. « *Les procédures sont identiques. Le nombre des activités est simplement moins important, puisque nous développons 6 à 8 démonstrateurs par an* », ajoute-t-il. Si le risque zéro n'existe pas, le CNES constate malgré tout, très concrètement, les retombées bénéfiques : Microscope, Planck, Galileo IOV, Proba V, Sentinelles 3, @Bus, Myriades Evolution, Pléiades, Doris, CSO, Taranis, Néosat, Swot, IASI NG, etc. Ces missions et projets prestigieux et novateurs ont tous été utilisateurs d'activités de démonstrateurs. Avec cette démarche, le CNES remplit aussi une autre mission à laquelle il est très attaché : il contribue à la dynamique du secteur industriel. « *Ces démonstrateurs sont des outils de politique industrielle très structurants, rappelle Gilles Bellaïche. Ils aident notamment les PME-PMI à développer des solutions et à enrichir leur catalogue. Dans un marché spatial tendu, les industriels français peuvent ainsi se positionner sur de vrais produits matures et non pas sur de simples concepts, et ainsi être très concurrentiels aussi bien sur le plan européen qu'international.* » ■

² International Traffic in Arms Regulation.
³ European Space Components Coordination.
⁴ European Components Initia
¹ International Traffic in Arms Regulations
² European Space Components Coordination
³ European Components Initiatives

▼ Répartition des démonstrateurs systèmes orbitaux par type d'activités
 Orbital system demonstrators by type of activity

- Maîtrise d'œuvre
Prime contractor
- Dévelop. équipements
Equipment development
- Travaux de SSII
Software development
- Activités de laboratoire
Laboratory research
- Autres
Other

ORBITAL SYSTEMS

Demonstrators as a safety net

Midway between R&T and flight products, orbital systems and equipment have to prove their technological maturity. In making demonstrators a linchpin of its technology strategy over the last decade, CNES has found a way to guarantee their reliability at low cost and risk.

Before being officially cleared to enter flight service, any technology, system or subsystem is subjected to validation, qualification testing and demonstrations to establish its maturity. The standard yardstick used to gauge this is the technology readiness level (TRL). Conceived by NASA, this scale originally comprised seven levels. To adjust it to exponential growth in technologies, TRLs were reviewed in 1995 and then standardized in 2013. There are now nine levels, each one a milestone to be passed on the path to the final flight product.

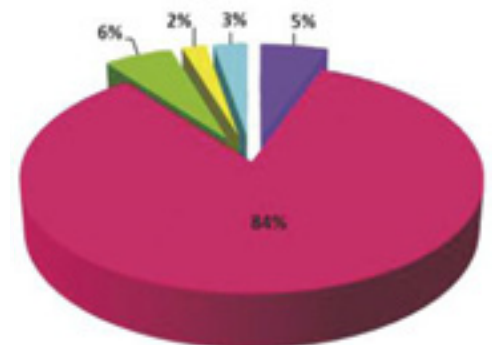
Mitigating risk

To meet these criteria, CNES develops a vast catalogue of demonstrators for its national orbital system technology programme, using a TRL-based approach it has systematized over the last decade. « *Previously, it was a bit of a leap in the dark, with high engineering, financial and schedule risks,* » explains Gilles Bellaïche, who coordinates R&T programmes at CNES. « *After the R&T phase, a product reaches TRL 4. Actual operational use begins at TRL 7. Between the two, it was a no-man's-land!* » This critical phase earned the moniker of the 'Valley of Death', which is pretty much an accurate description. But today, risk-taking is no longer the order of the day, as it has a significant cost.

To avert risk, CNES has introduced this new demonstrator phase, funded by three complementary budget lines. The 'technology demonstrator' line encompasses all technologies needed to ready future orbital systems, including software, flight and ground systems, subsystems, instrument parts and so on. Their mission is to develop and qualify highly diverse products to at least TRL 6. CNES devotes an annual budget of €2.5 million to this task. The second budget line covers 'strategic' electronic components, and here the agency's efforts are geared toward assuring independent sources of supply and maintaining the competitiveness of European industry, while at the same time getting round any ITAR¹ restrictions. The market for these components is nevertheless very volatile and products fast-changing. This separate line amounts to about €2 million a year. The third and final budget line is devoted to 'flight demonstrators', generally systems that are almost finalized and ready to make the step up from TRL 7 to TRL 9, taking advantage of mission flight opportunities. This line is worth some €600,000 a year, depending on flight opportunities.

Widespread approach

CNES is not alone in adopting this demonstrator strategy. « *It's a fairly widespread concern,* » says Gilles Bellaïche. « *Most of the main space agencies have their own demonstrator programmes to take systems up to the qualified product level or even fly them on satellites.* » In Europe, strategic components are developed for dedicated demonstrator programmes and a special body, ESCC², has been formed to better coordinate technology development through initiatives³ now underway for more than five



years. CNES's demonstrator programme strategy mirrors its R&T effort. « *While there are fewer activities, since we develop six to eight demonstrators a year, the procedures are identical,* » adds Bellaïche. And while there's no such thing as 'zero risk', CNES notes that the benefits for numerous missions—Microscope, Planck, Galileo IOV, PROBA V, Sentinel 3, Alphabus, Myriades Evolution, Pleiades, DORIS, CSO, Taranis, NEOSAT, SWOT, IASI NG and more—are real. All of these prestigious and innovative projects and missions have drawn on the agency's demonstrator efforts. With this approach, CNES is also fulfilling another mission to which it attaches a great deal of importance. « *These demonstrators play a key role in structuring industrial policy,* » underlines Gilles Bellaïche. « *In particular, they help SMEs and SMIs to develop solutions and round out their product catalogues. In a tight space market, French manufacturers are thus able to position themselves with genuinely mature products rather than just concepts, and to compete effectively in Europe and globally.* » ■

COMMUNAUTÉS DE COMPÉTENCES TECHNIQUES L'OPEN INNOVATION MADE IN CNES

Laboratoire d'expertise du Centre spatial de Toulouse, souvent sollicité par les entreprises. The Toulouse Space Centre's component testing lab is often called on for its expertise by firms.

Créés en 1997 pour « animer la vie intellectuelle du CNES », les Centres de compétences techniques (CCT) sont aujourd'hui des modèles d'open innovation. Ces centres d'échanges et de réflexion favorisent l'émergence d'innovations technologiques, de transferts de technologies. Largement ouverts aux acteurs du spatial, ils étendent aujourd'hui leur toile vers l'Europe.



Organisée par Rist Lab¹, la conférence consacrée à l'open innovation réunissait cet été à Paris un panel d'industriels, d'universitaires et de cellules de veille technologiques. Le CNES était invité à présenter, au titre de démarche modèle, l'exemplarité développée au travers de ses CCT et de leur évolution. En 1998, ces Centres de compétences techniques faisaient circuler les idées au sein des services de l'organisme. Rester en alerte, être réseau d'échanges, force de propositions..., telle était l'ambition de ces cercles qui agissaient un peu comme des think tanks à usage interne. Dès 2001, le CNES a considéré la plus-value que pourrait représenter un partage avec d'autres acteurs: recherche académique, laboratoires puis industriels, PME, PMI.

Un brassage d'idées et d'expertises

Les Centres de compétences sont alors devenus Communautés de compétences. Elles ont aujourd'hui atteint une maturité qui en fait un modèle reconnu dans le domaine de l'innovation ouverte. Elles proposent at-

CCTs

Open innovation at CNES

First created in 1997 to get minds working across the agency, CNES's technical competence communities (CCTs) are today models of open innovation nurturing new technologies and technology insertion. They are also open to other space stakeholders and now looking to cast their net wider across Europe.

The Open Innovation conference organized this summer in Paris by RIST Lab¹ brought together a panel of participants from industry, academia and technology intelligence units. CNES was invited to give a case-study presentation about its CCTs. When they were first conceived, the ambition of the

agency's CCTs was to circulate ideas and support networking and technology intelligence, operating somewhat like an in-house think tank. But by 2001, it became apparent that CNES could benefit by opening them up to partners in academia and industry.

Fusing ideas and expertise

The former technical competency centres thus morphed into technical competence communities that are now a recognized model of open innovation. They organize workshops and seminars where innovative concepts, long-term research approaches and lessons learned are presented and discussed. And they never lose sight of their original objective of opening up space to other

sectors of activity in order to share knowledge and spur cooperation. "CCTs are flexible enough to enable a range of initiatives, from expert workshops and cross-disciplinary seminars to partnerships with international symposia where they can address a wide audience and get a top billing on the programme," explains Hélène Ben Aïm, CNES's CCT coordinator. "The combination of an expert and systems approach is what makes CNES special." Today, there are 19 CCTs covering domains of excellence such as materials, structures and navigation. Three of them cut across different disciplines, notably for applications and education. "Each CCT is ideally managed by a young leader, assisted where possible by an expert and a

liers, séminaires où sont présentés et brassés concepts innovants, démarches prospectives et retour d'expériences. Ces communautés gardent pour ligne de mire les objectifs originels : ouvrir le spatial aux autres secteurs d'activité et, réciproquement, produire et partager des connaissances, favoriser la coopération. « *Le dispositif est suffisamment souple pour diversifier les interventions : atelier métier expert, séminaires transverses réunissant plusieurs CCT, partenariat avec des colloques internationaux où les CCT bénéficient d'une large audience et occupent une place de choix dans le programme, explique Hélène Ben Aïm, chargée de la coordination des CCT. La capacité d'approche à la fois experte et système fait la richesse du CNES.* » En 2014, les CCT regroupent 19 communautés expertes dans des domaines d'excellence comme les matériaux, les structures, la navigation, etc. Trois sont transverses, notamment pour les applications ou l'éducation. « *Leur pilotage est idéalement confié à un jeune animateur si possible assisté d'un expert et d'un webmaster. Soutenu par un bureau actif, le binôme d'animateurs prend en charge l'organisation des ateliers ou séminaires. Le rôle d'animateur constitue une formation interne de premier plan. Il permet à des jeunes d'enrichir leur expertise, de se constituer un réseau, d'améliorer l'expression publique et surtout de s'ouvrir sur d'autres savoir-faire et d'autres métiers. Les séminaires organisés constituent également des axes de formation interne pour les 60 auditeurs du CNES qui y participent. Mon objectif est de valoriser à sa juste mesure ce formidable outil de carrière et de formation* », remarque Hélène Ben Aïm. À noter que la participation est gratuite pour les membres adhérents des communautés, quel que soit leur horizon professionnel.

Les nouvelles technologies au service de l'innovation technologique

Les nouveaux outils de communication ont révolutionné la vie des CCT : « *Nous étions soucieux d'élargir le cercle des bénéficiaires de ces travaux* », précise Hélène Ben Aïm. La solution est venue des nouvelles technologies, qui nous permettent d'intervenir à plusieurs niveaux. Sur son site

webmaster. Backed by an active committee, the two-person leader team is tasked with organizing workshops and seminars. This role gives young engineers the chance to enhance their expertise, build themselves a network, hone their public-speaking skills and above all discover other disciplines. Seminars are also a useful training vehicle for the 600 people at CNES who attend them. My goal is to leverage this great career development tool, asserts Hélène Ben Aïm. Participation is free for all CCT members, whatever their professional background.

New technologies driving innovation

Modern communications tools have also

transformed how CCTs function. "We were looking to widen the circle of those who benefit from their work," points out Hélène Ben Aïm. New technologies now offer different channels for participants. On its revamped CCT website (<http://cct.cnes.fr>), CNES recently created three levels: visitors can view the information on the website in a public space; subscribers get e-mail updates about CCT events of interest; and fully-fledged community members can propose topics for discussion and access conference proceedings. Meanwhile, web-conferencing, Skype, interactive walls and chat sessions are today a familiar sight at seminars. "Before, CCTs didn't reach beyond the Midi-Pyrenees region," admits Hélène Ben Aïm.



« La société MAP, PME spécialisée dans la conception, la fabrication et l'application de revêtements destinés aux lanceurs et aux satellites, travaille avec le laboratoire matériaux-revêtements du CNES, pour tester de nouvelles peintures encore plus résistantes à l'environnement spatial. MAP, an SME that specializes in designing, manufacturing and applying coatings for launchers and satellites, is working with CNES's materials and coatings lab to test new paints better able to withstand the rigours of the space environment.

rénové dédié (<http://cct.cnes.fr>), le CNES vient de créer trois statuts qui correspondent à trois niveaux d'implication. Le visiteur peut consulter librement un espace public prévu à cet effet. L'abonné est informé par e-mail des événements organisés par les CCT qui l'intéressent. Enfin, l'adhérent est partie prenante de la communauté ; il peut proposer des sujets, il a accès aux présentations des conférences. La Web conférence, Skype, les murs interactifs et le tchat ont fait leur entrée dans les séminaires ! « *Le rayon d'intervention était géographiquement limité à Midi-Pyrénées, reconnaît Hélène Ben Aïm. Internet a permis aux Web conférences de se multiplier. Les animateurs ont été formés pour permettre à des intervenants et participants ciblés, qui ne peuvent pas se déplacer, d'assister malgré tout à ces événements.* » Mais, surtout, « *ces outils nouveaux nous ouvrent un champ plus large d'échanges ; les CCT peuvent envisager, sans utopie, d'avoir une audience européenne ou de faire intervenir des experts étrangers sans grever le budget (cf. ci-dessous)* ». Avec mesure toutefois : garder un équilibre et éviter la désertion dans les séminaires, c'est aussi maintenir la dimension humaine, l'échange direct qui vivifie les CCT. ■

¹ Issu de l'Institut pour le management de la recherche et de l'innovation (IMRI), cofondé par l'université Paris-Dauphine et le CEA.

"Now, there are regular web conferences and speakers, so participants who can't physically attend are nevertheless able to take part. And above all, these new tools give CCTs much more scope to extend their reach to a European audience or get foreign experts to take part without eroding their budget," (see box) while taking care to get the balance right and avoid deserted seminar rooms so as to maintain the direct human contact that is the lifeblood of CCTs. ■

¹ An initiative of the Research and Innovation Management institute (MRI), co-founded by Paris Dauphine University and CEA, the French atomic energy and alternative energies commission.

Convention de partenariat

« LE CNES EST LA LOCOMOTIVE ÉCONOMIQUE DE LA GUYANE »



►► Ici, sur le Maroni, l'entrepreneur Patrick Coniami a bénéficié des aides de la Mission Guyane pour sa société Lawa Libi Tafa de transport de denrées congelées (sans rompre la chaîne du froid). Here on the Maroni River, entrepreneur Patrick Coniami has received funding from the Guiana Mission for his frozen goods transport firm, Lawa libi tafa.

26,4 millions d'euros est le montant de l'aide accordée par le CNES à la Guyane dans le cadre de la convention de partenariat CNES, État, Région pour la période 2014-2020. En signant cette convention, le CNES a renouvelé son engagement aux côtés de ses partenaires pour le développement économique, mais également social et culturel, de la région qui accueille les activités spatiales de l'Europe.

C'est dans un salon de l'hôtel Royal Amazonia, construit avec des fonds européens de la précédente convention CNES, État, Région, que s'est déroulée la signature du renouvellement de l'engagement du CNES en Guyane. Bernard Chemoul, directeur du CSG, Rodolphe Alexandre, président de Région et Vincent Niquet, secrétaire général aux Affaires régionales, représentant la préfecture, ont apposé leur paraphe sur le document qui les lie jusqu'en 2020, en rappelant successivement les objectifs

de ce partenariat, ainsi que de nombreux exemples de réalisations concrètes soutenues par les précédentes conventions. « Les premières conventions ont été signées en 2000, rappelle Bernard Chemoul. Elles ont permis de générer plus de 250 millions d'euros de projets et de créer 3 900 emplois, soit l'équivalent de 2 bases spatiales ! » Soutien aux porteurs de projets pour la création d'entreprises, développement d'infrastructures, participation aux schémas de développement régionaux (numérique par exemple), accompagnement de filières économiques (pêche, bois, agriculture), etc., les

domaines d'intervention du CNES par le biais de ces fonds sont extrêmement variés. « Pour coordonner ces activités, la création de la Mission Guyane, en 2000, relève d'une rencontre culturelle et politique », précise le directeur du CNES-CSG. Pour rappel, les objectifs ayant présidé à la création de cette Mission Guyane du CNES étaient les suivants :

- proposer et accompagner des projets et actions contribuant au développement économique de la Guyane, à partir des axes stratégiques et politiques retenus par l'État et la Région Guyane, dans le cadre du Contrat de plan État-Région 2000-2006 ;
- favoriser les projets créateurs d'emplois et contribuer à la création de 1 000 emplois pérennes sur la période considérée.

Une réussite sur les plans financier, administratif et technique

Ces objectifs ont été reconduits, ainsi que la contribution financière du CNES, sur la période 2007-2013. Pour 2014-2020, les perspectives sont légèrement différentes,



▲▲ Camping La Mangrove, à Montsinéry, subventionné. La Mangrove campsite at Montsinéry has received funding.

PARTNERSHIP AGREEMENT

“CNES is the driver of French Guiana's economy”

CNES has allocated €26.4 million in funding to French Guiana under the CNES/Government/Region partnership agreement for 2014-2020, signed on 28 November. Through this agreement, the agency is renewing its commitment alongside its partners to sustain the economic, social and cultural development of the region that is home to Europe's space activities.

Fittingly enough, the signature sealing CNES's continued commitment to French Guiana took place in a lounge of the Royal Amazonia Hotel, built with European funds from the previous CNES/Government/Region agreement. Bernard Chemoul, Director of the Guiana Space Centre (CSG), Rodolphe Alexandre, President of the Guiana regional council, and Vincent Niquet, Secretary General for Regional Affairs, signed the document tying them together until 2020, underlining the aims of this partnership and the many concrete achievements enabled by previous such agreements. “The first agreements were signed in 2000,” recalls Bernard Chemoul. “They supported projects worth more than €250 million and created 3,900 jobs, the equivalent of two spaceports!” CNES's funding contributions cover diverse fields, from support for start-ups and development of infrastructures to participation in regional development plans and aid for sectors of the economy such as fishing, forestry and agriculture. “The Guiana Mission was set up in 2000 out of a cultural and political need to coordinate all of these activities,” explains the CSG's director. Its initial aims were to put forward and support projects and actions furthering French Guiana's economic development, as set out by the strategic policy guidelines of the Government-Region plan for 2000-2006, and to spur projects capable of creating and sustaining 1,000 long-term jobs.

Financial, administrative and technical success

These objectives and CNES's funding contribution were renewed for the 2007-2013 period. For 2014-2020, the outlook is slightly different, but the agency is still committed to driving development of French Guiana's economy. “We're looking to position French Guiana in promising, evolving sectors while fuelling private business innovation,” affirms Bernard Chemoul. “Emerging activities like tele-technologies or exploitation of bio-resources are projects where CNES can contribute both funding and expertise. The idea is to boost competitiveness, create added value and sustain jobs.”

This is a view shared by Rodolphe Alexandre, the President of the Guiana regional council, who is pleased to see CNES and French Guiana pursuing their close ties. “CNES is the driver of French



▲▲ Randy Ngwété, entrepreneur de la société Électroménager recyclage service, a été soutenu par la Mission Guyane. Entrepreneur Randy Ngwété's firm Electroménager Recyclage Service is another beneficiary of funding from the Guiana Mission.

Guiana's economy,” he says. “That's why its contribution is so important for projects and activities that come under the regional council's remit, whether we're talking about training and education, the economy or social development. Today, the regional council is responsible for managing European funding that we must distribute fairly to reflect the dynamic of a population that is growing by 3.5% per year. In this respect, these €26.4 million are a real boost for the regional council's finances, plus the €12 million allocated by CNES under its other agreements with towns and borough councils in French Guiana.” Drinking water supply points on the Maroni River, telephone coverage for Papaïchton and telemedicine systems for remote areas of French Guiana are just some examples of the many concrete achievements this partnership has made possible. Numerous entrepreneurs have also started up their business with funding from the regional council and the Guiana Mission, for example opening self-catering tourist accommodation, selling local products, making secure keys, furniture, roofing or granite structures, producing eggs, honey and yoghurt, selling clothes or providing services of various kinds. Initiatives are not lacking in a region where the industrial and commercial base is still relatively weak when compared with the population's growing needs. “Of the 1,500 jobs created here every year, 50% result from CNES funding. But we should be creating at least 3,200 a year, so we need to find new engines of development,” stresses Rodolphe Alexandre. “I'm thinking in particular of mining and energy, and we too could support the spaceport's development. This partnership with CNES is a financial, administrative and engineering success, and this new agreement will sustain it for the benefit of many more projects to come.” ■

même s'il s'agit toujours, pour le CNES, de contribuer au développement économique de la Guyane. « *Nous souhaitons désormais positionner la Guyane sur des secteurs prometteurs et évolutifs, tout en encourageant l'innovation dans l'entreprise privée, affirme Bernard Chemoul. Des activités émergentes telles que les télé-technologies ou la valorisation des bio-ressources sont des projets où le CNES peut apporter à la fois son soutien financier et son expertise. L'idée est d'initier une logique de compétitivité, de création de valeur ajoutée et d'emplois pérennes.* »

Un point de vue largement partagé par le président de Région, Rodolphe Alexandre, qui se félicite du « *renouvellement de cette confiance établie entre le CNES et la Guyane* ». « *Le CNES est la locomotive économique de la Guyane, a-t-il souligné. C'est pourquoi sa contribution est tellement importante pour les projets et activités relevant de la responsabilité régionale, qu'il s'agisse de formation, de développement économique ou de développement social. Aujourd'hui, la région s'est vu confier la gestion des fonds européens, qu'il faudra répartir équitablement en tenant compte du dynamisme démographique d'une population qui augmente de 3,5 % par an. À ce titre, ces 26,4 millions d'euros sont une bouffée d'oxygène pour les finances du conseil régional. D'autant plus qu'à ces 26,4 millions il faut ajouter les 12 millions d'euros attribués par le CNES dans le cadre de ses conventions avec les communes et communautés de communes de Guyane.* »

Installation de bornes d'eau potable sur le Maroni, mise en place d'une couverture téléphonique à Papaïchton, déploiement d'un dispositif de télé-médecine pour les sites isolés de Guyane, etc., les exemples de réalisations concrètes de ce partenariat sont nombreux. Sans oublier le grand nombre de porteurs de projets qui ont pu créer leur entreprise grâce à ces fonds accordés par la Région et par la Mission Guyane : gîtes touristiques, commercialisation de produits locaux, fabrication de clés sécurisées, de meubles, de charpentes ou d'équipements en granit, production d'œufs, de miel, de yaourts, commerces de vêtements, propositions de services, etc. Les initiatives ne man-

La convention a été signée par (de droite à gauche) Rodolphe Alexandre, président du conseil régional de la Guyane, Bernard Chemoul, directeur du Centre spatial guyanais, et Vincent Niquet, secrétaire général des affaires régionales à la préfecture de Guyane. The agreement was signed by (from right) Rodolphe Alexandre, President of the Guiana regional council, Bernard Chemoul, Director of the Guiana Space Centre (CSG), and Vincent Niquet, Secretary General for Regional Affairs at the Préfecture of French Guiana.



Les communes aussi

En octobre 2014, le CNES a signé 17 conventions bilatérales avec des collectivités territoriales de Guyane. Celles-ci sont destinées à soutenir des programmes de réhabilitation du patrimoine et des activités économiques, touristiques, sportives, culturelles et sociales.

Pour la période précédente (2007-2013), le CNES a engagé 11,8 M€, permettant ainsi de financer plus de 800 opérations à finalité économique (architecture de l'entrée de Sinnamary), sociale (travaux d'insertion des espaces verts à Kourou), sportive (plateau sportif d'Iracoubo), culturelle (Kayenn Jazz Festival, Cinamazonia, festival Les Tréteaux du Maroni) ou pour la réhabilitation du patrimoine (maisons créoles de Cayenne, Écomusée de Montsinéry).

Pour la période 2014-2020, le CNES est engagé pour un montant de 12,2 millions d'euros.

Funding for towns and boroughs

In October 2014, CNES signed 17 bilateral agreements with local authorities in French Guiana to support heritage restoration programmes and economic, tourist, sports, cultural and social activities.

For the preceding period (2007-2013), CNES allocated €11.8 million in funding for more than 800 economic (architectural work at the entrance to Sinnamary), social (green spaces in Kourou), sporting (facilities in Iracoubo) and cultural (Kayenn Jazz festival, Cinamazonia, Les Tréteaux du Maroni Festival) operations, as well as for heritage restoration (traditional creole houses in Cayenne, eco-museum in Montsinéry).

For 2014-2020, CNES has allocated €12.2 million.

quent pas dans une région où le tissu industriel et commercial est encore assez faible au regard des besoins croissants de la population.

« *Sur les 1 500 emplois créés chaque année, 50 % sont dus à cette participation du CNES. Mais il en faudrait au moins 3 200 par an. Nous devons donc également chercher d'autres locomotives, rappelle toutefois Rodolphe Alexandre. Je pense en particulier à l'activité minière, mais aussi au développement énergétique, y compris pour accompagner, nous aussi, le développement de la base spatiale. Ce partenariat avec le CNES est une réussite sur les plans financier, administratif et technique. Et cette nouvelle convention pérennise ce partenariat, qui est encore riche de nombreux projets futurs.* » ■

Note Les fonds européens

L'intervention financière du CNES, d'un montant de 26,4 millions d'euros, est comptabilisée dans la contrepartie nationale française à la dotation effectuée par l'Union européenne pour la Région Guyane, au sein des différents fonds structurels et instruments financiers européens :

- le Fonds européen de développement régional (FEDER);
- le Fonds européen agricole pour le développement rural (FEADER);
- le Fonds social européen (FSE);
- le Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche (FEAMP);
- la coopération transfrontalière (Brésil-Guyane-Suriname).

