

CNES MAG



ESPACE • INNOVATION • SOCIÉTÉ

#79
Février 2019



DÉFENSE

INDISPENSABLE ESPACE



cnes
CENTRE NATIONAL
D'ÉTUDES SPATIALES



SOMMAIRE



05 ÉDITORIAL

06 L'ESSENTIEL

Tout savoir sur la loi de programmation militaire, les opérations sur le terrain ou encore le risque de collision avec des débris spatiaux

12 #COMMUNAUTÉ

Les followers du CNES suivent et s'expriment sur les interventions facilitées par le spatial

13 GRAND ORAL

Florence Parly, ministre des Armées, revient sur le rôle du spatial dans la défense nationale

16 EN IMAGES

Surveiller pour intervenir

18 EN CHIFFRES

Le CNES et la défense : données clés

19 LE CNES EN ACTIONS

Observation, écoute, sécurisation des communications : les réalisations concrètes du CNES en matière de défense

27 MATIÈRE

Otos, le temps d'après

28 INSTANTS T

CSO, concentré de performances inégalé

30 RENCONTRES

- Jean-Baptiste Paing, directeur de programme Musis à la DGA
- Virginie Amberg, responsable CNES pour la Qualité Image de CSO
- Éric Boussarie, sous-directeur Systèmes instrumentaux du CNES

33 ESPACE ÉTHIQUE

Si vis pacem...
par Jacques Arnould

34 EN VUE

Les événements, les expos et les ouvrages réalisés ou soutenus par le CNES

36 TRANSFERT

Reconnaissance d'images automatique

PARTENAIRES

Sont cités dans ce numéro : p. 6/7/15/21/24/25/26/27/30/34/35/36, la Direction générale de l'armement (DGA) ; p. 9, l'Agence de l'innovation de défense et la Direction du renseignement militaire à Creil ; p. 11, le Centre satellitaire de l'Union européenne (SatCen) ; p. 18, l'Agence européenne de défense et l'Agence spatiale européenne (ESA) ; p. 21, l'état-major des armées (EMA) et le Cosmos, centre opérationnel de surveillance militaire des objets spatiaux ; p. 25, l'Agence nationale des fréquences (ANFR) ; p. 36, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) et l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (Onera).