Note: European funds

The €26.4 million allocated by CNES counts as part of France's contribution to funding for French Guiana from the European Union through various structural funds and financial instruments:

- European Regional Development Fund (ERDF)
- European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD)
- European Social Fund (ESF)
- European Maritime and Fisheries Fund (EMFF)
- Cross-border cooperation (Brazil/Guyana/Suriname)

GUYANE UN BÂTIMENT HQE POUR LES ÉTUDIANTS

Parce qu'un cursus universitaire ne s'arrête pas à la porte des salles de cours, l'université de Guyane vient d'offrir un nouvel espace de vie à ses étudiants pour les services utiles, projets associatifs, culturels, sportifs et sociaux. Avec un pacte d'avenir en filigrane, la Guyane regarde demain avec volontarisme. Elle a donc conçu pour ses jeunes universitaires ce lieu privilégié sur le campus Troubiran. Le CNES a accompagné le projet de construction de ce bâtiment depuis les études préliminaires en 2010. Il a financé cette construction, classée haute qualité environnementale (HQE), à hauteur de 1,8 M€, soit 40 % du montant des travaux. Acteur et actif dans les stratégies d'éducation en Guyane, le CNES est un partenaire technique et financier des projets éducatifs guyanais. Il intervient aussi à travers une politique de proximité avec l'attribution de bourses, un partenariat avec l'IUT de Kourou, la lutte contre le décrochage scolaire, la participation au programme de formation multidisciplinaire transfrontalier et la mise en place de l'école de gestion et de commerce.

French Guiana

Eco-friendly facility for students

Because an academic course does not end at the lecture theatre doors, the University of French Guiana has provided a new building for student services, socializing and community, cultural and sporting pursuits. Spurred by the French government's 'pacte d'avenir' initiative, French Guiana is looking to the future with confidence and determination, reflected in projects like this new eco-friendly building for students at the Troubiran campus. CNES has supported the project from the preliminary surveys in 2010 and has provided €1.8 million or 40% of the funding needed for its construction. CNES plays an active role in education strategies in French Guiana and acts as a technical and financial partner for schools projects. Its local policy includes the award of grants, partnership with the Kourou technical institute (IUT), actions to help pupils in difficulty and involvement in the cross-border multidisciplinary training programme. It also helped set up the Guiana school of management and business studies (EGC).

PRIX JC² UNE RECONNAISSANCE ET UN ESPOIR

Susciter des vocations pour préparer l'avenir est une mission d'État à laquelle le CNES est attaché. Chaque année, il attribue une centaine d'allocations de recherche à des thésards ou postdoctorants. Du 12 au 15 octobre 2015, à la Cité de l'espace (Toulouse), les meilleurs travaux étaient récompensés lors des Journées jeunes chercheurs (JC²). Doctorant au Cesbio, Pierre Lassalle, l'un des huit primés, mène des recherches dans le domaine très actuel du *big data*. Il s'est consacré à l'exploration et à la création d'algorithmes de télédétection efficaces et stables pour traiter des volumes importants de données. Ses conclusions devraient aider à lever les verrous scientifiques pour de nombreuses applications : carte d'occupation des sols, détection d'objets, surveillance, etc. Ces nouveaux algorithmes seront disponibles dans le logiciel *open source* OTB (*Orfeo Toolbox*) développé par le CNES.

• <http://orfeo-toolbox.org/otb/>

JC² awards

Encouraging future vocations is a mission of national importance that CNES takes very seriously. Every year, it awards 100 research grants to PhD and post-doc students. From 12-15 October at the Cité de l'espace space theme park in Toulouse, awards for the best work were presented at the JC² young researchers forum. Pierre Lassalle, a PhD student at the CESBIO biosphere research centre, was one of the eight laureates. His research in the cutting-edge field of 'big data' is exploring and devising stable and efficient remote-sensing algorithms able to process large volumes of data. His findings are likely to remove the scientific obstacles for numerous applications including land-use mapping, feature detection and monitoring. The new algorithms will be available in the open-source OTB (*Orfeo Toolbox*) software developed by CNES.



Kourou, présidente de la CVA en 2015 / La ville de Kourou assure la présidence de la CVA (Communauté des villes Ariane) depuis le début d'année, en succédant à Salon-de-Provence. Cette communauté a été fondée en 1998 et a pour mission de renforcer la coopération entre les villes et les organismes industriels impliqués dans les programmes de transport Ariane. Quarante-deux villes en France et en Europe parmi lesquelles Toulouse, les Mureaux, Évry, Madrid et Liège en sont membres.

Kourou takes up CVA presidency in 2015 - The city of Kourou has taken over the rotating presidency of the Community of Ariane Cities (CVA) since the start of the year from Salon-de-Provence. The CVA was founded in 1998 to forge closer ties between the cities and contractors working on Ariane launcher programmes. There are 42 member cities in France and Europe, including Toulouse, Les Mureaux, Evry, Madrid and Liège.



LIVRE, TOULOUSE MIDI-PYRÉNÉES ET L'ESPACE Consulter l'ouvrage dans notre bibliothèque en ligne.

Book on Toulouse Midi-Pyrenees and space - View the book in our online bookstore.

SYSTÈMES ORBITAUX-DÉMONSTRATEURS Les systèmes orbitaux sur le site du CNES.

Orbital systems - Demonstrators. Orbital systems on the CNES website.

CONVENTION DE PARTENARIAT GUYANE Communiqué de presse en ligne sur la signature de la convention CNES/État/Région pour 2014-2020. French Guiana partnership agreement. Read our on-line press release about the signature of the CNES/government/regional council agreement for 2014-2020

PRIX JEUNES CHERCHEURS Obtenir une allocation de recherche au CNES.

CNES young researchers awards. Apply for a research grant from CNES



www.cnes.fr/webmag

Plus d'infos sur Jason 3.
All about Jason-3.

JASON 3

L'OCÉANOGRAPHIE OPÉRATIONNELLE À MATURITÉ

En un peu plus de vingt ans, le CNES est parvenu, grâce à sa filière de satellites altimétriques Jason, à donner corps au rêve longtemps inaccessible des océanographes de prévoir l'état de l'océan comme on prévoit la météo. Pour mieux se concentrer sur l'avenir de l'océanographie spatiale, dont il demeure l'un des leaders mondiaux, le CNES reste dans son rôle de créateur de solutions spatiales, tout en accompagnant les agences opérationnelles pour garantir la continuité de mesure au-delà de Jason 3 au même niveau de performance.

Jason 3 Operational oceanography comes of age

In a little more than 20 years, CNES has succeeded through its Jason family of altimetry satellites in realizing the dream that oceanographers had long thought out of reach: to forecast the state of the ocean like we forecast the weather. To focus its efforts on the future of space oceanography, a field where it remains a global leader, CNES will continue to conceive satellite solutions while supporting operational agencies to extend the time-series of data and sustain the same level of performance beyond Jason 3.



Dans la nuit du 15 décembre 2011, le cargo *TK-Bremen* s'est échoué à 2 kilomètres de l'embouchure de la ria d'Étel. Il avait quitté le port de Lorient dans l'après-midi pour aller se mettre à l'abri au nord de l'île de Groix, sur sa route vers l'Angleterre. Le plan Polmar a été déclenché après constatation d'une fuite d'hydrocarbures sur l'une des cuves, formant une nappe de 1 kilomètre sur 5 mètres en direction de la plage d'Erdeven, entre Lorient et la presqu'île de Quiberon.

On the night of 15 December 2011, the cargo ship *TK Bremen* ran aground 2 kilometres from the mouth of the Etel. It had set sail from Lorient harbour in the afternoon and sought refuge north of the Ile de Groix en route to England. The Polmar emergency response plan was activated after oil leaking from one of its tanks sent a slick 1 kilometre long and 5 metres across drifting towards the beach of Erdeven, between Lorient and the Quiberon peninsula.

EXCELLENCE FRANÇAISE LA SAGA DE L'ALTIMÉTRIE SPATIALE



▲▲ Jason 3

Il y a quelques décennies, prétendre que, grâce à des satellites, il serait un jour possible de connaître les fluctuations annuelles du niveau moyen des océans à moins d'un millimètre près vous aurait fait passer pour un doux rêveur. Un peu plus de vingt ans après l'envol du premier altimètre radar français, Poséidon, suivi par la dynastie des Jason, ce rêve est devenu réalité. Retour sur l'histoire d'une filière à succès avec Sophie Coutin-Faye, chef du service d'altimétrie et de localisation précise du CNES.

C'est une expérience de pensée que chacun peut faire, sur toutes les plages du monde : comment imaginer, devant cette surface particulièrement mouvementée et parfois déchaînée, qu'il est possible de connaître à 3,27 mm près par an la hauteur moyenne des océans ? Ce défi, deux agences spatiales, la NASA et le CNES, l'ont relevé il y a maintenant plus de vingt ans en lançant, en 1992, l'ambitieuse mission d'océanographie spatiale Topex-Poséidon depuis Kourou. Sur le papier, l'altimétrie par satellite est un jeu d'enfant : il suffit d'équiper le satellite d'un radar, lequel émet une onde qui se réfléchit sur l'océan. L'onde voyageant à la vitesse de la lumière, le temps mis par l'onde pour revenir à son point de départ donne la distance entre le satellite et la surface. En pratique, c'est beaucoup plus compliqué d'obtenir une mesure fiable, du fait que notre planète est loin d'être une sphère parfaite, ou encore que l'onde radar peut être ralentie par les masses d'air qu'elle rencontre pendant sa traversée aller-retour de l'atmosphère.

Pour autant, la NASA et le CNES étaient tellement confiants dans la pertinence de leur approche que, dès le lendemain du lancement de Topex-Poséidon, ils imaginaient déjà la suite, lors d'une réunion historique tenue sur les bien-nommées îles du Salut (Guyane). Sophie Coutin-Faye, aujourd'hui chef du service d'altimétrie et de localisation au CNES, s'en souvient comme si c'était hier : « *Les altimètres de Topex-Poséidon n'étaient pas encore en route, mais c'est apparu comme une évidence : cette mission n'avait de sens que si elle était suivie d'une relève qui permettrait d'assurer la continuité des mesures du niveau des océans.* » Alors que la coopération bilatérale franco-américaine bat son plein dans le domaine spatial et que les Américains ont été très impressionnés par la rigueur des opérations menées à Kourou, la programma-

tique du CNES réfléchit à développer de petites plateformes satellites bon marché, ce qui allait devenir la prolifique filière Proteus. Le développement de cette plateforme et de Jason 1, la relève de Topex-Poséidon, se poursuit donc en parallèle. Il permet de proposer une plateforme parfaitement adaptée aux besoins de la mission, notamment en termes de résistance aux radiations, relativement élevées sur son orbite de 1 300 km d'altitude, sans pour autant la tirer vers des exigences excessives. Jason 1 sera en quelque sorte le prototype de Proteus, dont le CNES commandera 5 exemplaires supplémentaires qui serviront pour les missions SMOS, Jason 2, Corot, Calypso et Jason 3 aujourd'hui.

Ne pas rompre la chaîne

Un des principaux bénéfices du partenariat avec la NASA sera l'adoption par le CNES de la pratique de la « *science team* », une équipe scientifique attachée au projet dès son développement. Comme l'explique Sophie Coutin-Faye, « *quand on cherche à mieux comprendre la physique de la mesure, s'entourer d'une équipe scientifique est crucial pour atteindre les objectifs et tenir les performances. Ce mode de fonctionnement, nous le devons à la NASA, et il s'est avéré essentiel pour le succès de la filière. C'est aussi pourquoi nous disposons aujourd'hui d'une communauté scientifique forte, bien structurée et à même de faire des recommandations pertinentes.* » (Cf. encadré p. 37) Une des premières de ces recommandations sera d'assurer la continuité des mesures entre les missions, seule à même de garantir le maintien de la performance de mesure.

Un écosystème de l'océanographie française

Au-delà de l'aspect purement instrumental de la mission, un véritable incubateur de l'altimétrie spatiale s'est mis en place

en région, sous l'impulsion du Centre spatial de Toulouse. « Nous avions au sein du CNES un groupe de recherche en géodésie spatiale (GRGS) formé avec nos partenaires scientifiques et institutionnels intéressés par la question qui a servi de noyau d'accrétion au Legos (Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales). », rappelle Sophie Coutin-Faye. Le CNES a ensuite créé la filiale CLS (Collecte, localisation, satellites) pour l'exploitation des données Argos (les fameuses balises de localisation par satellite qui assurent aussi bien le suivi des navigateurs, des bouées dérivantes que des animaux migrateurs), essentielles en océanographie, et a encore développé Doris, un système de positionnement pour connaître au centimètre près la position du satellite sur son orbite. « Météo France et le SHOM (Service hydrographique et océanographique de la marine) se sont également retrouvés en partie à Toulouse avec la volonté de faire de l'observation, de l'interprétation et de la prévision. D'où l'idée d'aller un cran plus loin et de faire de l'assimilation de ces données dans un modèle d'océan qui permettrait de prévoir l'océan

FRENCH EXCELLENCE

The satellite altimetry story

Had you claimed, a few decades ago, that one day satellites could measure the yearly variations in mean sea level accurate to within less than one millimetre, you would have been thought a dreamer. A little more than 20 years after the first French Poseidon radar instrument took to the skies, followed by the Jason satellite dynasty, that dream has come true. Sophie Coutin-Faye, in charge of CNES's altimetry and precise positioning department, tells us how it all began.

It's something we can all do, on any beach in the world: for one moment, as you contemplate the rolling and sometimes raging sea, ask yourself how it is possible to measure the mean sea level to within 3.27

millimetres a year. Yet that is the challenge NASA and CNES took up more than 20 years ago when they launched the ambitious TOPEX/Poseidon space oceanography mission in 1992 from Europe's spaceport in Kourou. On paper, satellite altimetry is child's play: you simply put a radar on a satellite and bounce the signal off the surface of the ocean. As the radar wave travels at the speed of light, the time it takes to receive the echo gives us the distance or range from the satellite to the surface. It is of course much harder in practice to obtain a reliable measurement, since our planet is not a perfect sphere and because the radar wave may be slowed by the air masses on its return trip through the atmosphere. Despite such pitfalls, the two agencies were confident enough to conceive a follow-on no sooner had TOPEX/Poseidon been launched. They crafted their plan at a historic meeting on French Guiana's aptly named Salvation Islands. Sophie Coutin-Faye, who today heads CNES's altimetry and precise positioning department, remembers as if it were yesterday: "TOPEX/Poseidon's altimeters hadn't even been switched on yet, but it was clear to all of us that the mission only made sense if there was a follow-up to assure continuity of sea-surface height data." With bilateral cooperation in space between the United States and France in full swing and the Americans mightily impressed by the rigour of operations at Kourou, CNES's planning teams began thinking in terms of small and cheap satellite buses. This would lead to the prolific Proteus family of satellite buses and the concurrent development of Jason 1, the follow-on to TOPEX/Poseidon. This bus was ideally suited to the mission, notably its ability to withstand the relatively high level of radiation in its 1,300-kilometre orbit, but without constraining requirements excessively. Jason 1 thus served as a kind of prototype of Proteus and CNES would eventually order five more buses for the subsequent SMOS, Jason 2, CoRoT and Calypso missions, and today Jason 3.

Continuity is the key

One of the main benefits of CNES's partnership with NASA has been to attach a science team to the project right from the development phase. *Sophie Coutin-Faye explains: "When you're looking to better understand the physics of the measuring technique, it's crucial to have a supporting science team to fulfil your objectives and obtain the required level of performance. We learned this way of doing things from NASA and it has proved vital to the series' success. That is also why we now have a strong and well-structured scientific community qualified to make useful recommendations,"* (see box p 37). One of its first recommendations was to insist on data continuity between missions as the only way to guarantee measurement performance.

A French oceanography ecosystem

Alongside the instrument aspects of the mission, a fully-fledged satellite altimetry incubator has established itself in the Midi-

**Jason 3 prêt au lancement.**

Le satellite a été développé par le CNES avec la société Thales Alenia Space dans le cadre d'une coopération à quatre partenaires : CNES, Eumetsat, NASA, NOAA.

Il est responsable du système et du satellite, qui embarque 7 instruments. Le lancement est sous responsabilité américaine et sera effectué dans le courant de l'année 2015 depuis la base de Vandenberg, en Californie.

Jason-3 ready for launch.

The Jason-3 satellite was developed by CNES with Thales Alenia Space under a partnership agreement with Eumetsat, NASA and NOAA. CNES is responsible for the system and satellite, which will carry seven instruments. The United States will be responsible for the launch this year from Vandenberg Air Force Base, California.

comme on prévoit la météo de demain. C'était l'embryon de Mercator Océan, qui connaît aujourd'hui le succès que l'on sait. » (Cf. article p. 40) L'altimétrie spatiale est ainsi devenue à Toulouse un système opérationnel, qui fournit aux utilisateurs des données validées et fiables sur l'état des océans, et cela sans interruption de service depuis plus de vingt ans. Ce n'est donc pas tout à fait un hasard si, aujourd'hui, ces données d'augmentation du niveau moyen des océans, actuellement de 3,27 mm par an, sont intégrées au rapport annuel du GIEC, le Groupe international d'experts sur le climat. Il y a de quoi être fier de cette belle reconnaissance.

Une compétence mondialement reconnue

À présent que les choix technologiques mis en œuvre par le CNES ont fait leurs preuves. L'Agence spatiale française accompagnera les agences opérationnelles pour garantir la continuité de mesure au-delà de Jason 3 au même niveau de performances, et notamment un des principaux utilisateurs des données, Eumetsat, l'organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques. À charge pour elle, en coopération avec l'Agence spatiale européenne, de développer Jason CS (pour « continuité

de service »), qui devrait rejoindre son orbite de travail en 2021 et travailler en tandem avec Jason 3. « Il est reconnu par les partenaires que notre compétence est nécessaire au succès des missions futures », précise Sophie Coutin-Faye. « Concernant Jason CS, le CNES est clairement identifié pour caractériser la performance et la valider. Ensuite l'ESA, dans le cadre de l'accord de délégation du programme européen d'observation de la Terre Copernicus (ex-GMES) de la Commission européenne, va démarrer le développement des Sentinel 3C et 3D. Nous serons là encore impliqués dans la performance altimétrique, au moins jusqu'en 2030. Maintenant, le prochain défi des équipes toulousaines réside dans la mission Swot, d'altimètre interférométrique en bande Ka, qui, au moyen notamment de ses deux antennes placées chacune à une extrémité d'un mât de 10 mètres, représentera un bond considérable dans l'innovation et la performance, avec une résolution beaucoup plus fine. Menée en coopération avec le partenaire historique, la NASA, cette mission du CNES financée en grande partie par le Plan d'Investissements d'avenir, engendrera de nouvelles applications dans le domaine de l'océanographie et de l'hydrologie. » ■



Plus d'infos sur le projet éducatif Argonautica. All about the Argonautica educational project.

LES DONNÉES JASON

Un projet éducatif d'accompagnement

Chaque année, ce sont en moyenne une cinquantaine de classes, du CP à la terminale, qui participent aux différents programmes pédagogiques rassemblés sous la bannière Argonautica et mis en place par le service Éducation de la direction de la Communication du CNES. « Nous avons commencé avec 15 classes lors de l'édition 2000-2001 du Vendée Globe », se souvient Danielle de Staerke, responsable des projets éducatifs liés à l'environnement du CNES. « J'avais réussi à convaincre 10 skippeurs de s'encombrer d'une bouée équipée d'une balise Argos qu'ils devaient mettre à la mer à la demande des élèves. L'objectif était de comparer la dérive effective de ces bouées par rapport aux données des satellites d'altimétrie. Une course autour du monde aussi prestigieuse que le Vendée Globe, c'était très motivant, tant pour les enseignants que les élèves ! » Depuis, le projet Argonautica comprend différents volets adaptés aux différents niveaux scolaires : ArgoNimaux pour le suivi des animaux, ArgoTechno pour la construction des bouées, ArgOcéan pour la compréhension des interactions de l'océan et du climat, au cœur de la problématique centrale de l'altimétrie spatiale. « Le principe du projet, poursuit Danielle de Staerke, c'est de mettre à disposition des ressources dont les enseignants peuvent se saisir pour monter leurs propres projets et d'organiser une réunion de restitution en fin d'année scolaire. La dernière déclinaison du programme a été ArgOcéan-POP (Pollution des océans par le plastique), le suivi des déchets plastiques qui se rassemblent dans certaines zones sous l'effet des courants. Les représentants de deux classes ont pu présenter leurs travaux aux chercheurs lors de la dernière réunion de l'équipe scientifique Jason à Constance, en Allemagne ! » À l'occasion du lancement de Jason 3, Danielle de Staerke envisage d'envoyer deux enseignants responsables de projet au colloque organisé pour eux par la NASA au JPL. ■



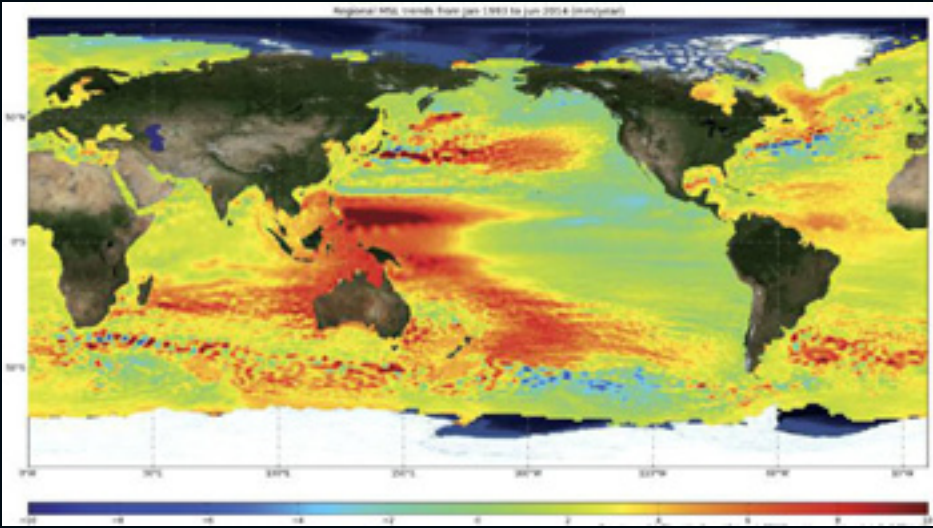
Les élèves du lycée Monteil de Rodez et leur enseignant en train de mettre la bouée Téthys à l'eau, avec l'aide des marins-pompiers de Marseille. Pupils from the Lycée Monteil high school in Rodez and their teacher release the Téthys buoy into the water, assisted by a Marseille maritime fire crew.



JASON DATA

An accompanying educational project

Every year, 50 or so classes on average—from elementary school through to the end of high school—take part in a range of educational programmes under the Argonautica banner conceived by the Education department at CNES's Communications directorate. "We began with 15 classes for the 2000-2001 Vendée Globe round-the-world yacht race," remembers Danielle de Staerke, in charge of environmental education projects. "I managed to persuade 10 of the race skippers to take along a buoy fitted with an Argos transmitter and release it at sea for the pupils. The aim was to compare the actual drift of the buoys with satellite altimetry data. A race as prestigious as the Vendée Globe was really motivating for the teachers and pupils alike!" Since then, Argonautica has taken on board other projects adapted to different ages: ArgoNimaux for wildlife tracking, ArgoTechno for buoy construction and ArgOcean for understanding how the oceans and climate interact, which is what satellite altimetry is all about. "We give teachers material they can use for their own projects and then organize a gathering to review how things went at the end of the school year," explains de Staerke. "The latest project was ArgOcean-POP (for Pollution of the Oceans by Plastic) to track the plastic waste that accumulates in certain zones of the oceans due to the currents. Representatives from two classes even presented their work to researchers at the last meeting of the Jason science team at Lake Constance in Germany!" And for the launch of Jason 3, Danielle de Staerke intends to send two project teachers to the symposium organized for them by NASA at the Jet Propulsion Laboratory (JPL). ■



▲ Niveau moyen des océans en mm/an. Si la tendance globale est à l'élévation, il existe des différences régionales marquées, qui varient entre -10 et 10 mm/an. Cette carte a été calculée en utilisant les anomalies de hauteur de mer Ssalto/Duacs, permettant une bonne résolution de l'estimation des pentes locales. Mean sea level variation in mm/year. While the trend is upward, there are marked regional disparities ranging from -10 mm to +10 mm/year. This map was derived from SSALTO/DUACS sea level anomalies, which offer good resolution for estimated local slopes.

SCIENCE TEAM

Un élément essentiel de la performance

Dès les prémices de sa filière d'altimétrie spatiale, le CNES a doté le projet d'une équipe scientifique dont la contribution s'est avérée cruciale pour le succès et le développement de la filière. « *Au départ, c'était une équipe relativement réduite* », se souvient Pascal Bonnefond, responsable scientifique des missions Jason et co-président, avec ses homologues de la NASA, de la NOAA et d'Eumetsat, de l'équipe scientifique (*Ocean Surface Topography Science Team*). « *Elle est aujourd'hui près de dix fois plus nombreuse, ce qui représente au total une communauté d'environ 500 chercheurs principalement répartis entre l'Europe et les États-Unis. Cet accroissement est lié au fait que l'altimétrie satellitaire touche de plus en plus de domaines, et que nous nous sommes efforcés de préserver cette démarche d'interaction entre équipe projet et équipes scientifiques* », décrypte le responsable scientifique. Les équipes sont d'abord sélectionnées sur la base d'un appel à projets sur quatre ans. Tous les ans, en général à l'automne, un congrès leur permet de présenter leurs résultats au reste de la communauté scientifique. Ils sont discutés, puis des recommandations sont adressées à l'équipe projet afin de faire avancer les choses concrètement.

Autre pierre angulaire de cette équipe scientifique, le site Internet Aviso maintenu par le CNES, dédié à cette communauté de chercheurs mais aussi ouvert à l'ensemble des utilisateurs, du patron pêcheur au responsable de l'exploitation des plateformes pétrolières offshore en passant par les différentes sociétés proposant de la modélisation de l'état de l'océan. Pascal Bonnefond reste persuadé qu'à l'avenir les gains en performance des missions d'altimétrie devront encore beaucoup aux travaux de cette équipe scientifique. « *Sur chaque mission, nous travaillons à réduire autant que possible les différents postes d'erreur de la mesure, par exemple la traversée de la troposphère humide : lorsque l'onde traverse l'atmosphère, elle passe par différentes couches, et la partie troposphérique, la plus proche du sol, a un contenu en vapeur d'eau qui ralentit l'onde. On a donc besoin d'avoir une mesure très précise et stable sur le long terme. Mais cela dépend de beaucoup de paramètres et suppose donc une équipe scientifique intégrant toujours plus de spécialités.* »

SCIENCE TEAM

The key to getting it right

Right from the word 'go', CNES attached a science team to its satellite altimetry project, a decision that turned out to be crucial to its success. "It was a pretty small team to start with," recalls Pascal Bonnefond, Jason missions science manager and co-chair, with his counterparts at NASA, NOAA and Eumetsat, of the Ocean Surface Topography Science Team. "Today, it's about 10 times bigger, with a community of 500 or so researchers mainly in Europe and the United States. That's down to the fact that satellite altimetry is reaching into an increasing number of domains, and because we've taken care to make sure the project and science teams work closely together," he explains. Teams are selected after a call for projects covering a period of four years. Every year, usually in the autumn, a conference provides a forum for them to present their results to the science community. Recommendations are then transmitted to the project team and acted on.

Another cornerstone of the science team is the AVISO website maintained by CNES and dedicated to this community of researchers. But it is also accessible to all users, from fishermen to offshore oil rig operations managers and the broad spectrum of firms working on ocean modelling. Pascal Bonnefond remains convinced that future performance gains for altimetry missions will owe much to the efforts of this science team. "On each mission, we work to eliminate as many sources of measurement error as we can, like for example in the wet troposphere: when the signal reaches the troposphere, which is the layer of the atmosphere closest to the ground, the rise in water vapour content slows it down. We therefore need to obtain a very precise measurement that is stable over the long term, but that depends on a lot of parameters and it also means the science team has to cover ever more specialist fields," he says.

Pyrenees region, nurtured by the Toulouse Space Centre. "The GRGS space geodesy research group at CNES spawned the LEGOS space geophysics and oceanography research laboratory, which we formed with our scientific and institutional partners working in this field," recalls Sophie Coutin-Faye. CNES subsequently created its CLS subsidiary (Collecte Localisation Satellites) to exploit Argos oceanography data from the satellite-located transmitters essential to track yachts, drifting buoys and wildlife, and developed the DORIS system, capable of calculating a satellite's orbital position accurate to one centimetre. "Meteo France, the national weather service, and SHOM, the French naval hydrographic and oceanographic office, also moved part of their operations to Toulouse, focusing on observation, analysis and forecasting. Hence the idea to take things a step further and assimilate these data in an ocean model to enable ocean forecasting in the same way that we forecast tomorrow's weather. That was the embryo of Mercator Ocean, which has proved such a huge success," (see article p 40). As a result, satellite altimetry in Toulouse is now an operational system that has been delivering reliable, validated data on ocean conditions continuously for over 20 years. It is not for nothing that these data showing the rise in mean sea level, which currently stands at 3.27 millimetres per year, are now included in the yearly report from the International Panel on Climate Change (IPCC), something of which research teams can rightly be proud.

World-renowned expertise

The technologies employed by CNES have proven their utility and after Jason 3 the agency will be supporting operational agencies to extend the time-series of data beyond Jason 3 and guarantee the same level of performance, notably Eumetsat, one of the main data users that will be working with the European Space Agency (ESA) to develop Jason CS (for Continuity of Service), scheduled to reach its operating orbit in 2021 and work in tandem with Jason 3. "The partners will be relying on our expertise to ensure the success of future missions," says Sophie Coutin-Faye. "For Jason CS, CNES will be characterizing and validating the satellite's performance. ESA, meanwhile, under the delegation agreement for the European Copernicus Earth-observation programme (formerly GMES), is set to give the go-ahead to develop Sentinel 3C and 3D. Again, we will be involved in assuring their altimetric measurement performance at least up to 2030." The next challenge for the Toulouse teams is the SWOT K_a-band synthetic-aperture radar interferometry mission that will fly two antennas, both on the end of a 10-metre boom, to achieve a major leap forward in innovation and performance with much finer resolution. This joint mission that CNES is undertaking with its historic partner NASA, funded largely through France's PIA future investment plan, will give rise to new applications in the fields of oceanography and hydrology. ■

¹ European organisation for the exploitation of METeorological SATellites

MACHINERIE OCÉANIQUE

COMPRENDRE LES ROUAGES

Depuis Topex-Poséidon en 1992, la filière de l'altimétrie spatiale a levé un coin du voile sur l'incroyable richesse des structures océaniques. Beaucoup reste cependant à découvrir, comme nous le confirme Rosemary Morrow, océanographe au sein du Legos et de l'Observatoire Midi-Pyrénées.

Depuis plus de vingt ans qu'elle étudie les océans, Rosemary Morrow sait mieux que personne qu'il faut se méfier de l'eau qui dort. D'ailleurs, aux échelles océaniques globales auxquelles elle s'intéresse, l'eau ne dort tout simplement jamais. « Même si une zone présente la même température de surface sur une large superficie, les satellites d'altimétrie nous ont appris à déchiffrer la signature de phénomènes sous-marins de grande ampleur qui se traduisent par de légères variations de hauteur en surface, reflets de la température de la colonne d'eau qui se trouve en dessous. » Plus précisément, la chercheuse étudie ce qu'elle appelle les « instabilités » de l'océan, étant entendu que ce qui est interprété à l'instant « T » comme une instabilité n'est souvent qu'un lent processus d'ajustement des masses océaniques. « Ces instabilités sont de grands tourbillons océaniques qui jouent un rôle essentiel dans le transfert de chaleur, de carbone, mais aussi de sel et de nutriments à l'échelle des masses océaniques. » Un domaine d'étude que l'altimétrie spatiale a véritablement révolutionné. « Avant les satellites, les campagnes d'étude étaient menées à partir de bateaux spécialisés qui s'arrêtaient tous les 100 km pour faire des profils de température. Cela durait des mois, vous partiez au printemps pour revenir en automne. Il était très difficile d'avoir une vue cohérente, et encore plus globale, de la situation. »

Interaction océan-climat

Depuis Topex-Poséidon et la série des Jason qui a pris la relève, les satellites d'altimétrie ont résolu tous les problèmes : « Ils nous offrent à la fois la couverture globale, une haute fréquence de revisite et un suivi temporel ininterrompu depuis 1992. » Un suivi continu dans le temps est crucial car ces tourbillons, qui peuvent avoir un diamètre de quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres, présentent la particularité de se propager dans certains bassins pendant plusieurs années ! « C'est particulièrement vrai dans le Pacifique, confirme la chercheuse, où ils peuvent lentement dériver, à moins de 1 km/h, pendant cinq ou six ans. » Et c'est aussi essentiel pour comprendre les ajustements des océans aux perturbations climatiques périodiques comme les épisodes El Niño, aux conséquences planétaires. « Sous la sur-

face, à quelques kilomètres de profondeur, ces tourbillons entrent en connexion les uns avec les autres, génèrent des mélanges, poursuit-elle. C'est la partie cachée des océans que l'on ne discerne jamais à la surface, sauf grâce à l'altimétrie satellite. Et c'est là que tout se passe. »

Une structure extrêmement complexe

À côté de ces grands tourbillons telles d'immenses créatures marines dont Rosemary Morrow suit les évolutions, on sait aujourd'hui que de plus fines structures coexistent. « Il s'agit de structures filamenteuses qui sont essentielles pour l'évolution verticale des structures de l'océan. Nous voyons ces tourbillons comme de véritables engrenages entre lesquels l'eau est happée, plonge à l'entrée de l'engrenage et remonte à la sortie, jouant un rôle essentiel dans la circulation verticale de la chaleur, du carbone, des nutriments. Comprendre dans le détail la façon dont ces échanges s'effectuent correspond à une véritable quête du Graal pour les océanographes ! », s'enthousiasme la chercheuse. Et, contrairement aux chevaliers de la Table ronde, les preux chercheurs en océanographie ont de bonnes chances de le trouver, avec l'aide de Swot, projet de satellite d'altimétrie interférométrique conjoint entre le CNES et la NASA, qui devrait gagner l'espace en 2020. « Avec Jason 3, nous allons continuer cette longue série de mesures précises permettant la surveillance de tourbillons présentant un diamètre de l'ordre de 200 km. Mais nous ne sommes pas loin d'atteindre les limites de performance en matière d'altimétrie traditionnelle, car les filaments que nous souhaitons observer s'étendent sur des superficies de l'ordre de 10 kilomètres carrés. Swot répondra exactement à ces besoins. » ■



C'EST DANS LA PARTIE CACHÉE DES OCÉANS, DISCERNÉE PAR L'ALTIMÉTRIE SPATIALE, QUE TOUT SE PASSE.



"It's in the hidden part of the oceans seen in satellite altimetry data that everything happens."



OCEAN MECHANISMS

Understanding how oceans work

Since TOPEX/Poseidon in 1992, altimetry satellites have revealed much of the amazing complexity of ocean structures. But much remains to be discovered, as Rosemary Morrow, an oceanographer at the LEGOS space geophysics and oceanography research laboratory and the Midi-Pyrenees observatory, explains.

As someone who has studied the oceans for over 20 years, Rosemary Morrow knows more than most that still waters run deep. But at the global ocean scales on which her work focuses, waters are never 'still'. "Even where a zone exhibits the same surface temperature over a wide area, altimetry satellites have taught us to decipher the tell-tale signature of large sub-surface phenomena that translate into slight variations in sea-surface height, which reflect the temperature of the water column below," she explains. To be precise, the researcher studies what she calls ocean 'instabilities'. But what we interpret as instability at a given moment in time is often the result of a slow process of adjustment of

the ocean's water masses. "These instabilities are large ocean eddies that play a key role in the transfer of heat, carbon, salt and nutrients," says Morrow. A field of study that satellite altimetry has completely revolutionized. "Before the advent of satellites, survey campaigns would collect data from specialized ships stopping every 100 kilometres to acquire temperature profiles. It could take months and ships would leave port in spring and not return until autumn, so it was very hard to gain a consistent, global picture."

Ocean-climate interaction

Since TOPEX/Poseidon and the follow-on Jason series, altimetry satellites have solved all these problems. "They provide global coverage combined with frequent revisits and an unbroken time-series of data since 1992," notes Morrow. Such continuity is crucial, as eddies—which can span anything from a few tens to hundreds of kilometres—propagate in certain ocean basins for several years. "This is particularly the case in the Pacific, where they may drift slowly, at less than one kilometre per hour, for five or six years," confirms the researcher. Continuity is also vital in understanding ocean adjustments to periodic climate perturbations like El Niño episodes, whose effects ripple around the globe. "Below the surface, at depths of a few

kilometres, these eddies connect with each other and mix in the hidden part of the oceans that we never see on the surface, except in satellite altimetry data, but that's where everything happens."

Extremely complex structure

Alongside these massive eddies that Rosemary Morrow tracks like huge marine creatures, we now know that smaller structures exist. "There are also filament structures that play a key role in vertical variations of the ocean structure," she confides. "Eddies are like a trap into which the water falls and then rises, thus driving the vertical circulation of heat, carbon and nutrients. Understanding these processes in detail is the Holy Grail for oceanographers!" the researcher exclaims. But, unlike the Knights of the Round Table, today's gallant oceanography researchers have a good chance of finding it with the aid of SWOT, the future joint CNES-NASA radar interferometry satellite scheduled to take to the skies in 2020. "With Jason 3, we are set to extend this long time-series of precise measurements that enable us to track eddies spanning around 200 kilometres. But we're approaching the limits of conventional altimetry technology, as the filaments we're looking to observe cover areas of about 10 square kilometres. And SWOT will meet this need," she concludes. ■



▲▲
Fonte de
la banquise près
du village de
Savissivik, dans
le nord-est du
Groenland.
Pack ice melting
near the village of
Savissivik, north-
eastern Greenland.

MYOCEAN

MERCATOR OCÉAN DANS LE GRAND BAIN EUROPÉEN

Le Centre français d'analyses et de prévisions océaniques vient d'être officiellement désigné par la Commission européenne afin de coordonner le service Marine du programme européen d'observation de la Terre Copernicus. Le fruit d'une politique visionnaire dont le CNES a été l'un des éclaireurs.



Site de Mercator
Océan.
See the Mercator
Ocean website.

En 1995, une trentaine de visionnaires, ingénieurs et chercheurs travaillant dans différents instituts de recherche français traitant d'océanographie, sont allés voir les directions de leur organismes respectifs en leur tenant à peu près ce langage : « Avec le succès de la mission Topex-Poséidon, il devient envisageable de mettre sur pied une véritable océanographie opérationnelle, capable de développer une activité de prévision de l'océan (température, courants, salinité, couverture de glace, etc.),

comme on prévoit la météo du lendemain. » Cette proposition ne tombait pas du ciel. Elle était le fruit d'une arrivée à maturité non seulement des données satellites, mais aussi des premiers modèles de description de l'océan et de la relative démocratisation de moyens de calcul de plus en plus puissants. À l'époque, Pierre Bahurel était un jeune chercheur du SHOM, le service Hydrographique et océanographique de la marine. Avec ses collègues du CNRS, de l'Ifremer, de l'IRD, de Météo France et bien sûr du



L'ENJEU EST D'OFFRIR UN SERVICE EUROPÉEN UNIQUE DE DIFFUSION D'UNE INFORMATION UTILE ET QUALIFIÉE SUR L'OcéAN.



"The challenge is to provide a single European service distributing pertinent and qualified ocean data."

CNES, il a contribué à porter cette réflexion. Il faut croire que les arguments étaient convaincants puisque, dès 2001, ce qui deviendra par la suite le groupement d'intérêt public Mercator Océan publiait son premier bulletin océanographique. « *Et, depuis, nous n'avons jamais arrêté!* », se réjouit Pierre Bahurel, aujourd'hui directeur de la société civile qu'est devenu Mercator Océan en 2010.

L'Europe en ligne de mire

Mais le destin de cette brillante idée ne devait pas s'arrêter là. En 2006, Mercator Océan répond à un appel d'offres de la Commission européenne afin de prendre la responsabilité du projet européen d'océanographie opérationnelle, MyOcean, consortium de 60 partenaires dans 28 pays. Retenu au terme de la mise en compétition, Mercator Océan fait la preuve de ses compétences uniques en Europe, si bien que la société vient de se voir décerner par la Commission le statut de délégataire pour la gestion du budget de 144 millions d'euros du core service (service de base) Marine du programme Copernicus. « *Pour faire simple, nous allons faire en Europe ce que nous faisons en France depuis 1995*, résume Pierre Bahurel. *L'enjeu est d'offrir un service européen unique de diffusion d'une information utile et qualifiée sur l'océan. Nous serons la cheville ouvrière qui transforme la donnée d'un capteur en quelque chose d'utilisable par des chercheurs comme par des opérationnels, des PME comme des services publics, pour faire aussi bien, et entre autres, de la climatologie, de la gestion des ressources marines, de la navigation ou de la lutte contre la pollution.* » Si Pierre Bahurel a une idée aussi précise du rôle qui vient d'être confié à la structure qu'il dirige, c'est qu'elle l'assumait déjà au niveau national depuis 1995. « *C'est une reconnaissance énorme pour l'océanographie française, qui vient valider des options prises depuis bientôt vingt ans. C'est une démarche dont l'objectif principal est de stimuler en aval le développement économique en donnant accès de façon organisée à tout ce qu'on a pu faire en amont avec les systèmes d'observation.* »

Expertise et organisation

Bien sûr, passer d'une donnée satellite ou in situ à quelque chose de directement utilisable par un marin-pêcheur suppose une expertise d'un niveau difficilement concevable. « *Les satellites d'altimétrie fournissent une carte de surface des océans. À Mercator Océan, tout notre travail consiste à pro-*

MYOCEAN

Mercator Ocean on the European stage

The French ocean analysis and forecasting centre has been officially designated by the European Commission to coordinate the Marine Service for Europe's Copernicus Earth-observation programme—the result of a visionary policy for which CNES was one of the trailblazers.

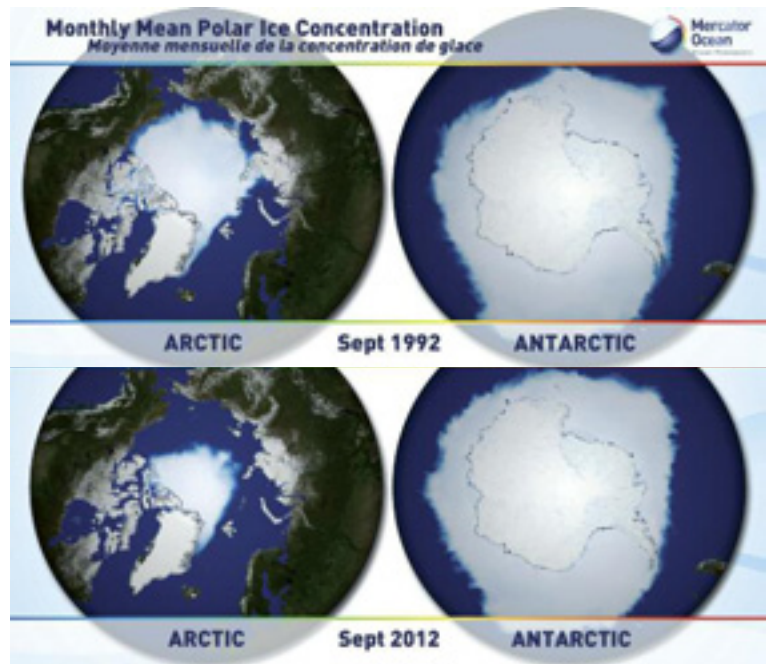
Back in 1995, 30 visionary engineers and researchers from different French oceanographic research institutes approached their respective bosses with the idea that, given the success of the TOPEX/Poseidon mission, it had become possible to conceive a truly operational oceanography service capable of forecasting ocean conditions (temperature, currents, salinity, ice coverage, etc.) in much the same way as we forecast the weather. This idea did not emerge out of nowhere—it was the result of the maturity of satellite data and the first ocean models, and of the wider availability of increasingly powerful computing resources.

At the time, Pierre Bahurel was a young researcher at SHOM, the French naval

hydrographic and oceanographic office. With his counterparts at CNRS, the French national scientific research centre; IFREMER, the French institute of marine research and exploration; the IRD development research institute; the national weather service Météo-France; and of course CNES, he helped to advocate the concept. The arguments must have been convincing, since what would later become the Mercator Ocean public interest grouping issued its first ocean bulletin in 2001. "And we haven't looked back since!" says Pierre Bahurel with a smile. Today, he is the managing director of Mercator Ocean, which became a private company in 2010.

Europe in its sights

But such a brilliant idea was destined for greater things. In 2006, Mercator Ocean bid on a request for proposals from the European Commission to lead an operational oceanography project called MyOcean, comprising a consortium of 60 partners in 28 countries. Its bid was selected and it has since proved its unique competencies in Europe, recently being delegated by the Commission to manage the €144 million budget for the Marine core service of the Copernicus programme. "Put simply, we're going to do for Europe what we've been doing in France since 1995," says Pierre Bahurel. "The challenge is to provide a single



▲▲ La comparaison des moyennes mensuelles d'épaisseur de glace de mer entre septembre 1992 et septembre 2012 (en Arctique et Antarctique) est particulièrement éloquent dans l'océan Arctique. Ces moyennes sont issues du modèle océanique global au 1/4 de degré de Mercator Océan. A comparison of monthly mean ice thickness between September 1992 and September 2012 in the Arctic and Antarctic is particularly compelling in the Arctic Ocean. These means are derived from the Mercator Ocean 1/4-degree global ocean model.

Argo L'AUTRE PILIER

Si l'océanographie opérationnelle est aujourd'hui aussi solide sur ses bases, c'est parce qu'elle repose sur trois piliers fondamentaux : l'observation par satellite bien sûr, mais aussi l'observation in situ par l'intermédiaire de bouées et flotteurs, sans oublier l'assimilation de ces données dans les modèles océaniques. Pour Pierre-Yves Le Traon, chercheur de l'Ifremer et coordinateur de l'infrastructure Euro-Argo, la contribution européenne au réseau Argo de 3500 flotteurs mesurant la température et la salinité des océans depuis la surface jusqu'à 2000 mètres de profondeur, « *il est essentiel d'assimiler les données des flotteurs en même temps que celles des satellites d'altimétrie. C'est le mélange de ces deux sources qui permet de décrire avec précision l'état de l'océan, et de contraindre les modèles pour faire de la description et de la prévision* ». Les flotteurs dérivants du réseau Euro-Argo sont, selon lui, « *un rêve d'océanographe devenu réalité grâce à un effort international remarquable* ». Une trentaine de pays contribuent en effet au réseau disséminé à travers les océans. Mesurant 1,5 m pour un poids de 20 kg, les flotteurs effectuent leurs relevés de température et de salinité selon un cycle maintenant bien rodé. Plongeant à 1000 m de profondeur, ils dérivent pendant une dizaine de jours au gré des courants, puis plongent jusqu'à 2000 m avant de remonter en surface pour transmettre leurs relevés aux satellites Argos et Iridium. Les données sont ensuite transmises au centre de données Coriolis de l'Ifremer à Brest, où elles sont traitées, qualifiées en temps quasi réel puis distribuées aux utilisateurs, au premier rang desquels Mercator Océan. « *Il ne faut pas plus de vingt-quatre heures pour que les données d'un profil Argo soient disponibles pour Mercator Océan* », souligne Pierre-Yves Le Traon. Une performance à laquelle le CNES, par sa filiale CLS, contribue également dans la mesure où le système Argos était au départ le seul système disponible pour le recueil et la transmission des données des flotteurs.

www.
cnes.fr/
webmag

Podcast avec
Nathanaële
Lebreton, resp. du
déploiement Argo
au ministère de
la Défense.

Listen to our podcast
with Nathanaële
Lebreton, in charge
of Argo deployment
at the Ministry of
Defence.

Argo

The third pillar

The reason operational oceanography is today so solidly grounded is that it rests on three fundamental pillars: satellite observation, in-situ observation by buoys and floats, and assimilation of collected data in ocean models. For Pierre-Yves Le Traon, a researcher at IFREMER and coordinator of the Euro-Argo infrastructure, Europe's contribution to the Argo network of 3,500 floats measuring ocean temperature and salinity from the surface down to 2,000 metres, "it's vital to assimilate the data from floats at the same time as altimetry satellite data, as it's the combination of these two sources that allows us to describe the ocean state precisely and constrain descriptive and predictive models." In his view, the drifting floats in the Euro-Argo network are "an oceanographer's dream come true that is the result of a remarkable international effort." Thirty countries are contributing to this network disseminated around the oceans of the globe. Measuring 1.5 metres high and weighing 20 kilograms, the floats acquire their temperature and salinity readings according to a well-established cycle. Descending to an initial depth of 1,000 metres, they drift with the currents for 10 days and then dive down to 2,000 metres before rising to the surface to uplink their data to the Argos and Iridium satellites. The data are then sent to the Coriolis data centre at IFREMER in Brest, where they are processed and qualified in near-real time and then distributed to users, chief among them Mercator Ocean. "The data from an Argo profile take no more than 24 hours to get to Mercator Ocean," underlines Le Traon. CNES also helps to assure this level of performance through its subsidiary CLS, since the Argos system was originally the only system available to collect and transmit float data.

IL NE FAUT PAS PLUS DE VINGT-QUATRE HEURES POUR QUE LES DONNÉES D'UN PROFIL ARGO SOIENT DISPONIBLES POUR MERCATOR OCÉAN.

"The data from an Argo profile take no more than 24 hours to get to Mercator Ocean."

▲▲ Ce flotteur Argo a été déployé par le *Pourquoi pas ?*, navire océanographique de l'Ifremer. This Argo float was deployed by the *Pourquoi Pas*, an oceanography ship operated by IFREMER.



▲▲ Avec ses 90 000 personnes logées sur 1,9 km², l'île de Malé, capitale des Maldives, est une des villes les plus denses du monde. With 90,000 people living in an area of 1.9 sq.km., Malé, the capital of the Maldives, is one of the world's most densely populated cities.

duire à partir de ces données et d'autres, in situ, un champ tri-dimensionnel, jusqu'à 5 000 m de fond, auquel s'ajoute même une quatrième dimension, le temps, puisque nous faisons de la prévision. La donnée satellite pure n'est qu'une infime partie de l'information utile, et, avec nos moyens de modélisation, nous sommes le chaînon manquant entre le satellite et l'utilisateur final. » On le voit, l'océanographie opérationnelle suppose une coopération étroite entre différentes communautés scientifiques et techniques, celles du spatial, de l'océanographie de terrain, mais aussi des modélisateurs, qui constituent une discipline à part entière. Comme le souligne Pierre Bahurel, « une des très grandes forces du CNES a été que, dès le démarrage de la filière, il a toujours veillé à ce que toutes ces communautés soient toujours parties prenantes du dispositif. Ils ne sont pas restés entre ingénieurs autour d'un satellite. C'est pour cela qu'on a une communauté océanographique française si bien organisée, et c'est un enjeu considérable pour la suite de maintenir cette organisation. »

Une organisation grâce à laquelle ce qui était, il y a quinze ans, une idée française est devenu une réalité européenne où la France tient la première place. ■

European service distributing pertinent and qualified ocean data. We'll be the linchpin of this service, transforming sensor data into something that researchers, operational teams, SMEs and public services can use for climatology, marine resource management, navigation or pollution control." Pierre Bahurel has such a precise idea of the role entrusted to the organization he leads because it has been performing just that role in France for nearly 20 years. "This is a huge reward for French oceanography that confirms the merit of an approach aimed chiefly at spurring downstream economic development by providing well-structured access to everything that observation systems have acquired upstream."

Expertise and organization

Obviously, turning satellite or in-situ data into something directly usable by a fisherman calls for an unusually high level of expertise. "Altimetry satellites map the ocean surface. At Mercator Ocean, our job is to produce from these maps and other data a three-dimensional field down

to a depth of 5,000 metres, to which we add a fourth time dimension, since we're in the business of forecasting. Raw satellite data is only a small part of the useful information we can tease out with our modelling resources and in that sense we are the missing link between the satellite and the end-user."

Operational oceanography plainly requires close cooperation between science and engineering communities in space, in field oceanography and in modelling, now a discipline in its own right. As Pierre Bahurel underlines, "one of CNES's great strengths is that, from the outset, it has always strived to include all of these communities in the broader system. It wasn't reserved for satellite engineers only. That's why today we have such a well-organized French oceanography community, and sustaining that organization is a big challenge for the future." An organization that has turned an idea that originated in France 15 years ago into reality for Europe, with France leading the way. ■



OCÉANOGRAPHIE OPÉRATIONNELLE UN MONDE D'APPLICATIONS

Pêche, activités pétrolières, course au large ou encore optimisation des routes maritimes, les applications commerciales de l'océanographie opérationnelle sont très variées.

Filiale du CNES et de l'Ifremer, la société CLS (pour Collecte, localisation, satellites) a été initialement créée pour exploiter le système Argos de localisation et de collecte de données par satellite. Elle s'est depuis diversifiée avec succès sur la diffusion des données océanographiques. Créée en 1992 en support du CNES pour le développement et l'exploitation des altimètres spatiaux, la direction Océanographie spatiale de CLS représente aujourd'hui 30 % du chiffre d'affaires de la société. Comme l'explique Stéphanie Limouzin, à la tête de cette direction depuis 2012, « notre activité consiste d'abord à traiter quotidiennement les données qui descendent des satellites afin de faire du contrôle qualité, de la calibration et de la validation de données par mission et entre missions. Puis nous fusionnons ces données satellites avec des données in situ afin de développer des produits commerciaux. » Car si les missions d'altimétrie spatiale répondaient initialement à des problématiques scientifiques toujours d'actualité, que ce soit en matière de changement climatique ou d'océanographie, la robustesse de leurs données et leur assimilation dans des modèles toujours plus performants leur a permis

de trouver des applications commerciales nombreuses. « Nous faisons d'une pierre deux coups », résume-t-elle.

CLS, l'ami du pêcheur... et du poisson !

La pêche est ainsi l'un des secteurs d'activité auxquels les données d'altimétrie traitées par les modèles bénéficient directement. « Nous fournissons en temps réel, tous les jours, des données océanographiques de type courants, températures, couleur de l'eau et hauteur de vagues. Ces indications sur l'état physique de l'océan sont essentielles pour la sécurité des équipages mais aussi pour l'organisation des campagnes de pêche. »

Que les défenseurs de l'environnement se rassurent, CLS réserve ses données les plus cruciales, notamment celles permettant de prévoir la présence de telle ou telle espèce dans telle ou telle zone, aux autorités de contrôles des pêches. « C'est un enjeu essentiel, car nous avons développé un modèle de prévision qui prévoit la dynamique de population de certaines espèces, les thons notamment. Avec ces données, les autorités peuvent interdire la pêche dans les zones où il y a de fortes chances de trouver des juvéniles dont la capture mettrait en danger l'espèce », confirme la responsable.

De l'or bleu pour l'or noir

Autre exemple d'application sur le même type de données, tout ce qui concerne les activités pétrolières offshore. « L'exploitation a lieu de plus en plus loin des côtes, et de plus en plus profond, ce qui rend les opérateurs de plus en plus dépendants d'informations fiables sur l'état de l'océan, notamment les courants et leur force. » Dimensionnement des structures des plateformes pétrolières pour faire face aux événements extrêmes, périodes propices à la prospection, aller-retour entre les plateformes et la côte, et en dernier recours prévision du déplacement des nappes de pétrole quand l'accident n'a pas pu être évité, les acteurs pétroliers ont un besoin vital de l'océanographie spatiale.

Hisse et ho, Océano!

Plus largement, tous les usagers de la mer, des navigateurs du Vendée Globe aux capitaines de marine marchande, peuvent bénéficier des produits océanographiques de CLS. Ainsi, depuis 2010, l'entreprise fournit un service opérationnel d'optimisation des routes océaniques qui permet à ses bénéficiaires d'économiser entre 2 et 7 % de leur consommation de fioul. Quand on sait que le carburant représente entre un tiers et la moitié des coûts d'exploitation d'un navire, on comprend l'intérêt des armateurs pour ce service sur mesure. « Le capitaine du navire trace sa route principalement en fonction de critères météo. Il nous la transmet et nous l'optimisons de façon à ce qu'il puisse profiter au mieux des courants. » Au-delà de ces marchés de niche, Stéphanie Limouzin reste très confiante sur le futur des applications de l'altimétrie spatiale. « Avec la meilleure résolution spatiale promise par Swot, de l'ordre de 1 km², à l'horizon 2020, nous pourrions nous attaquer à des marchés non plus seulement océanographiques, mais hydrologiques, avec par exemple une faculté d'anticiper les inondations en aval d'un cours d'eau, ou d'offrir des outils d'une précision incomparable en matière de gestion des ressources en eau, en particulier sur de grands bassins versants situés dans des régions instables géopolitiquement, tant il est vrai que, depuis l'espace, les satellites ignorent les frontières. » ■



OPERATIONAL OCEANOGRAPHY

A world of applications

Fishing, oil operations, ocean yacht racing and shipping route optimization are just some of the varied commercial applications of operational oceanography.

A subsidiary of CNES and IFREMER, the French institute of marine research and exploration, CLS (Collecte Localisation Satellites) was initially formed to operate the Argos satellite-based data collection and location system. It has since branched out with much success into distribution of oceanography data. The company's Space Oceanography department, created in 1992 to support CNES's efforts to develop and operate space-based altimeters, today accounts for 30% of its revenues. As Stéphanie Limouzin, who has headed the department since 2012, explains: "our job is to process data received from the satellites every day and conduct quality control, calibration and validation. We then merge them with in-situ data to develop commercial products." For while satellite altimetry missions were initially conceived to address scientific questions that are still relevant today, be it in the fields of climate change or oceanography, the robust data thus acquired and then assimilated in ever-improved models have found many commercial applications. "So we get double the mileage out of the data," notes Limouzin.

Friend of fish and fishermen

Fishing is one of the sectors that benefits directly from modelled altimetry data. "Every day, we supply real-time oceanography data, on currents, temperatures, ocean colour and wave height. This kind of information about physical ocean conditions is vital not only to crew safety but also for planning fishing campaigns," says Stéphanie Limouzin. Environmental activists also will be glad to learn that CLS reserves its most crucial data, notably those used to predict



whether a particular species will be present in a given zone, for the fisheries monitoring authorities. "A lot is at stake here and we have developed a model that predicts the population dynamic of certain species, notably tuna. With these data, the authorities can ban fishing in zones where there is a strong chance of finding juveniles and catching them could endanger the species," confirms Limouzin.

Blue and black gold

Offshore oil operations similarly benefit from the same kind of data. "Oil rigs are drilling ever further from coasts and in deeper waters, so operators increasingly need reliable information about ocean conditions, notably the strength of currents," explains Limouzin. Whether for sizing the structures of oil rigs to withstand severe weather, identifying the best time for prospection, planning return trips between the shore and rigs or as a last recourse predicting oil slick drift when a spill could not be averted, space oceanography is vital to the oil industry.

Going with the flow

From a broader perspective, CLS's oceanography products are of value to all seafarers, from skippers in the Vendée Globe round-the-world yacht race to merchant navy captains. Since 2010, it has been providing an operational ocean route optimization service that offers a saving of between 2% and 7% in fuel consumption. Given that fuel accounts for one-third to one-half of a ship's operating costs, it is not hard to see why this custom service has proved attractive to shipowners. "Ship captains trace their route mainly with respect to the weather conditions. They then send us the route and we optimize it for them to take advantage of currents," says Limouzin. Besides these niche markets, she remains confident in the future for satellite altimetry applications. "With SWOT set to bring better spatial resolution on the order of one square kilometre by 2020, we'll be able to address not only oceanography but also hydrology markets, for example with the ability to anticipate flooding downstream of a water course or through tools of unrivalled precision for managing water resources, particularly in large watershed zones in geopolitically unstable regions, since satellites know no frontiers." ■

CROESUS

Le papillon mythique à l'heure du satellite

Des explorateurs du XXI^e siècle munis d'équipements satellitaires, prêtés par le CNES, sont partis en septembre sur les traces du naturaliste Wallace, l'un des pères fondateurs de la théorie de l'évolution. Ils vont tourner le premier film au monde sur le croesus, le plus beau et le plus grand de tous les papillons, qui vit sur l'île indonésienne de Bacan. En marche...

« **J**e découvris ce que j'espérais : une espèce nouvelle, et des plus belles, et un des papillons les plus magnifiquement colorés au monde. Un beau spécimen mâle d'une envergure dépassant les 18 cm ; les ailes sont noir velouté et orange flamboyant, cette dernière couleur remplaçant le vert des espèces voisines. La beauté et l'éclat de cet insecte sont indescriptibles et, hormis un naturaliste, personne ne peut comprendre la fièvre qui s'empara de moi quand je finis par le capturer. Lorsque je le retirai du filet et ouvris ses ailes, mon cœur se mit à battre violemment, le sang me monta à la tête et je fus sur le point de défaillir. » Voilà ce qu'écrivit avec émo-

tion l'Anglais Alfred Russel Wallace lorsqu'il découvrit, le 28 janvier 1859, sur l'île de Bacan, en Indonésie, l'*Ornithoptera croesus croesus*, papillon géant qui permit à ce contemporain de Charles Darwin de codécouvrir la théorie de l'évolution des espèces et la sélection naturelle. Le croesus fait partie des quinze papillons les plus grands au monde, qui se localisent entre l'archipel des Moluques et les îles Salomon. Wallace a constaté que celui de l'île de Bacan était d'une couleur différente des autres papillons, vert et noir, vivant sur les autres îles. Il en conclut que l'isolement permettait aux lignées d'évoluer en cercle fermé. Ce fut le début d'une révolution de la pensée...

► La parade nuptiale d'*Ornithoptera croesus croesus* sur l'île de Bacan (Indonésie). Nuptial dance of *Ornithoptera croesus croesus* on the island of Bacan, Indonesia.

ORNITHOPTERA CROESUS

On the tracks of a legendary butterfly

Modern explorers carrying satellite equipment on loan from CNES set off this September in the footsteps of English naturalist Alfred Russel Wallace, one of the fathers of the theory of evolution. They will be making a film about Wallace's Golden Birdwing, the biggest and, in his own words, finest butterfly in the world, found on the Indonesian island of Bacan.

Wallace discovered what he had hoped for on 28 January 1859: "a perfectly new, and most magnificent species, and one of the most gorgeously coloured butterflies in the world. Fine specimens of

the male are more than seven inches across the wings, which are velvety black and fiery orange [...] The beauty and brilliancy of this insect are indescribable, and none but a naturalist can understand the intense excitement I experienced when I at length captured it. When I took it out of my net, and opened its gorgeous wings [...] my heart beat violently, and the blood rushed to my head." A contemporary of Charles Darwin, Wallace was one of the first to formulate the theory of the evolution of species and, following his discovery of the giant butterfly *Ornithoptera croesus* on Bacan, in Indonesia's Maluku Islands, that of natural selection.

Wallace's Golden Birdwing is one of the biggest 15 butterflies in the world, living between the Maluku and the Solomon Islands. Wallace found that the butterfly on Bacan differed in colour from the other black and green butterflies on the other islands. His conclusion that isolation enables lineages to evolve in a closed loop sparked a revolution in thinking.

Dressed in a ball gown

In September 2014—155 years later—a team of naturalists led by Jean-Marc Sor, chairman of the Pyrenees Entomology association, supported by the Toulouse Natural history museum, left to retrace



►► Sur l'écran, Francis Duranthon : « Le téléphone par satellite a permis de mettre des images au texte de Wallace. » Francis Duranthon (on screen): "Modern technology, in the shape of satellite communications, illustrated Wallace's original text."



« Elle semblait porter une robe de bal »

Cent cinquante-cinq ans plus tard, en septembre 2014, soutenue par le Muséum d'histoire naturelle de Toulouse, une équipe de naturalistes conduite par Jean-Marc Sor, président de l'association Pyrénées entomologie, part sur les traces de Wallace et du fameux papillon. Déjà, en 2013, après maintes tentatives pour trouver la clairière à papillons perdue dans une forêt vierge, ce féru de photographie a pu prendre des photos du croesus. Un an plus tard, comme il n'existe pas de vidéo, l'entomologiste tenace se lance dans un nouveau projet. Il monte un partenariat avec Gulliver Productions et France 3 Midi-Pyrénées pour tourner sur place un docu-fiction (c'est une première) retraçant l'expédition de cet explorateur qui l'a fait tant rêver enfant. L'objectif est de faire une expédition façon XIX^e siècle, mais avec des moyens du XXI^e siècle, à savoir avec les moyens spatiaux. À quatre jours de marche de la

côte, après avoir remonté le lit d'un torrent, l'expédition, éprouvée, a atteint enfin la clairière à papillons. « Nous arrivons dans une grande clairière, il y a un arbre en forme de champignon avec d'immenses bractées blanches; les papillons se nourrissent du nectar de ces fleurs. Nous avons vu trois mâles et une femelle qui venait d'éclore. Elle semblait porter une robe de bal. La couleur du mâle était magnifique, ils étaient en permanence en mouvement. Pendant les trente premières secondes, j'étais figé, je n'arrivais même plus à photographier, j'avais envie d'être dans la peau de Wallace... »

Quand le spatial met des images sur des mots

Le CNES est ainsi parti sur les traces du croesus. « Cesars, le centre d'expertise dédié à l'usage des communications spatiales du CNES, rappelle Philippe Billast, responsable du Pôle applications télécommunications par satellite, au Centre



Podcast audio avec l'explorateur Jean-Marc Sor, président de l'association Pyrénées Entomologie. Listen to our podcast with explorer Jean-Marc Sor, president of non-profit association Pyrénées Entomologie.

Wallace's journey and rediscover the famous butterfly. After many attempts to find the butterfly clearing lost in virgin forest, in 2013 Sor—a keen photographer—was able to take some pictures of the birdwing, but no films. One year later the determined entomologist therefore initiated a new project, joining up with Gulliver Productions and France 3 Midi-Pyrénées to film a docu-drama (the first) following in the footsteps of the explorer who had fired Sor's young imagination as a child. The goal was to reconstitute Wallace's 19th-century expedition using 21st-century equipment, including satellite technology. After a four-day trek inland, following the bed of a stream towards its source, the tired team finally found the butterflies. "We reached a big clearing where there was a mushroom-shaped tree with huge white bracts; the butterflies were feeding off the flowers' nectar. We

saw three males and a female which had just hatched. It looked as if she was dressed in a ball gown. The male was a magnificent colour. They were in perpetual movement. For the first 30 seconds, I just froze. I couldn't even take photos, I just wanted to enjoy stepping into Wallace's shoes..."

Satellites illustrate words

CNES also went along on the hunt for birdwings. Philippe Billast, head of the satcom applications department at the Toulouse Space Centre, explains: "CESARS, the European expert centre supporting CNES satellite telecom services, took part in this expedition. We used our technical expertise to find the best way of linking an untamed island to Europe. We also trained the France 3 journalist on how to use the BGAN 700 modem, which is fitted with an

Inmarsat satellite aerial for sending data or phoning." CNES also provided the explorers with a Cospas-Sarsat personal locator transmitter which, fortunately, was never needed. A memorable Skype video conference connected Bacan with France, where museum director Francis Duranthon received the call on 18 September, his birthday. "At four in the morning, I had a Skype call and the much-awaited video conference began," he recounts. "There were the tired explorers in the middle of a jungle and there was I in a hotel room in Paris. Suddenly, I saw the birdwing in Jean-Marc Sor's hands. I was part of the expedition without being there, with mixed emotions of joy and frustration. Modern technology, in the shape of satellite communications, illustrated Wallace's original text." The birdwing was the museum director's magical birthday guest. ■



—
MARIE-CLAUDE SIRON, CNES

Station spatiale

REPAS D'EXCEPTION

Depuis toujours, la gastronomie accompagne les meilleurs moments de la vie. Comment fêter l'arrivée de nouveaux collègues, la réussite d'une entreprise, si ce n'est en les célébrant par une épaule d'agneau confite à la sauge ou un fondant au chocolat ? Les astronautes ne sauraient être dispensés de ces plaisirs si simples, si doux. Le CNES y a pensé.

Voaille jaune des Landes cuisinée comme une poule au pot, magret de canard confit et condiment aux câpres, homard breton et condiment citron de Menton, crémeux au citron cuit au four, millefeuille de fruits frais..., les papilles sont en alerte. En 2004, le CNES lançait un programme *Special Event Meals* destiné à fournir des repas de qualité aux astronautes de la Station spatiale internationale pour célébrer des occasions particulières, tout en répondant aux exigences de l'alimentation en milieu spatial. En 2011, à cette initiative est venue s'ajouter l'expérience française *Energy*, conduite en partenariat par le Cadmos¹ pour le laboratoire du CNRS où travaille Stéphane Blanc, responsable de l'expérience. L'objectif d'*Energy* étant de quantifier le besoin calorique des astronautes lors d'un séjour dans l'espace de longue durée.

La gastronomie française en 25 recettes

Forte de son agrément USDA² requis par l'administration américaine, la PME Jean Henaff est venue prêter main-forte à ces livraisons culinaires « certifiées spatial ». L'entreprise apportait son savoir-faire sur deux points essentiels : servir parfaitement les boîtes en aluminium ultraléger pour une étanchéité absolue, appertiser juste ce qu'il faut,

spatial de Toulouse, a participé à cette expédition. Nous avons apporté notre expertise technique : trouver la meilleure solution pour relier une île sauvage à l'Europe. Nous avons également formé aux équipements le journaliste de France 3. Le CNES a prêté l'équipement BGAN 700. Il s'agit d'un modem muni d'une antenne satellite Inmarsat qui offre un service de communication pour la transmission des données et pour la téléphonie. » Le CNES a également fourni aux explorateurs une balise de sauvetage Cospas-Sarsat, qui heureusement n'a pas été utilisée ! Une visio mémorable par Skype a pu être établie entre l'île de Bacan et la France, où se trouvait Francis Duranthon, le conservateur du Muséum. « Quatre heures du matin, le bip de Skype se déclenche et la visioconférence tant attendue commence. Les visages apparaissent, fatigués, les explorateurs sont en pleine jungle, et moi dans une chambre d'hôtel à Paris. Là, je vois le croesus entre les mains de Jean-Marc Sor. Je suis dans l'expédition, sans y être, partagé entre joie, émotion et frustration. C'est la technologie d'aujourd'hui, par l'intermédiaire du téléphone par satellite, qui a mis des images au texte de Wallace ! » Le croesus fut l'invité magique et inespéré du directeur du Muséum de Toulouse, le 18 septembre, jour de son anniversaire ! ■

◀◀
Le mâle *Ornithoptera croesus croesus* autour des fleurs du mussaenda, sa source de nourriture.
Male *Ornithoptera croesus croesus* feeding on *Mussaenda* flowers.



c'est-à-dire régler avec précision l'intensité de la température et le temps de chauffage. « Nous étions ravis d'avoir été retenus pour ce programme.

Nous n'avions jamais mis de cheese-cake en boîte. Ce fut à la fois une superbe reconnaissance de notre savoir-faire, une source d'apprentissage pour nos équipes, l'occasion de pousser nos limites et un défi pour notre R&D », se réjouit Silvia Rama, responsable marketing chez Henaff. En 2014, 2000 plats individuels réalisés à partir de 25 recettes, conçues et formulées par les chefs d'Alain Ducasse Éducation (ADE), ont ainsi été livrés par le CNES. « Les contraintes portent, bien sûr, sur les conditions d'hygiène, mais aussi sur la texture des plats, qui, micro-pesanteur oblige, doivent comporter très peu de liquide et de miettes », explique Quentin Vicas, directeur Projet chez ADE. Leur durée de vie est de trois ans, de quoi multiplier les tours de la Terre.

Ces « repas français », selon l'expression russe, complètent la nourriture quotidienne fournie par les Russes et les Américains. Aujourd'hui, le CNES est le seul fournisseur régulier en dehors de ces deux pays : relève d'équipage, sorties extravéhiculaires, toutes les occasions exceptionnelles sont bonnes pour tester la gastronomie française. Les recettes se doivent d'être attrayantes pour tous, quelle que soit la nationalité.

¹ Cadmos : Centre d'aide au développement des activités en micropesanteur et des opérations spatiales, structure du CNES responsable des expériences de physiologie à bord de l'ISS pour l'Europe.

² USDA : référence en termes de fiabilité des modes de fabrication.

Pour cela, le choix et la validation des recettes se fait en concertation avec des astronautes au sol. Parmi les must conçus par ADE, la caponata, mélange de légumes sucrés-salés, se taille la part du lion.

« C'est un plaisir de promouvoir la gastronomie française auprès d'une communauté aussi internationale et aussi particulière. Néanmoins, nous ne perdons pas de vue que l'objectif à long terme de l'expérience est bien scientifique: adapter le besoin énergétique des astronautes aux vols de longue durée pour embarquer le strict nécessaire », conclut Alain Mailliet, en charge du programme au Cadmos. Il faut bien revenir sur terre. ■

SPACE STATION

Special meals for space

What would special events be like without a memorable meal? How can you welcome new colleagues or celebrate a success if not with a shoulder of lamb confit and sage or a chocolate fondant? CNES believes astronauts shouldn't miss out on such simple yet enjoyable pleasures.

In 2004, CNES initiated the Special Event Meals programme to provide astronauts on the International Space Station with top-quality space-rated meals for special occasions. So they can now enjoy mouth-watering Landes yellow corn-fed chicken in a delicious broth, breast of duck confit and its accompanying caper condiment, Breton lobster with Menton lemon sauce, baked lemon creme or fresh fruit pastries. In 2011, this initiative was extended through France's Energy experiment, a partnership between the CADMOS¹ centre for the development of microgravity applications and space operations and the CNRS scientific research laboratory, where principal investigator Stéphane Blanc works. The experiment was designed to count the calories required for astronauts on long-duration spaceflights.

French gastronomy in 25 recipes

Certified by the US Department of Agriculture², SME Jean Henaff stepped in to help prepare these space-ready meals. The company applied its expertise to ensure the ultra-light aluminium tins are perfectly sealed, accurately controlling the temperature and heating time. "We were thrilled to be chosen for this programme. We'd never canned cheesecake before! Being selected was a recognition of our expertise, but it also allowed our teams to learn more, pushing the envelope and challenging our R&D," explains Silvia Rama, head of marketing at Henaff. In 2014, 2,000 single meals based on 25 recipes concocted by the chefs of Alain Ducasse Education (ADE) were delivered by CNES.

"Hygiene is just one of many constraints. For example, due to microgravity conditions, the meals mustn't be crumbly or very liquid," explains Quentin Vicas, project director at ADE.

Their three-year expiry date gives them plenty of time for orbiting the Earth. These "French meals", as the Russians call them, complement the day-to-day food provided by Russia and the United States. CNES is currently the only other regular food supplier, and every special event—from spacewalks to crew changes—calls for a French gastronomic meal. The recipes must be attractive for all the astronauts, regardless of nationality, so recipes are chosen and validated by astronauts on Earth. Among ADE's "musts" is the popular *caponata*, a mixture of sweet and savoury vegetables. "It's a pleasure to promote French cuisine among such an international and specialized community. But we keep in mind that the long-term objective of this scientific experiment is to match the energy needs of astronauts to long-duration missions so as to take only the strict necessary," concludes Alain Mailliet, head of the programme at the CADMOS centre. After all, we have to keep our feet on the ground. ■

¹ Centre d'Aide au Développement des activités en Micropesanteur et des Opérations Spatiales
- a CNES structure in charge of European physiology experiments on board the ISS
² USDA is a benchmark in terms of manufacturing process reliability

Reportage vidéo sur l'expérience Energy à bord de l'ISS, Energy sur le site du CADMOS.

See our video report about the Energy experiment aboard the ISS; Energy on the CADMOS website.

www.
cnes.fr
webmag

MARIE-CLAUDE SIRON, CNES

LE SYSTÈME PLÉIADES UN ATOUT PO



Permettre aux acteurs publics et institutionnels de tester les images Pléiades très haute résolution, tel était l'objectif de la recette thématique utilisateurs Pléiades du programme Orfeo, réalisée par le CNES en 2012-2013. Les inondations dont le sud de la France a été victime ces dernières années ont fait l'objet d'une expérience grandeur nature pour le monde de l'assurance. Une expérience pleine d'enseignements.

Malgré son âge, le programme préparatoire Orfeo Pléiades avait pour objectif de définir de nouveaux services et de préparer la communauté scientifique et institutionnelle à l'utilisation des images du satellite d'observation de la Terre Pléiades. Confrontée aux risques naturels, la profession des assureurs a naturellement été l'un des acteurs de la recette thématique Pléiades, dernière phase du programme testant les images Pléiades « dans la vraie vie ». Avec les récentes inondations qui ont frappé le Sud-Ouest en juin 2013 et les Cévennes en septembre 2014, la Caisse centrale de réassurance (CCR) a ainsi pu confronter ses besoins aux capacités du système Pléiades. Un test grandeur nature. Dès la demande formulée par la CCR, le CNES requiert auprès d'Astrium Defence and Space la programmation en urgence de Pléiades sur les zones touchées. Les images

UR LES ASSURANCES



sont transmises dès leur acquisition au Sertit¹, service de cartographie rapide. Dans les cas d'inondations, ce sont les zones de débordement des rivières, les surfaces en eau, les dépôts de boue, les impacts aux infrastructures et bâtiments qui sont recherchés sur les images. Forte de cette cartographie, la CCR, qui en plus de sa fonction « d'assureur des assureurs » couvre les risques exceptionnels avec garantie de l'État, peut être en mesure d'estimer au plus vite l'impact financier de la catastrophe.

L'expérience est, pour elle, riche d'informations. Premier enseignement : la réactivité, ou capacité à acquérir des images au plus près de l'événement, est capitale. Tout aussi décisive est la mise en pré-alerte réalisée par le Schapi² (chargé de l'activité de prévision des crues et de l'hydrométrie) pour des risques d'inondations importants. Autre paramètre essentiel, la capacité de revisite quotidienne du système Pléiades³ au-dessus de la zone sinistrée. Cette fonction se révèle déterminante pour le suivi de l'inondation. Une contrainte d'exploitation des images optiques est à prendre en compte : la couverture nuageuse, qui empêche de voir le sol. « Un inconvénient qui peut être contourné en couplant des acquisitions optiques et radar », comme le précise Antoine Quantin, directeur des Études techniques garantie d'État à la CCR.

Pour Delphine Fontannaz, chargée des activités risques du programme Orfeo au CNES, ce travail constitue une sensibilisation à la prise de connaissance des technologies

spatiales par les acteurs publics français dans un contexte de gestion de crise. « Les utilisateurs méconnaissent encore les potentialités de l'image. Les actions menées par le CNES ont permis de les sensibiliser aux capacités de la constellation Pléiades », commente-t-elle. L'objectif à terme est de doter ces utilisateurs d'un dispositif national, complémentaire du cadre proposé par la Charte internationale espace et catastrophes majeures. Un chantier initié par le CNES et porté en coopération avec plusieurs partenaires, l'IGN et la DGSCGC⁴. ■

¹ Sertit : Service régional de traitement d'image et de télédétection

² Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations

³ Une constellation de 2 satellites, Pléiades 1A et 1B, phasés à 180°

⁴ Centre opérationnel de gestion interministériel de gestion des crises de la Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises

PLEIADES SYSTEM

Satellites come up trumps for insurers

CNES gave public and institutional stakeholders the chance to test Pleiades very-high-resolution imagery under the ORFEO programme¹ from 2012 to 2013. Recent flooding in the South of France proved to be a life-sized experiment and an excellent learning experience for insurers.

Set up in 2003 by CNES, the preparatory ORFEO Pleiades programme was designed to define new services and prepare the scientific and institutional community for using data from the Pleiades Earth-observation satellites. Insurance companies, which have to respond to natural disasters, were naturally chosen to participate in its evaluation, which was the last phase in the “real-life” imagery testing programme. With the recent floods in Southwest France in June 2013 and the Cevennes region in September 2014, the French state reinsurance company CCR² could compare its needs with the capabilities offered by Pleiades during a full-scale test. As soon as the CCR makes a request, CNES asks Astrium Defence and Space to quickly task the Pleiades satellites to cover the affected areas. The acquired imagery is immediately sent to the SERTIT³ rapid mapping service. In the case of flooding, the imagery is used to find river overflow areas, water bodies, mud deposits and the impact on infrastructures and buildings. With this map in hand, the CCR—which is not only the “insurers’ insurer” but also covers exceptional risks with a government guarantee—can quickly estimate the disaster’s financial impact. The CCR has learnt a great deal from this experiment.

Firstly, that responsiveness—in other words, the ability to acquire imagery as quickly as possible after the event—is essential. Just as decisive are the alerts provided by SCHAPI⁴, a central service for hydrometeorology and flood-warning support. Another important parameter is the Pleiades system’s⁵ daily revisit capability, vital to be able to monitor the flood. One of the difficulties with optical imagery is cloud cover, which can block out the ground. However, as Antoine Quantin—director of publically-guaranteed technical projects at the CCR—points out, this obstacle can be overcome “by combining optical and radar data.” For Delphine Fontannaz, manager of the ORFEO hazards programme at CNES, this work raises awareness of satellite technologies for crisis management among public stakeholders in France. “Users don’t realise the full potential of imagery. CNES has shown them what Pleiades is capable of,” she explains. The long-term objective is to provide users with a national system to complement the International Charter on Space and Major Disasters. Initiated by CNES, this cooperative project is being supported by several partners, including French mapping and survey agency IGN and the interministerial operational centre for crisis management (DGSCGC⁶). ■

¹ This evaluation was known as the “Recette thématique utilisateurs Pléiades,” (thematic acceptance test by Pleiades users)

² Caisse Centrale de Réassurance

³ Service Régional de Traitement d’Image et de Télédétection - regional image processing and remote sensing department

⁴ Service Central d’Hydrométéorologie et d’Appui à la Prévision des Inondations

⁵ A constellation of two satellites—Pleiades 1A and 1B—operating on the same orbit, phased 180° apart

⁶ Direction Générale de la Sécurité Civile et de la Gestion des Crises

SEMAINE DU HANDICAP DES COLLÉGIENS EN VISITE AU CST



Le 2 décembre 2014, le Centre spatial de Toulouse (CST) accueillait sur son site une douzaine de jeunes collégiens en situation de handicap et issus de la diversité sociale. Organisée chaque année dans les quatre centres du CNES, cette journée a pour cadre la Semaine du handicap. À Toulouse, elle s'appuie sur le Parcours des métiers et formations (PDMF), initiative de l'Éducation nationale et du rectorat destinée à éveiller l'intérêt des jeunes handicapés pour certains univers professionnels.

▲▲ Les élèves de 3^e analysent la matière du sol martien lors de leur passage au Fimoc.
9th-grade students analyse Martian soil when they visit the FIMOC.

Sur le site du CST, le groupe de collégiens est vite identifiable. Parkas, baskets et sacs à dos, ce sont douze jeunes qui se dirigent vers la salle Léonard de Vinci. Ils viennent de divers collèges de la région toulousaine et ont répondu présents à la proposition du rectorat. Le groupe, constitué de jeunes en situation de handicap, est accompagné d'interprètes en langue des signes, d'une codeuse LPC (langage parlé complété) et d'une chargée de mission école-entreprise au rectorat de Toulouse. C'est la 3^e édition de cette opération, partie prenante de la politique générale du CNES en faveur du soutien au handicap. Contacté, l'organisme a tout de suite répondu favorablement et s'est associé à ses partenaires professionnels, Thales Alenia Space, Airbus Defence & Space et l'ISAE, pour proposer une semaine dédiée au spatial. Chaque entreprise met en place une journée de découverte de ses métiers, de ses projets. Préparée conjointement par Patrice Burgunder, référent Handicap à la sous-direction des Ressources humaines, Claire Edery-Guirado et Frédéric Breu, de la direction de la Communication, la journée CNES s'est scindée en deux parties : présentation des métiers du spatial et du CNES le matin, des projets d'actualité l'après-midi.

De l'enthousiasme pour captiver

Sensible à ce public dont l'attention est parfois difficile à fixer, Claire Edery-Guirado s'était dopée d'un enthousiasme à convaincre les foules. « 1969. Est-ce que cette date vous dit quelque chose ? ». Timidement, Hamoudja tente une réponse. « Bravo ! Et 1957 ? Là, c'est plus difficile. » C'est Marie-Emeline, bloc-notes et stylo en mains, qui ose la réponse. De la journée chez Airbus D&S, la jeune fille est sortie incollable, capable de désigner les nids d'abeilles sur un satellite... Orbite basse ou géostationnaire, apesanteur, les notions de base sont passées en revue. Parfois, l'attention se relâche, une jeune fille refait la natte d'une amie, une autre pose la tête sur le bras de son voisin, mais, placés devant la maquette d'un satellite, tous sont captivés. Parmi les parcours proposés, certains jeunes ont choisi le spatial, d'autres y ont consenti. Une visite à la Cité de l'espace et le film *Gravity* se sont révélés des premières approches efficaces. En fin de matinée, alors que l'attention donne des signes de flottement, il ne faut pas beaucoup d'efforts à Killian Pfaab, chef du service Structure et mécanique, pour redynamiser les troupes. Un groupe de jeunes garçons s'intéresse tout particulièrement aux éléments de satellite apportés par Killian. Impression 3D, miroir de télescope,

tube carbone, topo efficace sur les matériaux dans l'espace, habile comparaison avec un cadre de vélo, les apartés cessent et les regards convergent vers l'ingénieur.

Aussi dense que la matinée, l'après-midi s'est déroulée à un rythme soutenu. Les visites de la salle de contrôle de l'ATV, du Fimoc (le centre d'opérations pour la mission Mars Science Laboratory), du Serom (site d'essai des robots mobiles où évoluent les maquettes du rover Curiosity) ont plongé le groupe dans un univers captivant.

Des résultats inattendus

Pour Patrice Burgunder, les résultats de ce genre d'initiative, même s'ils sont difficiles à percevoir, sont toujours positifs. Et les résultats ne sont pas forcément là où on les attend. En témoigne ce message adressé à l'organisateur : « Merci d'avoir intégré Grégoire à ce stage de découverte. Il est revenu très heureux, avec l'impression d'avoir appartenu à un groupe. » La semaine est-elle propice à l'éveil de vocations ? « Le CNES emploie surtout des ingénieurs et peu de jeunes en situation de handicap choisissent ces filières très techniques. Mais, à la suite de l'une de ces visites, il y a deux ans, un jeune

a intégré une filière spécialisée dans le spatial au lycée Paul-Riquet », se réjouit Patrice Burgunder.

Des voies d'amélioration

L'action du CNES en faveur du handicap s'inscrit dans sa volonté de favoriser la diversité. L'embauche d'une personne en situation de handicap nécessite des aménagements spécifiques. « Nous devons continuellement améliorer l'existant. Aujourd'hui, si l'accessibilité des salles de réunion est satisfaisante, nous devons faire un effort particulier sur le handicap auditif. C'est extrêmement pénible pour une personne malentendante de distinguer le bruit de fond des éléments essentiels du débat. Le port d'un casque est dissuasif et constitue souvent une démarche trop lourde. Aussi équipons-nous désormais les salles de réunion de boucles magnétiques qui permettent au son de parvenir de manière sélective à l'oreille des malentendants », explique Patrice Burgunder. La semaine prochaine, Marie-Emeline reprendra ses notes et fera un exposé devant ses camarades. Il n'y aura alors plus de handicap, seules compteront les connaissances acquises. ■

DISABILITY AWARENESS WEEK

Junior high-school students visit CST

On 2 December 2014, the Toulouse Space Centre (CST) hosted a dozen disabled junior high-school pupils from various social backgrounds. Organized each year at the agency's four centres, this initiative is part of France's "Disability awareness week". In Toulouse, it is based on a state education project to interest disabled youths in different professional fields.

On the CST site, the young students were easily spotted with their anoraks, trainers and rucksacks. From different schools in and around Toulouse, all had taken up the education authority's invitation. The disabled pupils were accompanied by sign language interpreters, a cued-speech assistant and a representative of the Toulouse education authority in charge of school/business relations. When first contacted, CNES immediately agreed to take part, joining its professional partners—Thales Alenia Space, Airbus Defence & Space and the ISAE space and aeronautics institute—to put together a week dedicated to the space industry. Each company hosted pupils so they could find out more about career opportunities and projects. Organized by Patrice Burgunder, in charge of disability issues within the Human Resources department, Claire Ederly-Guirado and Frédéric Breu from the Communications department, the CNES day trip was split into two sessions. The morning was spent on an introduction to CNES and space careers, and the afternoon on current space projects.

Enthusiasm to capture attention

Mindful of capturing her audience's attention, Claire Ederly-Guirado has really charged herself up. "Can

you tell me what happened in 1969?" Hamoudja shyly attempts an answer. "Well done. And 1957? That's a bit trickier." Marie-Emeline, notepad and pen at the ready, ventures a response. Attention does sometimes waiver, but all are fascinated by the mock-up of a satellite. Of the various occupational discovery courses available, the space industry was the first choice for some students, while others agreed to come along. A trip to the Cité de l'espace theme park and a showing of the film 'Gravity' stirred interest. Later that morning, when concentration starts to wane, Killian Pfaab—head of the Structure and Mechanics department—easily regains their attention. A group of boys are interested in the satellite parts brought along. All whispering stops and eyes are riveted on the engineer as he talks about materials in space, showing examples of 3D printing, a telescope mirror and a carbon tube, bringing notions down to earth through a neat comparison with a bike frame. The afternoon captivates the young people through tours of the ATV control room, the French instruments operations room for the Mars Science Laboratory—FIMOC—and SEROM, the mobile robot test site used for the Curiosity rover mock-ups.

Unexpected results

Patrice Burgunder believes the results of this kind of initiative, even though difficult to see, are always positive and not always where you would expect them. This message to the organizer is an example: "Thank you for including Grégoire in this discovery course. He was very happy, having felt part of the group." Does the week spur young people into a space career? Patrice Burgunder is delighted to say that "CNES mainly employs engineers, and few



disabled students choose these highly technical channels. But two years ago, after one of these discovery courses, a young lad chose the specialist space programme at Paul Riquet high school."

Further improvements

CNES's support for the disabled squares with its determination to foster diversity. "We have to continually improve the status quo," explains Burgunder. "While the meeting rooms are currently accessible, for example, we need to make an effort for the hearing-impaired. It's extremely difficult for somebody who's hard of hearing to distinguish the background noise from sounds that are vital to discussions. It's disconcerting to have to wear a headset and often difficult to set up, so we're now fitting our meeting rooms with an induction loop system." Next week, Marie-Emeline will consult her notes and make a presentation in front of her classmates. Disability is of no consequence in this case, for only the knowledge learned counts. ■



INDE INDIA
 MATHIEU WEISS,
notre correspondant à Bangalore
 Bangalore correspondent

INDE

VOL HABITÉ

La méthode indienne

Elle n'a ni les prétentions ni le niveau de sophistication de la capsule Orion, mais une autre capsule spatiale habitée, indienne cette fois, a été testée en vol, quelques jours seulement après son homologue américaine. L'Agence spatiale indienne (ISRO) alimente la chronique. En développant le module adapté au nouveau lanceur GSLV-III en seulement un an et pour un budget d'environ 20 millions d'euros, l'ISRO prouve à nouveau l'efficacité de ses méthodes.

Le 18 décembre 2014, lorsque dans la brume de l'aube de Sriharikota, la silhouette inédite du lanceur GSLV-III est apparue sur son pas de tir, la forme massive au faux air d'Ariane 5 ne laissait plus de doute : le pays venait de franchir un grand pas. Même si aucun astronaute n'avait pris place à bord, même si la qualification vol habitée était loin d'être acquise, le lanceur le plus puissant jamais construit en Inde était là, tangible, devant les yeux d'un peuple qui, depuis la sensation créée par la mission martienne, ne rate plus une miette des aventures spatiales de son pays. Quelques heures plus tard, l'ISRO allait d'un seul coup effectuer le vol inaugural de son lanceur lourd et s'ouvrir la porte du vol habitée.

Un vaisseau conçu en un temps et à un coût records

CARE (pour *Crew Module Atmospheric Re-entry Experiment*) a parfaitement effectué sa mission. Passagère du premier vol de qualification du nouveau lanceur indien GSLV-III, la capsule, précurseur des futures missions habitées indiennes, a effectué un vol suborbital. L'engin, d'une masse de 3,6 tonnes, a été séparé à une altitude de 125 km. Les paramètres recueillis pendant sa rentrée atmosphérique compléteront les résultats de l'expérience conduite à plus petite échelle en 2007. Trois paires de parachutes ouverts successivement à partir de 15 km d'altitude ont freiné la chute de la capsule, qui a amerri dans la baie du Bengale,



HUMAN SPACEFLIGHT

The Indian way

Although not nearly as sophisticated or ambitious as the Orion capsule, India's very own crew capsule was flight tested just days after its U.S. counterpart. As a result, the Indian Space Research Organisation (ISRO) is hitting the headlines and in developing a crew module adapted to its new launch vehicle in only a year at a cost of some €20 million, it has confirmed the merit of its methods.

On 18 December, when the GSLV-III launcher, the most powerful India has ever built, loomed large out of the dawn mist on its Sriharikota launch pad, its silhouette reminiscent of Ariane 5 left no doubt that

India was about to take a great step forward. Even though there were no astronauts on board and qualification for human spaceflight is still some way off, the launch vehicle stood proud in the eyes of a people who, since the sensation created by the Mars Orbiter Mission (MOM), never miss an episode of their nation's space adventures. A few hours later, ISRO would at the same time bring off the maiden flight of India's heavy-lift launcher and clear the path for crewed spaceflight.

Conceived in record time and at record cost

The CARE capsule (Crew module Atmospheric Re-entry Experiment), a pathfinder for India's future crewed

spaceflight missions, accomplished a flawless suborbital flight after riding on the first qualification flight of the new GSLV-III launcher. Tipping the scales at 3,6 tonnes, it separated from the launcher at an altitude of 125 kilometres. The data acquired during its atmospheric re-entry will supplement the results of the smaller-scale experiment flown in 2007. Three pairs of parachutes opened in succession from an altitude of 15 kilometres to slow the capsule's descent before it splashed down off the Andaman Islands in the Bay of Bengal, where it was retrieved by an Indian coast guard vessel. Not for the first time, ISRO executed this programme in record time and at a record cost of just €2 million to develop and manufacture the capsule and





au large des îles Andaman, où elle a été récupérée par un bâtiment des garde-côtes indiens. Une fois de plus, l'ISRO a conduit ce programme en un temps et à un coût records, 2 millions d'euros pour le développement et la fabrication de la capsule et 18 millions d'euros pour l'adaptation du lanceur. Dans le droit-fil du concept d'ingénierie frugale, ce n'est pas un démonstrateur, mais directement une structure identique aux futurs modèles opérationnels, qui a été lancé. Pour ce tout premier vol, le lanceur GSLV-III n'était pas équipé du moteur cryotechnique de l'étage supérieur, dont le développement est toujours en cours. À noter que la propulsion de l'étage principal de GSLV-III est assurée par deux moteurs Vikas à propulsion liquide, dérivés du moteur Viking d'Ariane. En pleine capacité, le nouveau lanceur fournira à partir de 2017 une performance de 4 tonnes en orbite de transfert géostationnaire et de 8 tonnes en orbite basse, permettant d'envisager à terme une version améliorée du vaisseau, équipée d'un module de service et capable d'embarquer trois « vyomanauts » (terme préféré par l'ISRO à celui de « gaganaute »).

Dilemme : concilier l'exploration spatiale et le développement

L'Inde vénère ses astronautes. Dès 1984, prenant part à une mission soviétique, Rakesh Sharma a été le premier Indien dans l'espace. Kalpana Chawla, véritable icône du sous-continent, a perdu la vie lors de l'accident de la navette spatiale Columbia en 2003. Et Sunita Williams, Américaine de père indien, dont les vidéos sur YouTube ont permis à chacun de découvrir le quotidien de la Station spatiale internationale, a gardé un lien étroit avec le pays de ses origines. Malgré ces ambassadeurs portés en triomphe, le vol habité n'est pas inscrit dans les gènes de la politique spatiale indienne. Le pays a débuté son programme spatial dans les années 1960. Vikram Sarabhai, le père du programme spatial indien, en fixait alors fermement l'orientation, rejetant expressément

l'exploration planétaire et les missions habitées pour se consacrer aux technologies contribuant au développement socio-économique du pays. Au cours des décennies suivantes, l'ISRO s'est illustrée d'une part par sa grande maîtrise des applications spatiales, des télécommunications au programme de navigation (en cours de déploiement) en passant par l'observation de la Terre et, d'autre part, par l'efficacité de la distribution des services spatiaux, rendus directement accessibles à la population. Il convient dès lors de relativiser la diversification entreprise par l'Agence spatiale indienne. De fait, les ambitions de vols habités annoncées au lendemain de la mission lunaire de 2008 ont été mises en sommeil suite aux deux échecs successifs de GSLV en 2010. Le dernier plan quinquennal (2012-2017) n'a pas retenu le volet vol habité et a réduit le volet exploration à sa portion congrue, à savoir la première mission martienne et des études préliminaires pour une deuxième mission lunaire.

Les choix budgétaires indiens privilégient largement les applications spatiales ainsi que la mise en service opérationnel des lanceurs GSLV-II et GSLV-III. Le coût de la mission martienne, moins de 59 millions d'euros déclinés sur deux ans dans un budget annuel d'environ 1 milliard d'euros, s'accommode de la doctrine Sarabhai. Comme aime à le répéter K. Radhakrishnan, alors président de l'ISRO : au regard du critère de développement, l'espoir donné à tout un peuple et surtout l'impact sur la motivation des jeunes générations justifiaient largement le niveau d'investissement consenti, qui correspond grosso modo au dixième de ce que les Indiens dépensent en fusées d'artifice pendant la période de Diwali, la fête traditionnelle des lumières.

Les « vyomanauts » toujours en attente d'un feu vert politique

Une étude ancienne (2007) chiffre le coût total de l'accès de l'Inde au vol habité à environ 1,6 milliard d'euros. Ce coût serait réparti sur les sept années nécessaires selon l'ISRO



Site de l'agence spatiale indienne ISRO (EN.) See the ISRO website.

€18 million to adapt the launcher. Inspired by India's frugal engineering concept, the capsule launched is more than just a demonstrator as it is structurally identical to future operational flight models. For its very first flight, the GSLV-III launcher flew without its future upper stage cryogenic engine, still in development. Its main stage is powered by two liquid-propulsion Vikas engines, derived from Ariane's Viking. At full capacity, the new launcher will be able starting in 2017 to boost four tonnes into geostationary transfer orbit and eight tonnes to low-Earth orbit. This performance could ultimately lead to a future upgraded spacecraft with a service module able to accommodate three 'vyomanauts' (the term ISRO favoured over 'gaganauts').

Reconciling space exploration and development

India reveres its astronauts. The first in space was Rakesh Sharma, flying on a Soviet mission in 1984. Kalpana

Chawla, truly an icon for the sub-continent, lost her life in the Columbia space shuttle tragedy in 2003. And American-born astronaut Sunita Williams, whose videos of life on the International Space Station (ISS) have been seen around the world on YouTube, has maintained close ties with her father's country of origin. But despite these ambassadors adored by an entire nation, human spaceflight is not part of its space policy DNA. India initiated its space programme in the 1960s under the guidance of Vikram Sarabhai, who expressly steered away from planetary exploration and crewed missions, focusing instead on technologies to help foster the country's socio-economic development. In the decades that followed, ISRO stood out through its ability to develop mature space applications, from telecommunications and Earth observation to its navigation programme currently being deployed, and through its successful distribution of space services directly accessible to Indian citizens. The diversification undertaken with missions to the Moon

and Mars and the launch of a crew module should not be overestimated, as the human spaceflight ambitions announced in the wake of the 2008 lunar mission were put on standby after the two successive launch failures of GSLV in 2010. The latest five-year plan (2012-2017) does not include crewed spaceflight and has reduced exploration to a bare minimum, covering only the first Mars mission and preliminary studies for a second lunar mission. India's budget choices clearly favour space applications and the entry into operational service of the GSLV-II and GSLV-III launchers. The cost of the current Mars mission—€59 million over two years out of an annual budget of around €1 billion—accommodates the Sarabhai doctrine. As Dr. K. Radhakrishnan, ISRO's former Chairman, often points out, the hope the space programme gives to the nation and its impact in motivating younger generations amply justify the investment, which amounts to about one-tenth of what Indians spend on fireworks during Diwali, the traditional Hindu 'festival of lights'.

jusqu'au lancement du premier « vyomanaute ». À ce jour, seuls 19 millions d'euros ont été débloqués à titre prévisionnel pour développer et fabriquer les premières capsules (8 millions), certifier le lanceur pour les missions habitées (3,5 millions), passer des contrats externes pour certaines technologies critiques (5 millions) et effectuer des études techniques préliminaires (2,5 millions). Le lancement effectif d'un programme de vols habités requiert l'arbitrage du Premier ministre Narendra Modi sur cet engagement budgétaire majeur au regard du budget spatial du pays. Notons que l'Inde a déjà manifesté par le passé son intérêt de rejoindre le programme de Station spatiale internationale. Actuellement, l'ISRO pointe plutôt le besoin de positionner le pays comme partenaire majeur d'une future mission habitée vers Mars, qui, selon lui, serait nécessairement internationale.

La capacité d'adaptation du modèle indien aux missions habitées

Le soutien russe promis en 2008 (le module indien devant initialement consister en une adaptation de la capsule Soyouz) n'a finalement pas été apporté. Comme pour le développement de la technologie cryotechnique, l'ISRO a dû s'en remettre à elle-même, à ses fameuses méthodes astucieuses. Mais faire différemment n'implique pas d'accepter des compromis au niveau de la qualité; la fiabilité éprouvée du lanceur PSLV en témoigne. Il reste que la façon indienne, du fait notamment de sa limitation à un seul modèle de test, affiche, en théorie, un taux de risque supérieur à la production spatiale occidentale. Si la décision de financer un programme de vols habités est prise, il sera intéressant de voir comment l'ISRO fera cohabiter ses méthodes avec le niveau de gestion du risque consubstantiel à l'envoi d'êtres humains dans l'espace. Pour l'instant, la réponse indienne est on ne peut plus empirique: le lanceur sera certifié pour les missions habitées le jour où il aura effectué six vols réussis d'affilée. D'ici là, un Centre d'entraînement des



« vyomanautes » serait mis en place à proximité de l'aéroport international Kempegowda de Bangalore. Il ne formerait dans un premier temps que 4 militaires retenus parmi une présélection de 200 pilotes et devrait coûter environ 130 millions d'euros. Le troisième pas de tir de la base de Sriharikota, qui n'est pas encore construit, bénéficierait alors des adaptations de structure nécessaires aux missions habitées. Dédié à GSLV et destiné en premier lieu à pallier le renforcement de plan de charge de la base, ce nouveau pas de tir, qui sera équipé de tours rétractables, devrait être opérationnel dès 2016 pour un coût annoncé de 60 millions d'euros. À l'image du peuple indien dont la ferveur pour l'activité spatiale est sans précédent et peut-être sans équivalent dans le monde, le Premier ministre manifeste un engouement certain pour l'espace, s'affichant le plus souvent possible dans les salles de contrôle. Si le feu vert pour le programme habité finira par être donné, le moment de l'annonce sera sans aucun doute soigneusement choisi. ■

▲▲
Le jeudi 18 décembre 2014, l'Inde a réussi le vol inaugural de son lanceur lourd GSLV-III emportant la capsule habitable CARE.
Thursday 18 December 2014, India's GSLV-III heavy-lift launcher successfully completed its maiden flight carrying the CARE crew capsule.

Vyomanauts waiting for government green light

A study dating back to 2007 puts the total cost for India of human spaceflight at around €1.6 billion. According to ISRO, the costs would be spread over seven years up to the launch of the first vyomanaut. Only €19 million have been released so far to develop and build the first capsules (€8 million), human-rate the launcher (€3.5 million), outsource contracts for certain critical technologies (€5 million) and conduct preliminary engineering studies (€2.5 million). The go-ahead for a human spaceflight programme now hinges on a decision from Prime Minister Narendra Modi, but India has already shown its interest in the past in joining the ISS programme. Currently, ISRO rather advocates the need to position the country as a key partner in a future crewed mission to Mars, which he believes is bound to be international.

Adapting the Indian model to crewed missions

The support promised by Russia in 2008—India's crew module was initially to be derived from the Soyuz capsule—finally did not materialize. As with the development of cryogenic technology, ISRO ended up going it alone and applying its famously shrewd methods. But doing things differently does not mean having to compromise on quality, as the reliability of the PSLV launcher attests. However, due notably to the fact that it relies on a single test model, the Indian method theoretically comprises a greater degree of risk than western space manufacturing methods. If funding is cleared for a human spaceflight programme, it will be interesting to see how ISRO squares its methods with the level of risk management that goes with sending humans into space. For now, India's response is eminently empirical, as the launcher will be human-rated once it has achieved six consecutive

successful flights. Until then, a vyomanaut training centre is expected to be set up near Bangalore's Kempegowda international airport. Initially, it would train just four vyomanauts selected from a group of 200 military pilots and should cost around €130 million. The third launch pad at the Sriharikota launch base, yet to be built, would subsequently be adapted for crewed flights. Dedicated to GSLV and designed chiefly to accommodate the base's increased launch rate, this new pad will have retractable launch towers and is scheduled to be operational in 2016 at a cost of €60 million. Like the Indian people whose fervour for space is unprecedented and possibly unrivalled anywhere in the world, the Prime Minister is not afraid to show his enthusiasm for space and can very often be seen in the control rooms. If the human spaceflight programme eventually gets the green light, the date of the announcement will no doubt be carefully chosen. ■



USA US
 PHILIPPE HAZANE,
notre correspondant du bureau de Washington
 Washington correspondent

ÉTATS-UNIS

LE MARCHÉ DES LANCEURS DÉCOLLAGE DU PUBLIC VERS LE PRIVÉ ?



L'année 2014 a confirmé l'évolution du marché des lancements aux États-Unis, où les acteurs de la commercialisation de l'espace occupent désormais une place de plus en plus importante. Ces entreprises ont à leur tête des milliardaires issus du monde du numérique, parmi lesquels Richard Branson, fondateur de Virgin, pour Virgin Galactic, Jeff Bezos, fondateur d'Amazon, pour Blue Origin, ou Elon Musk, fondateur de Paypal, pour SpaceX. Ce dernier n'hésite d'ailleurs plus à faire concurrence aux opérateurs historiques comme Boeing et Lockheed Martin.

Ces entrepreneurs participent activement à une refonte progressive du modèle, en fournissant des prestations d'accès à l'espace pour répondre non seulement aux demandes des opérateurs commerciaux et des particuliers, mais aussi aux besoins institutionnels (NASA, NOAA, DoD), avec un fort support des agences fédérales que sont la NASA et la FAA.

Vols en orbite basse : de la mise en place à la consolidation d'un modèle de partenariat

Suite à la publication, en octobre 2009, du rapport Augustine, qui remettait en question les compétences de la NASA pour le volet vols habités, en raison des contraintes techniques et budgétaires engendrées par le vaisseau Orion et les lanceurs Ares, le président Barack Obama annonçait le 1^{er} février 2010 l'annulation du programme Constellation. Parallèlement, dans un contexte de réduction des coûts, l'administration fédérale a décidé d'ouvrir le marché aux entreprises privées pour poursuivre ses deux principales missions en orbite basse : assurer le ravitaillement et acheminer les astronautes vers la Station spa-

tiale internationale. Pour ce faire, la NASA a accordé, depuis, des centaines de millions de dollars (au travers de contrats en gré à gré) à plusieurs entreprises, dans le cadre de ses programmes COTS (*Commercial Orbital Transportation Services*) ou CCDeV (*Commercial Crew Development*), en vue du développement de vaisseaux-cargos ou de capsules habitées. Première réussite de la nouvelle stratégie choisie par la NASA, le programme COTS a ouvert la voie en sélectionnant respectivement en 2006 et 2008 deux duos de lanceurs (Falcon 9-Dragon, de SpaceX, et Antares-Cygnus, d'Orbital Sciences Corporation). De la même façon, entre 2010 et 2014, les trois premières phases du programme CCDeV se sont succédé en faisant intervenir plusieurs entreprises dont Blue Origin, avec son système LES (*Launch Escape System*), Sierra Nevada Corporation, avec son vaisseau Dream Chaser, ainsi que SpaceX et Boeing, qui ont développé respectivement les capsules Dragon et CST-100.

Le 16 septembre 2014, l'opérateur historique Boeing et la firme en pleine expansion SpaceX étaient tous deux sélectionnés par la NASA, dans le cadre du contrat CCtCap (*Commercial Crew Transportation Capability*), d'une valeur de 6,8 milliards de dollars, pour amorcer la phase finale du programme CCDeV. Cette phase prévoit la délivrance de l'ensemble des prestations de lancement dès 2017 depuis

le site institutionnel du *Kennedy Space Center*, en Floride, avec Dragon sur Falcon Heavy pour SpaceX et CST-100 sur Atlas V pour Boeing. Dans un contexte de tensions géopolitiques avec la Russie, où chaque siège à bord du vaisseau Soyuz coûte environ 70 millions de dollars à la NASA, cette dernière a plus que jamais besoin de l'implication de ses partenaires privés du *Commercial Space* pour assurer la pérennité de ses missions habitées en orbite

La capsule Dragon en approche de la Station spatiale internationale le 23 septembre 2014. The Dragon capsule approaches the International Space Station on 23 September 2014. ▼▼



LAUNCH SERVICES

Commercial space model gaining traction

2014 confirmed the emergence in the United States of a growing band of commercial space launch companies, headed by billionaires such as Virgin founder Richard Branson at Virgin Galactic, Amazon founder Jeff Bezos at Blue Origin and PayPal founder Elon Musk at SpaceX. The latter is now even seriously challenging legacy operators like Boeing and Lockheed Martin.

These entrepreneurs are actively driving a gradual paradigm shift in access to space, catering not only to commercial operators and private individuals but also to institutional needs (NASA, NOAA, DoD), with strong support from NASA and the Federal Aviation Administration (FAA).

Low-Earth orbit: consolidating the partnership model

Following the release in October 2009 of the Augustine Commission's report that cast in doubt NASA's ability to pursue its human spaceflight work due to the engineering and budgetary constraints of the Orion spacecraft and Ares launchers, President Barack Obama announced on 1 February 2010 the cancellation of the Constellation programme. At the same time, with an eye on reducing costs, the administration decided to open up the low-Earth orbit market to private corporations for commercial cargo and crew transport to the International Space Station (ISS). To this end, NASA has since awarded contracts

worth hundreds of millions of dollars to several corporations under its COTS (Commercial Orbital Transportation Services) and CCDeV (Commercial Crew Development) programmes, with a view to developing cargo spacecraft and crew capsules. COTS led the way, selecting in 2006 and 2008 two launcher/capsule duos, Falcon 9/Dragon from SpaceX and Antares/Cygnus from Orbital Sciences Corporation. Likewise, between 2010 and 2014 the first three phases of the CCDeV programme gave funding to four different companies: Blue Origin with its LES (Launch Escape System), Sierra Nevada Corporation with its Dream Chaser spacecraft, and SpaceX and Boeing, who developed their Dragon and CST-100 capsules. On 16 September 2014, NASA selected the historic operator Boeing and new entrant SpaceX to receive funding worth €6.8 billion under its CCtCap (Commercial Crew Transportation Capability) contract to prime the final phase of the CCDeV programme. This phase is scheduled to deliver all launch services starting in 2017 from the Kennedy Space Center in Florida, with Dragon on a Falcon Heavy launcher for SpaceX and with CST-100 on an Atlas V for Boeing. At a time of geopolitical tension with Russia and with each Soyuz crew seat costing NASA some \$70 million, the U.S. agency needs its commercial space partners more than ever before to sustain crewed missions to low-Earth orbit. Riding on the momentum that NASA has created, private companies—legacy operators and start-ups alike—now seem minded to push on even further.

Towards private-private partnerships for military launches

While the historic operator United Launch Alliance (ULA)—the joint venture of Boeing and Lockheed Martin—had taken delivery of a new pair of RD-180 engines last August at the height of the Ukrainian crisis for the first stage of its Atlas V launcher, the U.S. Air Force (USAF) issued a call for projects to design an all-U.S. engine. USAF wants to be able to use such an engine as early as 2017, to replace the RD-180 manufactured by Russian firm NPO Energomash that currently equips the Atlas V, for U.S. military satellite launches. Taking advantage of the boost to commercial space business provided by COTS and CCDeV, Blue Origin and SpaceX both responded to this. Alongside this shift in the market, legacy operators are no longer averse to working with the new entrepreneurs to anticipate government orders. For example, on 17 September 2014 ULA chose to partner with Blue Origin to develop the latter's new liquid-propulsion BE-4 engine. By investing in a new engine developed rapidly and at lower cost by Blue Origin to be ready in 2016, employing the structure and processes of a start-up, ULA hopes to preserve its interests in the launch services market. Indeed, while it currently holds a monopoly on USAF launches into medium-Earth and geostationary orbits with its Atlas V and Delta IV vehicles, ULA could be knocked off its perch by SpaceX, which offers a cheaper service. ■



◀◀ Préparatifs de lancement à cap Canaveral. Preparing for launch at Cape Canaveral.

basse. Portées par la dynamique impulsée par l'Agence spatiale américaine, les entreprises privées, opérateurs historiques comme simples start-up, semblent aujourd'hui décidées à aller au-delà.

Vers l'émergence de partenariats privé-privé pour les lancements institutionnels de la Défense

Alors qu'en août dernier, dans le contexte de la crise ukrainienne, l'opérateur historique United Launch Alliance, issu de la joint-venture entre Boeing et Lockheed Martin, avait reçu une nouvelle paire de moteurs RD-180 pour équiper le premier étage de sa fusée Atlas V, l'US Air Force a émis un appel à projets pour la conception d'un moteur « made in USA ». En effet, l'Air Force souhaiterait utiliser ce nouveau moteur, à compter de 2017, en remplacement de celui du fabricant russe NPO Energomash, qui équipe actuellement les lanceurs Atlas V dans le cadre des lancements de satellites de défense américains. Forts de l'élan de la commercialisation des activités spatiales permis par les programmes COTS et CCDeV, Blue Origin et SpaceX ont répondu présents à cet appel.

Parallèlement à cette évolution du marché, les opérateurs historiques n'hésitent plus à travailler avec ces nouveaux entrepreneurs pour proposer leurs services en anticipant les commandes du gouvernement. Le 17 septembre 2014, ULA a ainsi choisi de s'allier avec Blue Origin pour développer un nouveau moteur à propulsion liquide : le BE-4. En investissant dans un nouveau moteur développé à moindre coût et rapidement (au travers d'une structure et d'une méthodologie de start-up) par Blue Origin d'ici à 2016, ULA espère préserver ses intérêts sur le marché des lancements. En effet, actuellement en situation de monopole grâce à ses deux lanceurs Atlas V et Delta IV, opérationnels pour les lancements de l'US Air Force en orbites moyennes et géostationnaires, ULA pourrait perdre la première place au profit du nouvel entrant SpaceX, qui propose des prestations à des coûts inférieurs. ■

CHINE ENGAGEMENT DE SVOM

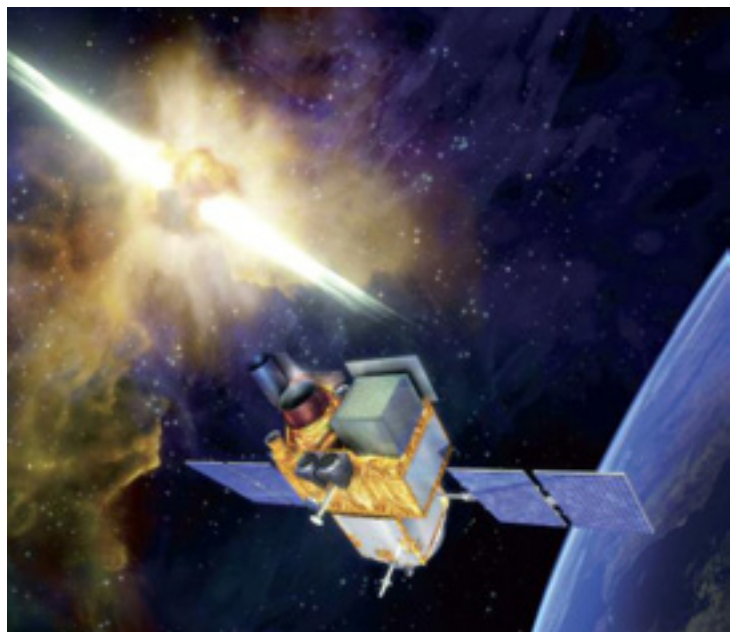
Le CNSA¹, l'Agence spatiale chinoise, et le CNES ont fait de l'observation détaillée des sursauts gamma et X un centre d'intérêt commun. Mission d'astrophysique, Svom va caractériser ces phénomènes, les plus violents de l'Univers après le big bang. Un accord signé en août 2014 engage les deux partenaires dans la phase de définition préliminaire. D'ici deux ans, les solutions technologiques optimales devraient être retenues. Le protocole d'accord précise le périmètre d'intervention des partenaires. La mission, le satellite et la plateforme sont sous responsabilité chinoise. Le CNES va assurer la maîtrise d'ouvrage de la contribution française. Il fournira avec les laboratoires associés une caméra X et gamma (ECLAIRS) et un télescope à rayons X de basse énergie (MXT, France) ainsi que des éléments du segment sol. La mise en orbite de Svom est prévue en 2021, par un lanceur chinois.

¹ China National Space Administration.

Accord with China on SVOM

CNSA¹ and CNES share the objective of closely observing gamma-ray and X-ray bursts, the highest-energy phenomena in the Universe after the Big Bang. The SVOM astrophysics mission is setting out to characterize them. An agreement signed in August 2014 commits the two partners to engaging the preliminary definition phase and optimal technology solutions are to be selected within the next two years. Under the agreement, China will be responsible for the mission, satellite and bus. CNES will oversee the French contribution, supplying with partner laboratories an X-ray and gamma-ray camera (ECLAIRS) and a low-energy X-ray camera (MXT), as well as the French elements of the ground segment. SVOM is scheduled to be orbited atop a Chinese launcher in 2021.

¹ China National Space Administration



▶▶ Satellite Svom dédié à l'étude des sursauts gamma. SVOM gamma-ray burst satellite.

ISRAËL LIVRAISON DE LA CAMÉRA VENUS



Mission scientifique d'observation de la Terre, Venus¹ concrétise une première collaboration entre Israël et la France dans ce domaine. La mission fournira des mesures optiques à haute résolution spatiale et temporelle au-dessus des surfaces continentales pour suivre, analyser et modéliser le fonctionnement des écosystèmes. Elle s'inscrit dans le cadre du programme européen Copernicus (ex-GMES). Pour remplir cet objectif, Venus acquerra tous les deux jours des images haute résolution et superspectrales de sites prédéfinis. Signé en 2005, l'accord de coopération entre les deux pays a déterminé le périmètre d'intervention de chacun. Le CNES est responsable du centre de mission scientifique et de la fourniture de la caméra superspectrale. L'instrument a été livré à l'Agence spatiale israélienne début novembre. Le lancement du satellite est prévu en 2016 sur le lanceur européen Vega. La fenêtre de tir devrait être précisée en février 2015.

¹ *Vegetation and Environment Monitoring on a New Micro-Satellite.*

Camera delivered to Israel for VENUS

The VENUS¹ science mission is the first collaboration between Israel and France in the field of Earth observation. VENUS will deliver high-resolution optical data of land surfaces to monitor, analyse and model how ecosystems work, as part of the European Copernicus (formerly GMES) programme. To this end, it will acquire high-resolution and superspectral imagery of selected points of interest around the globe every two days. Under the cooperation agreement signed by France and Israel in 2005, CNES is responsible for the science mission centre and for the supply of the superspectral camera, which was delivered to the Israel Space Agency (ISA) early in November. The satellite is scheduled to be orbited in 2016 atop the European Vega launcher. The launch window is expected to be announced in February.

¹ *Vegetation and Environment monitoring on a New Micro-Satellite*



Fournie par le CNES, la caméra superspectrale est caractérisée par 12 bandes spectrales étroites. Leurs positions ont été choisies pour caractériser l'état de la végétation et estimer l'épaisseur optique des aérosols ainsi que le contenu en vapeur d'eau de l'atmosphère. Elles pourront aussi s'avérer utiles pour les études des zones côtières et des plans d'eau continentaux. Les données seront acquises sur des sites expérimentaux existants ou planifiés, dont la taille varie de 27 x 27 km² à 27 x 54 km² ou plus.

The superspectral camera supplied by CNES has 12 narrow spectral bands chosen to characterize vegetation growth status and estimate aerosol optical thickness as well as atmospheric water vapour. These bands could also prove useful for studying coastal areas and inland water bodies. Data will be acquired from existing or tasked test sites covering 27 x 27 km² to 27 x 54 km² or larger.

CHILI UNE COLLABORATION ÉTENDUE

En 2011, le satellite chilien SSOT¹ faisait lancement commun avec Pléiades. Doté d'une station de réception située à Santiago, ce microsattellite est entièrement mis en œuvre par du personnel chilien formé à Toulouse selon l'accord de coopération signé en 2002. En visite au Centre spatial de Toulouse, Jorge Burgos, ministre de la Défense du Chili, confirmait à Jean-Yves Le Gall, président du CNES, son intention de renforcer cette coopération. D'une part, SSOT pourrait connaître une suite en 2015. D'autre part, le Chili devrait se doter d'une nouvelle station terrestre adaptée au futur système Meosar, version modernisée de Cospas-Sarsat.

¹ *Sistema Satelital para Observación de la Tierra.*

Collaboration extended with Chile

In 2011, Chile's SSOT¹ satellite was launched with the Pleiades satellite. With a receiving station in Santiago, this microsattellite is fully operated by Chilean personnel trained in Toulouse under a cooperation agreement signed in 2002. Visiting the Toulouse Space Centre, Chile's Minister for Defence Jorge Burgos confirmed to CNES President Jean-Yves Le Gall his intention to step up cooperation. A follow-on to SSOT could be engaged this year and Chile is also expected to acquire a new ground station ready to accommodate the future MEOSAR system set to upgrade Cospas-Sarsat.

¹ *Sistema Satelital para Observación de la Tierra (système spatial dédié à l'observation de la Terre).*



COMMISSION JUNCKER

GENEVIÈVE GARGIR, CNES et / and DONATO GIORGI

L'ESPACE À LA DG CROISSANCE

Présidée par Jean-Claude Juncker, la nouvelle Commission européenne a pris ses fonctions le 1^{er} novembre 2014. L'espace dépendra essentiellement de la commissaire Elzbieta Bienkowska au Marché intérieur, Industrie, Entreprises et PME. Elle s'appuiera sur la DG Croissance (*DG Growth*), fusion des anciennes directions Entreprises et Marché intérieur, et sur le vice-président Maros Sefcovic, à l'Union de l'énergie.

Pour la première fois, le président de la Commission européenne est issu d'un accord entre les forces politiques majoritaires au Parlement européen. Ce processus, nullement prévu par le traité de Lisbonne, a obtenu l'adhésion du Conseil européen, à qui seul revient le droit de désigner le président. Afin de marquer une rupture avec le passé, ce dernier a souhaité organiser son collège autour de sept vice-présidents, dont un en charge de questions transversales et les six autres en phase avec les objectifs stratégiques de la Commission (à savoir l'Europe dans le monde, budget et ressources, le marché unique numérique, l'Union de l'énergie et la politique de changement climatique, emploi-croissance-investissement-compétitivité, l'Union économique et monétaire et le dialogue social). Vingt commissaires participent à un ou plusieurs de ces projets, coordonnés par un vice-président.

L'espace et la nouvelle organisation de la Commission

Les lettres de mission adressées aux commissaires et vice-présidents définissent objectifs et responsabilités. Deux lettres de mission traitent explicitement d'espace. Celle adressée à la commissaire Elzbieta Bienkowska (en charge du Marché intérieur, Industrie, Entreprises et PME) met l'accent sur le secteur hautement stratégique de l'espace, sa dimension internationale ainsi que le fort potentiel de son industrie. Un secteur qui permet à l'Europe de relever des défis sociétaux et de développer des nouvelles technologies et des services. Il reste maintenant à créer les conditions pour que l'industrie européenne soit compétitive au niveau mondial et établisse un réel marché intérieur pour des services innovants. Il convient d'établir un cadre réglementaire stable et cohérent pour les services et le développement des

ANNE THIESER, CNES

applications spatiales en Europe, voire d'exploiter le marché intérieur et son potentiel en matière de création d'emplois. Il faut mettre en place les conditions pour le développement du marché des applications et services spatiaux, incluant l'exploitation des données spatiales issues des missions scientifiques et des applications commerciales. Pour atteindre ces objectifs, la commissaire s'appuiera sur la DG Growth (DG Croissance, résultat de la fusion des anciennes DG Entreprises et DG Marché intérieur), dont Daniel Calleja est le directeur général. Les activités liées à l'espace restent au sein des structures existantes de l'ancienne DG Entreprises. L'organigramme de la DG Croissance prévoit d'ailleurs le maintien du poste de DGA Espace.

La lettre adressée au vice-président Maros Sefcovic, en charge de l'Union de l'énergie, se limite quant à elle à la coordination des politiques stratégiques dans les domaines des transports et de l'espace, là où cela s'avère nécessaire pour contribuer à l'objectif d'une Union de l'énergie résiliente, avec une politique sur le changement climatique tournée vers l'avenir. Toutefois, il assumera un rôle de coordination de la politique spatiale européenne en renforçant le rôle du spatial au sein du collège des commissaires, compte tenu de la structuration de la Commission Juncker. ■

JUNCKER COMMISSION

Space moves to DG Growth

The new European Commission headed by Jean-Claude Juncker took office on 1 November 2014. Space will come chiefly under the remit of Elzbieta Bienkowska, Commissioner for the Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs—working with the DG Growth formed from the merger of the former DG Enterprise and DG Internal Market—and of Maros Sefcovic, Vice-President of the Commission responsible for Energy Union.

For the first time, the President of the European Commission was chosen by a consensus of the majority political forces in the European Parliament. Although not provided for in the Treaty of Lisbon, this process gained the assent of the EU Council, which alone appoints the president. To break with the past, the new president decided to form his College around seven Vice-Presidents, one in charge of inter-institutional affairs and the six others aligned with the Commission's strategic goals (Foreign Affairs and Security; Budget and Human Resources; Digital Single Market; Energy Union; Jobs, Growth, Investment and Competitiveness; and Euro and Social Dialogue). Twenty Commissioners will be working on one or more of these projects, each coordinated by a Vice-President.

Space in the new Commission organization

The Commissioners' and Vice-Presidents' goals and responsibilities are set out in 'mission letters'. Two of

these explicitly cover space. Elzbieta Bienkowska's focuses on the highly strategic space sector, its international dimension and the strong potential of its industry. Space is seen as a means for Europe to meet social challenges and develop new technologies and services. It now remains to create the necessary conditions to keep European industry competitive in global markets and establish a genuine internal market for innovative services. A stable and coherent regulatory framework will also be required for services and development of space applications in Europe, while exploiting the full potential of the internal market to create jobs. And the right environment must be established to develop the space applications and services market, including exploitation of satellite data from science missions and

commercial applications. To reach these goals, the Commissioner will be working with the DG Growth, which combines the former DG Enterprise and DG Internal market and is headed by Daniel Calleja. Space activities will stay under the remit of the existing structures of the former DG Enterprise, and the new DG Growth will retain the post of Deputy Director General, Space. The mission letter for Maros Sefcovic, Vice-President responsible for Energy Union, confines itself to coordination of strategic policies for transport and space where necessary to contribute to the goal of achieving a resilient Energy Union and a forward-looking climate change policy. However, he will also be coordinating European space policy and strengthening the role of space within the College of commissioners. ■

SUÈDE VISITE ROYALE À TOULOUSE



Lors de leur visite d'État en France, le roi de Suède Charles XVI Gustave et la reine Silvia ont visité le Centre spatial de Toulouse, où ils ont été reçus par Jean-Yves Le Gall, président du CNES, et Marc Pircher, directeur du CST. Les souverains ont parcouru certaines installations où leur ont été présentées les activités du SONC (*Science Operations and Navigation Centre*), mis à l'honneur lors de l'atterrissage de Philae sur la comète Churyumov-Gerasimenko, ainsi que celles du Fimoc (*French Instruments Mars Operations Centre*), qui met en œuvre les deux instruments français à bord du rover martien Curiosity. Ils ont également pu observer des clichés pris par les satellites Pléiades, programme auquel la Suède participe. Cette visite a permis de rappeler l'excellente relation qui existe de longue date avec l'Agence spatiale suédoise (*Swedish National Space Board*) dans de nombreux domaines. Cette coopération s'est étoffée cette année par le lancement au 1^{er} semestre 2015, depuis la base d'Esrange, d'une fusée expérimentale étudiante (projet SERA-1) avec à son bord une charge utile développée par les étudiants de l'université de Lulea. Le lancement, début 2015, d'une fusée-sonde (projet Cryofenix), depuis Esrange, doit venir compléter cette coopération déjà riche en projets bilatéraux.

Swedish royal visit to Toulouse

During their state visit to France, King Carl XVI Gustaf and Queen Silvia of Sweden visited the Toulouse Space Centre (CST), where they were welcomed by CNES President Jean-Yves Le Gall and Marc Pircher, Director of the CST. Their majesties were given a presentation of the activities at the Science Operations and Navigation Centre (SONC), which played a crucial role during the landing of Philae on comet Churyumov-Gerasimenko, and at the French Instruments Mars Operations Centre (FIMOC), which operates the two French instruments on the Curiosity Mars rover. Their majesties were then shown a series of pictures from the Pleiades satellites to which Sweden has contributed. The visit provided pause to recall CNES's close and longstanding ties with the Swedish National Space Board (SNSB) in many areas. Cooperation is being stepped up this year with the launch from the Esrange base of an experimental student rocket for the SERA-1 project, carrying a payload developed at the Lulea University of Technology (LTU). The launch early this year of a sounding rocket for the Cryofenix project, also from Esrange, will add to the long list of bilateral cooperation projects.

Conseil compétitivité DU NOUVEAU CÔTÉ ESPACE

Le 5 décembre à Bruxelles, le débat du Conseil compétitivité a porté essentiellement sur l'industrie spatiale européenne. Une nouvelle résolution de politique spatiale a également été adoptée.

La présidence italienne a sollicité un échange de vues entre ministres sur la compétitivité de l'industrie spatiale européenne. Le sujet n'est pas nouveau et avait fait l'objet d'une communication de la Commission, en février 2013, relative à la politique industrielle spatiale de l'UE, et d'une résolution du Conseil compétitivité, en mai 2013. Cet échange a été l'occasion pour la nouvelle commissaire en charge de l'Espace, Elzbieta Bienkowska, de présenter ses priorités pour la politique spatiale, qui prévoient, au-delà de la poursuite de la mise en œuvre des programmes spatiaux de l'Union (Galileo et Copernicus), de mettre l'accent sur la non-dépendance technologique de l'Europe (notamment dans le développement des technologies critiques), sur les lanceurs et sur l'amélioration de la gouvernance. Les ministres ont confirmé comme objectif unanime le développement du secteur aval et du marché des applications utilisant les données et les infrastructures spatiales.

Les autorités françaises ont rappelé que la compétitivité de l'industrie spatiale nécessite, d'une part, d'avoir un niveau d'indépendance technologique adéquat et, d'autre part, de créer de réelles conditions équitables de concurrence avec les compétiteurs internationaux. Pour ce faire, deux mesures concrètes devraient être mises en œuvre: le développement d'une filière européenne durable de composants critiques et la concrétisation d'un marché institutionnel européen sur le long terme pour l'industrie spatiale basé sur le principe de préférence européenne et/ou la mise en œuvre d'approches innovantes, particulièrement pour les lanceurs européens.

Les ministres ont également adopté une nouvelle résolution qui s'inscrit dans la continuité des résolutions adoptées sous présidence allemande (2007) et française (2008), tout en visant à créer les bases pour une révision de la politique spatiale européenne et une vision à long terme partagée entre l'UE, l'ESA et les États membres. Le rapprochement entre l'UE et l'ESA y est évoqué, mais seul le scénario de rapprochement basé sur l'accord-cadre (scénario du « statu quo ») a recueilli un large soutien. Parmi les nouvelles priorités proposées par l'Italie figurent les télécommunications à finalités duales (Govsatcom) et les drones (*Remotely Piloted Aircraft Systems*, RPAS). Avec une avancée par rapport au passé: les lanceurs sont indiqués comme exemple de « systèmes critiques » pour lesquels la Commission est invitée à explorer avec les États membres et l'ESA les possibilités d'un marché institutionnel durable. Cela pourrait passer par l'application du principe de préférence européenne et/ou du principe d'achats groupés entre plusieurs pays. ■

COMPETITIVENESS COUNCIL

New ground for space

The Competitiveness Council meeting in Brussels on 5 December focused chiefly on Europe's space industry. A new space policy resolution was also adopted. The Italian EU presidency asked ministers for their views on the competitiveness of Europe's space industry, a topic previously covered by a communication of the European Commission in February 2013 on EU space industry policy and a resolution of the Competitiveness Council in May 2013.

Discussions gave Elzbieta Bienkowska, the new Commissioner with responsibility for space, the opportunity to present her space policy priorities. Besides pursuing deployment of the EU's Galileo and Copernicus programmes, they are focused on technological non-dependence for Europe (notably in developing critical technologies), launchers and better governance. Ministers were unanimous in adopting the goal of developing the downstream sector and the applications market reliant on satellite data and space infrastructures.

The French government underlined that keeping the space industry competitive requires a sufficient level of technological independence and the conditions to ensure a genuinely level playing field with international competitors. To this end, two concrete measures should be implemented: the development of sustainable European sourcing of critical components and the establishment of a long-term European institutional market for the space industry, based on the principle of European preference and/or the application of innovative approaches especially for European launchers.

Ministers also adopted a new resolution that follows on from those adopted under the German (2007) and French (2008) EU presidencies, while seeking to lay the foundations for a revised European Space Policy (ESP) and a long-term vision shared by the EU, ESA and member states. The resolution alludes to closer ties between the EU and ESA, but only the 'status quo' scenario of a closer relationship based on the framework agreement obtained broad support. New priorities proposed by Italy include dual-use telecommunications (GOVSATCOM) and remotely piloted aircraft systems (RPAS). Marking a step forward from the past, launchers are cited as an example of 'critical systems' for which the Commission is invited to explore with member states and ESA how to establish a sustainable institutional market. This could be achieved by applying the principle of European preference and/or sharing procurement between nations. ■

www.
cnes.fr/
webmag

CHINE Plus d'infos sur la mission SVOM d'observation des sursauts gamma de l'Univers.

China: All about the SVOM mission to observe gamma-ray bursts.

ISRAËL Plus d'infos sur la mission d'étude de l'environnement terrestre Venüs. Israel: All about the VENUS mission to study Earth's environment.



CENTRE STAGE

SIDÉRATION FESTIVAL

A more utopian world

From Thursday 19 to Sunday 22 March, CNES headquarters in Paris will again host the Sidération festival of space imaginations, created by the Observatoire de l'Espace, CNES's art and science laboratory. The theme for this fifth edition is "Dreams, revolts, revolutions..." The festival promises a place of cultural experimentation, immersing artists and visitors in the space revolution of the 20th century. Why leave space to the scientists and metaphysicians? Its perpetual darkness is interwoven with the stuff of dreams and, as ideas spread, the stuff of revolts and revolutions. The theme is inspired by the work of historical artists, such as the painter Kazimir Malevich or jazz musician Sun Ra, with his 'Arkestra'. It calls on such figureheads as philosophers Emmanuel Levinas and Edmund Husserl, space-art pioneer Frank Malina and film director Artavazd Peleshyan. It also reflects those paradigm shifts in the space adventure, when space offers the chance to revolt against the status quo, like the exhibition on interplanetary travel mounted by the Muscovite anarchists in the 1920s. Musical and theatrical improvisation, film screenings, participative performances, cine-concerts and Dadaist cabaret are just some of the contemporary resonances on the roster in the main festival hall. At the same time, the 'space inn' will host a permanent programme of performances, multimedia installations, art-house films, photographs, pictorial works, meditations and spoken, written and screened stories, inviting visitors to the far edges of space-inspired imaginings. Sidération 2015 will seek to show that space is the place for exploring change, the transition from one state to another, whether real or imaginary.



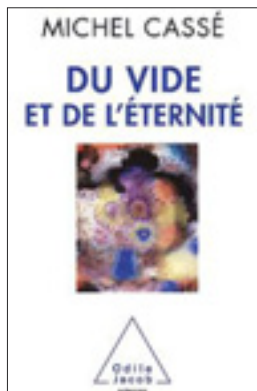
Festival Sidération
GRANDE TABLE DE L'UTOPIE

Du jeudi 19 mars au dimanche 22 mars 2015, le siège du CNES à Paris accueillera à nouveau Sidération, le festival des imaginaires spatiaux créé par l'Observatoire de l'espace, le laboratoire arts-sciences du CNES, sur le thème de « Rêves, révoltes, révolutions... ». Pour cette cinquième édition, le festival se propose d'être un lieu d'expérimentation culturelle qui plonge publics et artistes au cœur de la révolution spatiale opérée au XX^e siècle. Il offrira le panorama le plus large sur l'espace. Musique, danse, cinéma, théâtre, arts visuels, littérature, philosophie sont conviés à cette grande table de l'utopie. En effet, pourquoi laisser l'espace aux seuls scientifiques et métaphysiciens ? Sa nuit perpétuelle est aussi tissée de l'étoffe dont sont faits nos rêves, et, de proche en proche, nos révoltes et nos révolutions. Le thème de cette nouvelle édition puise sa source dans le travail d'artistes historiques tel le peintre Casimir Malevitch ou le musicien de jazz Sun Ra et son Arkestra. Il convoque les figures tutélaires des philosophes Emmanuel Levinas et Edmund Husserl, du fondateur du Space-Art, Franck Malina, ou encore du cinéaste Artavazd Pelechian. Il s'est nourri également des moments paradigmatiques de l'aventure spatiale dès lors que l'espace incarne aussi une possibilité de révolte contre la norme sociale, comme lors de l'exposition sur les voyages interplanétaires que des anarchistes moscovites organisent dans les années 1920. Improvisations musicales et théâtrales, films, performances participatives, ciné-concert, cabaret dadaïste sont quelques exemples des multiples résonances contemporaines qui seront présentées dans la grande salle du festival. Parallèlement, le caravansérail de l'espace déploiera un programme permanent de performances, installations multimédias, films d'artistes, photographies, œuvres picturales, méditations, récits parlés, lus, projetés, qui entraînera le public à l'avant-poste de l'imaginaire spatial. Durant cette nouvelle édition de Sidération, chacun pourra percevoir que, décidément, l'espace est un champ privilégié d'exploration du changement, du passage d'un état à un autre, réel ou imaginaire.

Retour sur le festival organisé par l'Observatoire de l'espace du CNES en 2014.
Read about the events at last year's festival organized by CNES's Observatoire de l'Espace.

LECTURES

BOOKS



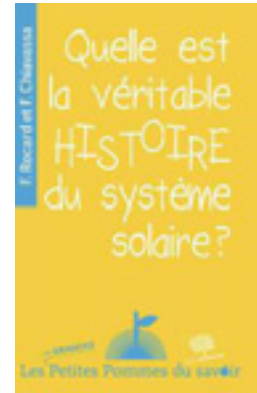
Du vide et de l'éternité – Michel Cassé, éditions Odile Jacob, Paris, 2014, 283 pages, 25,90 € / by Michel Cassé – Published by Odile Jacob – Paris – 2014 – 283 pages – €25.90



Voyage au cœur de l'infini – Sophie Fromager et Patricia Laporte, CNRS éditions, coll. « Biblis », 215 pages, 8 € / by Sophie Fromager and Patricia Laporte – Published by CNRS Éditions – Biblis collection – 215 pages – €8



Dans les secrets du ciel – Rencontres avec des savants remarquables – Mathieu Vidard, Paris, 2014, éditions Grasset, 275 pages, 19 € / by Mathieu Vidard – Published by Grasset – Paris – 2014 – 275 pages – €19



Quelle est la véritable histoire du Système solaire ? – Francis Rocard et Florence Chiaavassa, éditions Le Pommier, coll. « Les petites pommes du savoir », Paris, 128 pages, 7,90 € / by Francis Rocard and Florence Chiaavassa – Published by Le Pommier – Les petites pommes du savoir collection – Paris – 128 pages – €7.90

Particules élémentaires

Gravité quantique, super-symétrie, univers multiples : la cosmologie et la physique quantique nous donnent aujourd'hui de l'Univers une image stupéfiante, à même de défier l'imagination la plus délirante. Conjuguant la puissance de la science et le souffle de la poésie, l'astrophysicien Michel Cassé parvient à nous rendre intelligibles les concepts les plus abstraits et les théories les plus ardues. Quand le vide quantique, sous la plume de l'auteur, fleurit en particules élémentaires puis, en un clin d'œil cosmique (l'inflation), se déploie en stupéfiants « plurivers », la physique et la cosmologie s'éclairent du bonheur de l'écriture. Une écriture qui restera, malgré de louables efforts de limpidité, plus accessible au lecteur averti qu'au simple profane. Michel Cassé a été directeur de recherche au Commissariat à l'énergie atomique.

Elementary particles

Quantum gravity, supersymmetry and the multiverse—cosmology and quantum physics today are giving us astounding new ways of understanding the cosmos, defying the wildest of imaginations. Combining science and poetry, astrophysicist Michel Cassé explains the most abstract concepts and complex theories in simple terms. When the vacuum state bursts into elementary particles, then in the blink of a cosmic eye (inflation) unfurls into a staggering array of pluriverses, physics and cosmology are lit up with the joy of writing. This is a book more suited to informed readers than the layperson. Michel Cassé is Director of Research at CEA, the French atomic energy and alternative energies commission.

Raconter l'infini

Insondable ou microscopique, abyssal ou infime, incommensurable ou imperceptible, mais toujours paradoxal, l'infini nous attire et nous dépasse. De l'Antiquité à nos jours, cette notion impensable n'a cessé d'interroger l'humanité. Le livre raconte l'histoire de cette épopée de l'intelligence. Quels sont les grands épisodes de cette conquête ? Comment la physique, en franchissant les confins de l'Univers, s'affranchit-elle des bornes de la connaissance ? De Démocrite à Einstein, de la physique stoïcienne à la physique quantique, des lunettes aux télescopes, en passant par les scolastiques, Galilée, Newton, Hubble, voici le plus extrême des voyages à l'un et l'autre bout du cosmos. Ces réflexions ont été menées par Sophie Fromager et Patricia Laporte, philosophes de formation, spécialisées dans la transmission des savoirs.

Interpreting infinity

Unfathomably immense or microscopic, massive or minute, immeasurable or imperceptible, but always paradoxical, the infinite attracts us and escapes us. From time immemorial to today, the concept has never ceased to perplex us. This book tells the story of this epic of the intellect. What milestones marked the way to our present understanding? And as physics extends to the far reaches of space and beyond, will the human mind be able to keep up? From Democritus to Einstein, Stoic physics to quantum mechanics, eyeglasses to telescopes, via the scholastics, Galileo, Newton and Hubble, readers are invited on an extreme voyage from one end of the cosmos to the other.

Invitation au voyage

Dans son émission scientifique « La Tête au carré » diffusée sur France Inter, Mathieu Vidard n'a pas son pareil pour captiver l'attention de ses auditeurs. La passion qui l'anime se retrouve intacte dans l'ouvrage dont il est l'auteur. C'est avec un émerveillement partagé qu'on le suit à la trace sur les lieux stratégiques de l'astronomie. Fasciné par certains personnages, il nous invite à les rencontrer. Hubert Reeves, André Brahic, Francis Rocard, Trinh Xuan Thuan, Claudie Haigneré nous révèlent leur vision du ciel tout en nous initiant aux questions cruciales qui font l'actualité. C'est une invitation au voyage très personnelle à laquelle le lecteur succombe très volontiers. Un voyage où l'homme se s'éblouit devant la complexité du monde sans jamais renier ce qui fait sa force et sa faiblesse.

A star-studded journey

Best known for his daily science show *La Tête au carré* on France Inter radio, Mathieu Vidard has no equal when it comes to captivating his audience. His infectious enthusiasm and sense of wonder are no less evident in his new book, which invites us to meet some of the most fascinating figures in the world of astronomy. Hubert Reeves, André Brahic, Francis Rocard, Trinh Xuan Thuan and Claudie Haigneré share their vision of the skies and talk about the key questions they are seeking to answer today. For the author, this is a personal journey, which readers will find compelling—a journey where even the experts are dazzled by the complexity of our world, while reflecting on its strength and weakness.

Comprendre les planètes

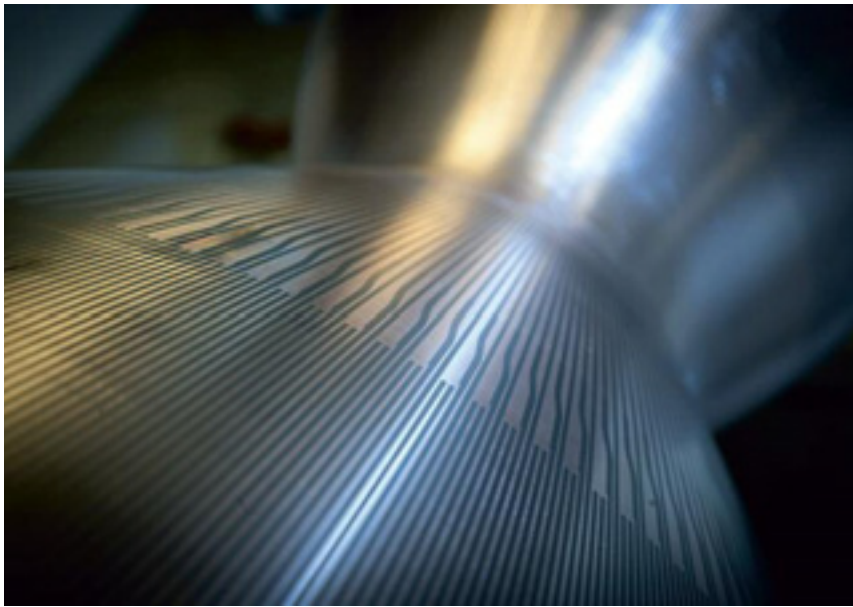
Roquer la pomme, celle du savoir, tel est l'objectif de cette très agréable collection à la cible ambitieuse. Accessible aux néophytes passionnés de sciences, ce numéro consacré au Système solaire est aussi plaisant à lire par la modestie de son format, sa conception, que la clarté de ses explications. Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune : comment ces planètes aux noms familiers peuvent-elles être issues d'infimes poussières interstellaires ? Ont-elles toujours évolué dans cet ordre ? N'ont-elles pas changé de place à la faveur de quelques grands coups de billard cosmique ? De fait, en quoi les résultats des recherches récentes révolutionnent-ils la vision que les astronomes avaient jusqu'à il y a peu de notre Système solaire ?

The planets explained

This attractive collection invites anyone interested in science to “bite into the apple of knowledge”. The title on the solar system is a nice read, with its modest format, neat design and clear explanations. Mercury, Venus, Earth, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus and Neptune—did these planets with their familiar names really come from tiny grains of interstellar dust? Have they always orbited in this order? Have they never changed place, like a giant game of cosmic billiards? And how has latest research changed the way astronomers view our solar system?



Notre librairie en ligne.
See CNES's on-line bookstore.



Album en préparation

ARIANE, L'ART DES LANCEURS

Élever le lanceur Ariane au rang d'objet d'art, telle est l'initiative lancée par Michel Eymard, directeur des Lanceurs au CNES, et qui réunit des artistes autour d'un album, *Ariane, l'art des lanceurs*. Au-delà d'un formidable succès industriel, Ariane est le fruit d'une coopération extraordinaire entre des cultures et des savoir-faire aussi divers que multiples. La part considérable de haute technologie dans cette réalisation n'échappe à personne. En revanche, a-t-on conscience de ce que le lanceur doit au travail à la main, aux pièces faites à l'unité ? Enfilage de fils, ponçage, couches de peinture, d'huiles, de vernis, contrôles, mesures, toutes ces micro-tâches qui prennent du temps, des nuits, des week-ends parfois. La patience et le souci de la perfection donnent naissance à des objets dont l'aspect utilitaire, transposé par le regard artistique, s'efface derrière la beauté d'une forme ou du poli d'un matériau. Pour rendre hommage à cette communauté de l'ombre, *Ariane, l'art des lanceurs* a fait appel à Viviane Moore, écrivain, ainsi qu'à deux photographes, Hervé Piraud et Dominique Sarraute, photographes d'art. Élevées par l'image et le texte au rang d'œuvres d'art, « ces choses que la main des ingénieurs dessine et qui paraissent si familières, si banales qu'on oublie jusqu'à leur existence », se trouvent sublimes. Passionnée par l'aéronautique et le spatial, Dominique Sarraute privilégie la couleur et le mouvement tandis que Viviane Moore, connue pour ses romans policiers historiques, convoque la littérature. De superbes photos d'Hervé Piraud sur les hommes et les innovations complètent ce triptyque artistique.

Pour Michel Eymard, cet album est un véritable éloge des industriels, un témoignage des riches heures de la famille Ariane, « une façon de pénétrer dans l'intimité d'Ariane, sa face cachée, poétique, humaine et technique, une façon de ressentir son âme ». À paraître prochainement.



Le Forum des savoirs recevra Thomas Pesquet, l'astronaute français de l'ESA, pour une soirée qui aura pour thème « L'exploration spatiale, une aventure pour l'humanité ». Le 29 janvier 2015, à 20 h 30, hémicycle de l'hôtel de Région, Rouen.

ESA astronaut Thomas Pesquet will be the guest of the *Forum des Savoirs* in Rouen for an evening on the theme of "Space exploration, an adventure for humanity". 29 January at 8:30 p.m. - Hôtel de Région - Rouen

Reportage vidéo sur l'annonce du 1^{er} vol de Thomas Pesquet en 2016. See our video report about the announcement of Thomas Pesquet's first spaceflight in 2016.



ARIANE

The art of launch vehicles

Elevate the Ariane launcher to the lofty level of an *objet d'art*—this was the challenge set by Michel Eymard, Director of Launch Vehicles at CNES, who commissioned three artists to produce an album called *Ariane, l'art des lanceurs*. Beyond its industrial success, Ariane is the result of extraordinary cooperation between diverse cultures and capabilities. Everyone recognizes the contribution of technology to the Ariane adventure. But do we realize how much Ariane owes to meticulous manual labour and individual handmade parts? Threading cables, sanding, layers of paint, oils and varnishes, checks and controls of every kind—all these tasks take time, including at night and weekends. From an artistic perspective, patience and perfectionism can create objects whose functional utility is transcended by the beauty of their lines and surfaces. Paying tribute to this unsung community, *Ariane, l'art des lanceurs* calls on writer Viviane Moore and photographers Hervé Piraud and Dominique Sarraute. Captured in word and picture, worthy of any gallery guide, these objects—designed by engineers and so familiar we take them for granted—are raised to sublime status. Aerospace enthusiast Dominique Sarraute focuses on colour and movement, while Viviane Moore, famed for her historic detective novels, uses her literary skills to show metal parts, electric circuits, fibres and resin blocks in a whole new light. Superb photo features by Hervé Piraud, celebrating individuals and innovations alike, complete this artistic triptych. In the words of Michel Eymard, the album is a “fitting tribute to the industrial community” and a “behind-the-scenes look at the launcher family and the technical, human and poetic side to the adventure—a chance to peer into Ariane's very soul. Out soon.

Terr'Image sur Éduthèque

Projet éducatif à valeur ajoutée, Terr'Image ouvre l'accès gratuit à l'imagerie spatiale THR Pléiades pour les enseignants. Les images Pléiades et Spot sont disponibles à partir du portail Éduthèque (www.edutheque.fr) développé par le ministère de l'Éducation nationale, dont le CNES est l'un des partenaires ressources. Terr'Image est accessible au travers d'une application QGIS 2, système d'information géographique gratuit dans lequel est implanté un outil de traitement d'images simplifié. Le CNES fournit un manuel d'initiation et un formulaire de demande pour des mises à disposition d'images Pléiades spécifiques.

Terr'Image on Edutheque

Terr'Image is a value-added educational initiative that gives teachers free access to Pleiades very-high-resolution satellite images. Pleiades and SPOT imagery is available via the Edutheque portal (www.edutheque.fr/) developed by the French education ministry. CNES is a resource partner of the project. To access Terr'Image, teachers use the QGIS.2 application—a free geographic information system with a simplified image processing tool. CNES has also supplied the quick-start guide and request form for specific satellite data.



RENDEZ-VOUS

EVENTS



▲▲ Après soixante-quatre jours de course en solitaire (sans escale ni assistance) et un parcours de 4 700 km à l'aviron, l'Espagnol Antonio de la Rosa a remporté, dimanche 21 décembre 2014, la 4^e édition de Rames Guyane. After a non-stop, unassisted solo effort of 64 days and 4,700 kilometres, Spaniard Antonio de la Rosa won the 4th Rames Guyane transatlantic rowing race on Sunday 21 December.

RAMES GUYANE

COURSE TOTALEMENT PROPRE

Comme pour chaque édition, depuis sa création en 2004, le CNES soutient Rames Guyane 2014. Partie le 18 octobre de Dakar, cette course transatlantique à la rame, en solitaire, offre la possibilité à une quinzaine de skippeurs (18 au départ) de relier le Sénégal à la Guyane. Entre exploit sportif et aventure humaine, cet événement permet à la Guyane de faire connaître plus largement ses valeurs, ses qualités et ses atouts. Les premiers concurrents de cette quatrième édition ont été accueillis à leur retour aux îles du Salut courant décembre. Le soutien du CNES se place à la fois sur les plans financier et technologique, avec, notamment, l'utilisation par les rameurs de technologies spatiales (balises Argos, GPS, télémédecine, etc.). Cette année, la course est également soutenue par l'expédition 7^e Continent, soutenue elle-même par le CNES. Une convention de partenariat a été signée entre les deux parties : les concurrents engagés dans la traversée de l'Atlantique à la rame qui croisaient des déchets devaient prendre des photos et noter leur position. Ces données seront transmises aux scientifiques de l'expédition 7^e Continent pour analyse. De leur côté, les concurrents devaient également conserver leurs déchets à bord, l'objectif étant « une course totalement propre ».

RAMES GUYANE

A clean race in every sense

CNES has supported the Rames Guyane single-handed transatlantic rowing race since its inception in 2004. For the 2014 event, the fourth in the series, 18 skippers left Dakar, Senegal, on 18 October, heading for French Guiana. A tough human and competitive challenge, the event is also a chance for French Guiana to promote itself to the wider world. The race leaders arrived at the Salvation Islands in December. CNES provides financial and technical support, including GPS systems, Argos transmitters and telemedicine kits for competitors. This year, the event was also supported by the CNES-backed 7th Continent expedition. Under a partnership arrangement, race competitors agree to photograph and record the position of any marine debris they encounter. These data are then relayed to the expedition scientists for analysis. Rames Guyane aims to be a "completely clean race" and skippers agree not to throw any waste overboard.



L'Europe spatiale – Le déclin ou le sursaut / La France a-t-elle abandonné ses ambitions spatiales ? Spécialiste de la stratégie spatiale, chercheur au programme espace de l'IFRI, Guilhem Penent plaide dans ce livre pour une nouvelle ambition spatiale, à la fois française et européenne. (Éditions Argos, Paris, 192 pages, 15 €.)

Europe in space: decline or onward and upward? – Has France abandoned its space ambitions? A space strategy specialist and researcher on the IFRI institute of international relations' space programme, Guilhem Penent calls on France to renew its national and European space ambitions. *L'Europe spatiale : Le déclin ou le sursaut* – Published by Argos – Paris – 192 pages – €15

FUTUROSCOPE

Le retour de la Boule blanche

La Boule blanche du Futuroscope vient de retrouver sa place emblématique sur le pavillon du Futuroscope. Représentation symbolique du soleil couchant sur des horizons futuristes, elle constitue une prouesse technique. Construite sur place, une grue de 700 tonnes la remettait le 18 novembre 2014 à sa place d'origine. Déconstruite deux ans auparavant car trop vétuste, la Boule est à la fois un spectacle à elle seule et le lieu d'une véritable scénographie. En partenariat avec l'Inserm¹ et l'ESA, tous les soirs la sphère servira d'écran à des projections sur l'imagerie médicale et la conquête spatiale.

¹ Institut national de la santé et de la recherche médicale.

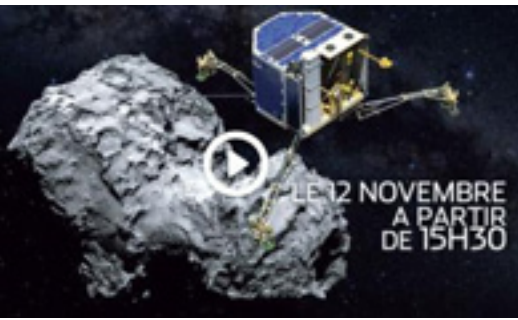
FUTUROSCOPE

The big white ball is back!

The iconic white sphere is back in place atop the pavilion building at the Futuroscope theme park in Poitiers. Symbolizing the setting sun on a futuristic horizon, the structure is a real feat of engineering. The original sphere was in a poor state of repair and dismantled two years ago. Its replacement, constructed next to the pavilion, was lifted into position by a 700-tonne crane on 18 November. The huge metal sphere is an attraction in itself and will also be used for evening screenings of films about medical imaging and the space adventure, in partnership with the INSERM institute¹ and ESA.

¹ Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, the French National Institute for Health and Medical Research





ATTERRISSAGE DE PHILAE

Un million de consultations sur le site du CNES

La retransmission de l'atterrissage de Philae, proposée par le CNES sur la chaîne YouTube, a été vue 750 000 fois en direct le 12 novembre 2014 et plus d'un million de fois au total en incluant la diffusion en *replay*. Diffusé sur le site www.cnes.fr et sur ceux des partenaires français de la mission, ce programme a été intégré sur les sites de plusieurs dizaines de médias numériques français, parmi ceux bénéficiant de la meilleure audience en France. La retransmission en multi-caméra était constituée d'images en direct en provenance de tous les sites opérationnels mobilisés en Europe (Darmstadt-ESA, Cologne-DLR et Toulouse-CNES) ainsi que de la Cité des sciences et de l'industrie, à Paris. Cette audience exceptionnelle traduit une mobilisation sans précédent du grand public, qui a massivement suivi les rebonds et rebondissements de Philae sur le Web et les médias sociaux.

• www.youtube.com/watch?v=Z2DRt-B3DWo

PHILAE LANDING

A million views on CNES's website

CNES's webcast of Philae's comet landing was seen live on YouTube by 750,000 viewers on 12 November 2014 and by more than 1 million in total including replays. As well as streaming on the agency's website (www.cnes.fr) and those of the mission's French partners, the webcast was also embedded in dozens of popular digital media websites in France. The multi-camera webcast streamed live pictures from mission operations sites in Europe—in Darmstadt (ESA), Cologne (DLR) and Toulouse (CNES)—as well as the Cité des Sciences et de l'Industrie in Paris. The exceptional viewing figures reflect the unprecedented interest shown by the public, which flocked to the web and social media to follow the latest developments as Philae's mission unfolded.

www.cnes.fr/webmag

PHILAE Revivre l'atterrissage de Philae en direct. Relive Philae's landing.

CSG

« SILENCE, ÇA POUSSE »

Quelles meilleures voix pour vanter la richesse de l'environnement guyanais que Stéphane Marie et Noëlle Bréham, les animateurs de l'émission « Silence, ça pousse » ? Cette réflexion du comité du tourisme de Guyane s'est concrétisée par une invitation du duo à tourner deux émissions sur le sol guyanais, en passant par le sentier Ebène du CSG. Pour Stéphane, qui a « l'acuité de regarder les choses toutes petites », le paradoxe technologie-environnement est sur la base tout à fait réjouissant. « Lancer des fusées induit de s'approprier une quantité incroyable d'espace. Or, c'est bien cette immense surface qui permet à un environnement naturel d'être autonome. Sur 500 mètres de promenade, j'ai vu ici plusieurs milieux différents, dont certains très fragiles, comme les savanes, où j'ai observé des plantes aussi délicates que des drosera et des orchidées. Sous les arbres, nous avons vu des singes hurleurs, c'est juste exceptionnel ! »

L'émission a été diffusée le 14 janvier 2015 à 21h40 sur France 5, puis sera multi diffusée en replay sur <http://www.france5.fr/emissions/silence-ca-pousse>

GUIANA SPACE CENTRE

Nature show at the spaceport

Who better to promote French Guiana's rich environment than Stéphane Marie and Noëlle Bréham, hosts of the *Silence, ça pousse !* gardening and nature show on France 5? The Guiana tourist board invited the duo to shoot two shows in the country, including the Ebène trail at the Kourou spaceport. Stéphane, known for his sharp eye, was impressed by the interrelationship between industry and environment at the base. "To launch rockets you need a huge area," he said. "Here, these vast open spaces are left alone, creating a wonderful natural environment. Within a half-mile walk, I've seen several different habitats, including fragile ones like savannah, as well as delicate plants like drosera and orchids. We've even spotted howler monkeys in the trees—it's just exceptional!" The show aired on France 5 on 14 January and is viewable on the channel's replay site at <http://www.france5.fr/emissions/silence-ca-pousse>.



DVD

Deux DVD pour le 3^e volet de « L'odyssée des sciences »

Troisième volet de la série « L'odyssée des sciences », Arte Éditions publie un coffret de deux DVD qui ont pour titres *La Magie du cosmos* et *L'Univers élégant*. Les grands chapitres de ce coffret centré sur notre perception de la réalité traitent de l'illusion du temps, du saut quantique, des multivers, de la théorie des cordes... Aucun doute, notre conception du monde sera, elle aussi, en expansion à l'issue de ces présentations.

DVD

Two DVDs in Odyssée des Sciences series

Arte Éditions has published the third set of two DVDs in its *Odyssée des Sciences* series entitled *La magie du cosmos* (the magical cosmos) and *L'univers élégant* (the elegant universe). The two titles look at how we perceive reality, including the illusion of time, quantum leaps, the multiverse and the string theory. Like the ever-expanding universe, these documentaries will broaden your mind!



Vocabulaire des sciences et des techniques spatiales / L'édition 2013 recense les termes, expressions et définitions publiés au *Journal officiel*. Elle est réalisée par la Commission générale de terminologie et de néologie des services du Premier ministre.

Glossary of space science and technology - The 2013 edition includes the terms, expressions and definitions published in the *Journal Officiel*. Produced by the French government's terminology and neologisms commission.

PERSEUS

UN SÉMINAIRE ET DE NOUVEAUX PARTENAIRES

Les 29 et 30 janvier 2015, la Cité des sciences et de l'industrie (Paris) va accueillir le 10^e séminaire Perseus¹. Ce rendez-vous annuel est un creuset d'échanges. Plus de 250 étudiants y présentent leurs réalisations: maquettes, travaux, solutions techniques, posters. Ce rendez-vous met aussi en exergue les temps forts de l'année écoulée. À ce titre, la 10^e édition va consacrer 2014 comme une année fructueuse grâce au vol de la fusée Sera à Kiruna (Suède), à trois campagnes d'essais en vol d'Eole sur l'aérodrome de Saint-Yan (Bourgogne) et à la participation au C'Space de Biscarrosse (Landes). Le séminaire confirmera la consolidation prometteuse des activités Perseus: un nouvel accord-cadre a été signé pour cinq ans entre les partenaires que sont le CNES, Bertin Technologies, Garef Aérospatial, Planète Sciences, MI-GSO, Onera, Roxel, l'université d'Évry-Val-d'Essonne. Autre bonne nouvelle: quatre nouveaux partenaires, AJSEP, Herakles, IPSA et ISAE, viennent d'intégrer Perseus. Initié et coordonné par le CNES, ce programme projette les activités spatiales vers l'avenir. Il a pour ambition de stimuler des vocations chez les jeunes.

¹ Projet étudiant de recherche spatiale européen, universitaire et scientifique.

PERSEUS

One seminar, four new partners

On 29 and 30 January, the Cité des Sciences et de l'Industrie in Paris is hosting the 10th Perseus' seminar. This annual event is a valuable forum for dialogue and exchange. Over 250 students will present their work, technical solutions, scale models and posters. It is also a chance to review the highlights of a busy year, including the SERA-1 rocket launch from Kiruna, Sweden, three EOLE flight test campaigns from the Saint-Yan aerodrome in central France and the C'Space student space event in Biscarrosse, Southwest France. Consolidation of Perseus activities will also be confirmed at the seminar, with a new five-year framework agreement between the programme partners: CNES, Bertin Technologies, Garef Aérospatial, Planète Sciences, MI-GSO, ONERA, Roxel and Évry Val d'Essonne University. Four new partners have also joined: AJSEP, Herakles, IPSA and ISAE. Initiated and coordinated by CNES, the Perseus programme focuses on future space technologies and encourages students to pursue careers in space.

¹ *Projet Étudiant de Recherche Spatiale Européen Universitaire et Scientifique (European university/science student space research project)*

Site du programme Perseus du CNES pour stimuler des vocations d'ingénieurs lanceurs chez les jeunes.

See the website of CNES's Perseus programme to encourage youngsters to pursue careers in launcher engineering.

www.cnes.fr/webmag



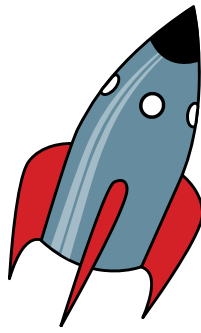
AGENDA

DIARY

- 19/01-06/02/2015** Exposition sur « L'impact de la pollution sur les animaux marins »
 Exhibition on the "Impact of pollution on marine animals"
 Centre culturel de la Reynerie - Toulouse Reynerie culture centre
www.cnes.fr
- 20/01/2015** Les Mardis de l'espace, sur « Swarm, pour comprendre les effets du champ magnétique »
 Tuesday space talk on "SWARM: understanding the effects of Earth's magnetic field"
 Café du Pont-Neuf, Paris / 19 h 30-21 h 30 7:30 to 9:30 p.m.
www.cnes.fr/mardisdelespace/
- 29/01/2015** Journée R&T systèmes orbitaux
 R&T day on orbital systems
 Centre des congrès Pierre-Baudis, Toulouse - Pierre Baudis congress centre
www.cnes.fr
- 05-06/02/2015** Journées d'accueil des jeunes chercheurs
 Open day for young researchers
 Centre spatial de Toulouse - Toulouse Space Centre
www.cnes.fr
- 10/02/2015** Projection du film *Contact*, de Robert Zemeckis. Séance suivie d'un échange avec Xavier Passot, responsable du Geipan au CNES.
 Film screening: *Contact* by Robert Zemeckis. Plus Q&A session with Xavier Passot, Head of GEIPAN UAP investigation unit, CNES
 Cinémathèque, Toulouse - Cinémathèque film archive
www.lacinemathequedetoulouse.com
- 17/02/2015** Les Mardis de l'espace, sur « Planck, les premiers âges de l'Univers révélés »
 Tuesday space talks on "Planck: the Universe's early years revealed"
 Café du Pont-Neuf, Paris / 19 h 30-21 h 30 7:30 to 9:30 p.m.
www.cnes.fr/mardisdelespace/
- 03/2015** 8^e édition de « L'espace au fil du fleuve », sur l'Oyapock, à la frontière de la Guyane et du Brésil.
 8th 'Space along the river' outreach operation on the Oyapock
 Guyane - French Guiana
www.cnes.fr
- 17/03/2015** Les Mardis de l'espace, sur « Vivre dans l'espace »
 Tuesday space talk on "Living in space"
 Café du Pont-Neuf, Paris / 19 h 30-21 h 30 7:30 to 9:30 p.m.
www.cnes.fr/mardisdelespace/
- 19-22/03/2015** Sidération, le festival des imaginaires spatiaux 2015.
 Sidération festival of space imaginations 2015
 Paris
www.cnes-observatoire.net
- 23-25/03/2015** Colloque international sur les « Microwave filters », co-organisé par le CNES et l'ESA
 CNES / ESA International Workshop on Microwave Filters
 Toulouse
www.twmf2015.com
- 02/03-10/04/2015** « L'espace, c'est classe ! » Une centaine d'ingénieurs du CNES se rendent dans des établissements scolaires de l'académie. 'Space is class' outreach operation (100 CNES engineers visit schools in the Toulouse area)
 Toulouse
www.cnes.fr
- 21/04/2015** Les Mardis de l'espace, sur « Satellites, avions, drones: souriez, vous êtes observés ! »
 Tuesday space talk on "Satellites, planes and drones: smile, you're on camera!"
 Café du Pont-Neuf, Paris / 19 h 30-21 h 30 7:30 to 9:30 p.m.
www.cnes.fr/mardisdelespace/

L'atterrissage de Philae sur la comète Churyumov-Gerasimenko a suscité bien des questions.

Le *CNESmag* en a sélectionné deux auxquelles répond Aurélie Moussisoffys, responsable Opérations mission instruments Rosetta, au SONC (CNES).



Cette rubrique est la vôtre

N'hésitez pas à nous poser des questions, nous faire part de vos interrogations, de vos réactions sur l'actualité spatiale ou sur vos sujets d'étude. Nos spécialistes vous répondront.

THIS IS YOUR COLUMN. Drop us a line with your questions, opinions on space news or requests for information on subjects you're studying, and we'll put our experts on the case...

Philae's landing on comet Churyumov-Gerasimenko has inspired a whole host of questions. Here are just two of them. Answers from Aurélie Moussisoffys, head of Rosetta mission instrument operations at the SONC (CNES).

Charles, assureur

« Pourquoi y avait-il une seule sonde Philae à bord de Rosetta? Quand une marque de voiture prend part aux Vingt-Quatre heures du Mans, elle fait courir jusqu'à trois voitures pour cette course. L'aventure de Rosetta était nettement plus risquée et plus aventureuse! S'agit-il d'un manque de moyens financiers, d'un problème de poids pour le lanceur ou de toute autre raison? »

Il coûte très cher d'envoyer des objets dans l'espace, et a fortiori aussi loin et aussi longtemps que dans le cas de Philae. Les composants critiques embarqués sont redondés afin de faire face à des avaries, mais il est impossible d'envisager de doubler tous les équipements, y compris le module Philae, qui pèse près de 100 kg... Le coût au lancement serait faramineux si tant est qu'il soit possible de trouver un lanceur avec suffisamment de volume pour l'embarquer. Pour l'anecdote: nous avons déjà dû nous battre pour faire accepter un doublement de la batterie afin de pouvoir fournir suffisamment d'énergie pour couvrir les besoins des instruments.

Question from Charles, insurer

"Why did the Rosetta spacecraft only carry the Philae probe? Teams competing in the Le Mans 24-hour race use up to three cars. Yet the Rosetta mission was much more daring and risky! Is it a cost issue, the extra weight on the launcher or another reason?"

It's expensive to send things into space. All the more so for Philae, due

to the long distance and duration involved. The critical components on the spacecraft are redundant in case of a failure, but it would be impossible to have back-ups of all equipment, including the Philae module, which weighs nearly 100 kilograms. Even if we could find a launcher with enough payload space, the launch costs would be astronomical. To give you an idea of the constraints involved, we had to fight just to get approval for a secondary battery to meet the power requirements of the instruments.

Pascal, mécanicien

« J'ai du mal à comprendre les ingénieurs qui ont conçu Philae avec une autonomie aussi faible! Un projet aussi ambitieux et plus de dix ans de voyage pour quelques heures à peine d'autonomie, qui finalement était le point crucial de la mission! »

La mission Rosetta a été conçue pour n'embarquer qu'une dizaine d'instruments. Philae n'est considéré que comme un instrument parmi les autres, et la mission ne se résume pas qu'aux opérations sur la comète. Il s'agit en effet de suivre la comète avec le vaisseau mère Rosetta pendant plus d'un an, incluant son passage au périhélie (point le plus proche du Soleil) afin d'étudier son évolution... J'avoue qu'au CNES

nous avons un attachement particulier pour Philae et considérons ce module comme bien plus que ça! Néanmoins, étant donné le contexte, nous étions limités en masse et en volume. Nous avons alors intégré autant de batteries que possible, compte tenu de la masse et du volume occupés par les autres sous-systèmes indispensables et les instruments. Effectivement, cela peut paraître peu au regard du temps de trajet, mais c'est déjà beaucoup quand on considère que chaque instrument embarqué a joué au moins une fois. J'avoue qu'en tant que responsable de la planification des activités, j'ai souhaité mille fois avoir plus de ressources, alors croyez bien que je comprends votre frustration. Cela nous aurait considérablement simplifié la tâche, qui a été un réel casse-tête: comment satisfaire tous les instruments avec leurs contraintes et besoins en respectant le budget énergétique? Mais à « vaincre sans péril, on triomphe sans gloire ». Et il nous reste toujours la batterie secondaire rechargeable avec les panneaux solaires qui nous permettra de continuer la science une fois l'hibernation terminée! Merci de nous avoir suivis, nous comptons sur vous pour la prochaine étape!

Comment from Pascal, mechanic

"I find it hard to understand how Philae was designed with such a short battery life! Such a bold endeavour and more than 10 years in space for just a few hours of science on the comet surface, which was the crucial part of the mission!"

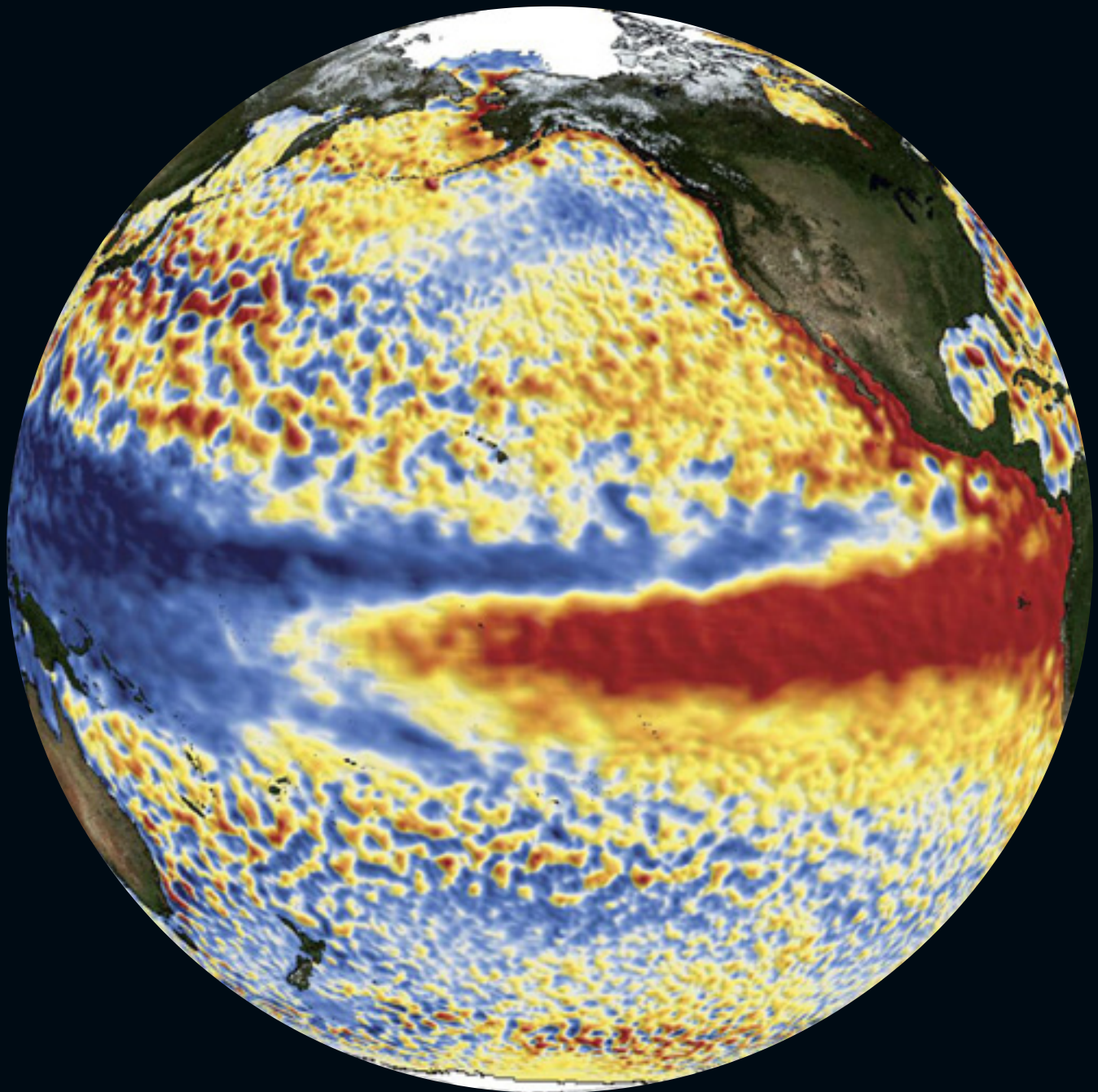
The Rosetta mission was only designed to carry 11 instruments. Philae is not actually an instrument like the others. Plus, the mission isn't just about operations on the comet. The chief aim is to escort the comet with the Rosetta spacecraft for more than a year to study how it changes as it reaches perihelion, its closest point to the Sun. I admit that at CNES we're particularly attached to Philae and see it as much more than that! But to get the module on the Rosetta spacecraft, we were severely limited in terms of mass and volume. We included as many batteries as we could, given the mass and volume of the other vital subsystems and instruments. You're right, it might seem like a short window after such a long journey, but it's quite an achievement when you consider that each instrument ran at least once. As the person responsible for planning those tasks on the comet surface, I so wished we could have had more resources, so I understand your frustration. It would have made our job much easier, too. The problem we had was how to run all the instruments, with their respective requirements and limitations, while staying within the energy budget. But as the saying goes: "triumph without peril brings no glory". And we still have the secondary battery, which can be recharged via the solar panels, allowing us to continue the science as soon as Philae wakes up from hibernation. Thanks for following us and keep watching this space!

CNESmag

Gratuit. Sur simple demande Free subscription on request

cnesmag@cnes.fr

Crédits photos/Photo credits: © EDITO : CNES/E. Lefeuve — NEWS : CNES/ESA/Rosetta/Philae/Civa/Navcam (p.4-5), CNES/III. D. Ducros (p.6-7), CNES/E. Grimault (p.8), CNES/H. Piraud (p.9), CNES/S. Girard (p.10), CNES/F. Maligne (p.11 haut), Latmos/H. Brogniez (p.11 bas), NASA (p.12), CNES/E. Grimault (p.12 bas-13-14-15), ESA-CNES-Arianespace/Optique Vidéo du CSG - P. Baudon (p.15 bas), CNES (p.16), CNES/E. Grimault (p.17) — POLITIQUE : REA/B. Delessard (p.19-20), ESA/Jürgen Mai (p.21), CNES/H. Piraud (p.22-23), Awards/M3Systems (p.23 bas), CNES/D. Sarraute (p.24), CNES/F. Maligne (p.26), CNES/E. Grimault (p.27), ESA/CNES/Arianespace/Optique Vidéo du CSG/J-M. Guillon (p.28), ESA/CNES/Arianespace /Optique Vidéo du CSG/P. Baudon (p.29-30) — DOSSIER : Philippe Plisson (p.32-33), CNES/D. Ducros (p.33), Thales Alenia Space/Emmanuel Briot (p.35), Lycée Montell (p.36), CNES/Legos/CLS (p.37), Thinkstock/GettyImages/Johnnorth (p.39), B&C Alexander/Arcticphoto (p.40), Mercator Ocean (p.41), Ifremer/Mamacca Dugornay (p.42), Guillaume Collanges/Argos/Pictoretank (p.43), Guillaume Plisson (p.44), Thinkstock (p.45), CLS/L. Francini (p.45 bas) — SOCIETE : Jean-Marc Sor (p.47-48), Christian Boy (p.49 haut), Hervé Rivoalland (p.49 bas), Pierre Desgriex (p.50 gauche), CNES 2013, distribution Astrium Services/Spot Image, traitement Sertit (p.50-51 milieu), CNES/S. Girard (p.52-53) — INTERNATIONAL : Mvit Photography/VSSC (p.55), ISRO(p 57), SpaceX (p.58-59-p.60 haut), CNES/III. O. Sattler (p.60 bas), CNES/IAI (p.61), Thinkstock (p.62), CNES/E. Grimault (p.63) — CULTURE : CNES/Sidération (p.65), CNES/Hervé Piraud (p.67 haut), CNES/E. Lefeuve (p.67 bas), Jody Amiet (p.68 haut), L. Audy/F. Juille/D. Laming/Architecte Casanova/Futuroscope (p.68 bas), ESA/CNES/Arianespace/Optique Vidéo du CSG/J. Durrenberger (p.69), CNES/H. Piraud (p.70) — Quatrième de couv : © CNES/CLS, 2015 - www.aviso.altimetry.fr



1997



TOPEX-POSÉIDON RÉVÈLE L'EL NIÑO DU SIÈCLE

Les altimètres en vol à l'époque observent, en novembre, une surélévation de près de 30 cm près des côtes d'Amérique du Sud. Cette eau, plus chaude que d'habitude, provoque pluies et inondations sans précédent sur le continent. Lancé le 10 août 1992, le satellite franco-américain Topex-Poseidon avait pour objectif d'observer et de comprendre la circulation océanique. Une mission au succès inégalé.

TOPEX-Poseidon sees the El Niño of the century

In November of that year, the satellite altimetry instruments of the day see a build-up of water near the coasts of South America of nearly 30 centimetres. This warmer-than-usual mass of water subsequently triggers torrential rains and unprecedented flooding on the continent. The French-U.S. TOPEX/Poseidon satellite launched on 10 August 1992 was designed to observe and better understand ocean circulation. The success of the mission is unmatched.