En couverture : © CNES / Mira Productions / Parot Rémy, 2018



WWW.CNES.FR

Découvrez les contenus en ligne de ce nouveau numéro sur cnes.fr/cnesmag



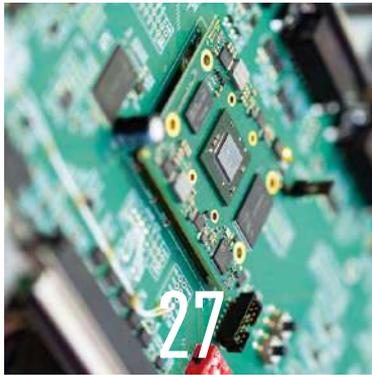
CNESfrance



@CNES

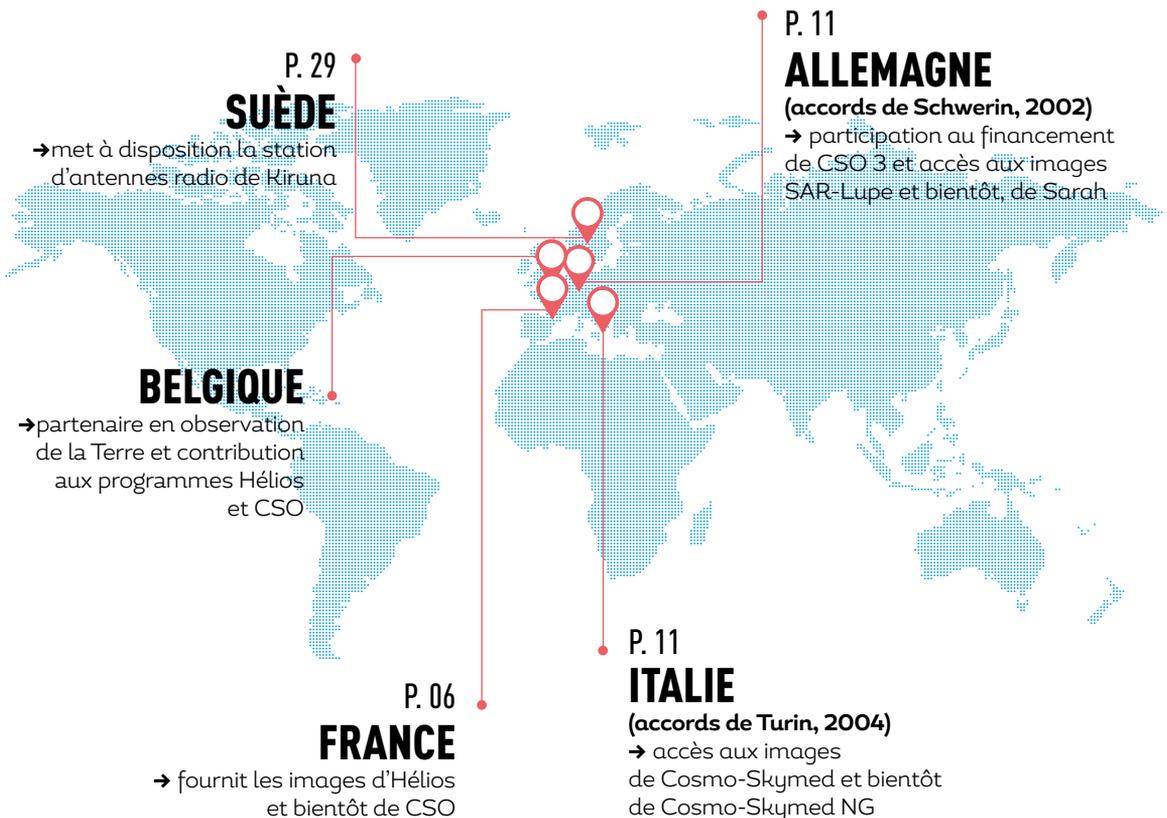


CNES



OBSERVATION SPATIALE MILITAIRE

Les partenariats européens impliqués dans le programme CSO





CONTRIBUTEURS



GILLES DORLEAC

Basé à Toulouse, ce thématicien de l'équipe Défense et Sécurité facilite au quotidien les relations entre les experts techniques du CNES et les différents acteurs des armées, en apportant avec ses collègues des réponses à leurs multiples problématiques. Sans lui, nous n'aurions pas pu démêler l'écheveau du « confidentiel défense ».



GILLES CHALON

Chef de projet CSO, Gilles Chalon nous a fait pénétrer dans les coulisses du lancement. Malgré la pression des derniers jours et la fatigue accumulée, il a répondu à nos questions et sollicité ses équipes pour nous expliquer les enjeux de l'optique et les innovations techniques induites. Nous avons pu shooter le centre de programmation et de commande-contrôle, hautement sécurisé.



DENYS LETOURMY

Photographe de formation, Denys Letourmy a intégré le labo photo de Spot Image en 1987. Depuis trente ans, il traite quotidiennement de magnifiques vues de la Terre prises depuis l'espace. Aujourd'hui chez Airbus DS Geo, son métier a techniquement évolué : l'ère est au tout numérique. Grâce à lui, nous avons eu accès aux images déclassifiées défense du satellite Pléiades pour En images.



SÉBASTIEN GENTET

Chez Mira Productions, le père, Thierry Gentet, a communiqué sa passion pour l'aventure spatiale et pour l'image à son fils Sébastien. Réalisateurs de documentaires pour la télévision et de films institutionnels pour le CNES, ils ont ensemble produit plusieurs supports multimédias, dont le film sur CSO. La patte de Sébastien signe ici un film dynamique et attractif.

CNESMAG

CNESmag, le magazine d'information du Centre national d'études spatiales, 2 place Maurice Quentin. 75039 Paris cedex 01. Adresse postale pour toute correspondance : 18 avenue Édouard Belin. 31401 Toulouse cedex 9. Tél. : +33 (0)5 61 27 40 68. Internet : <http://www.cnes.fr>. Cette revue est adhérente à Communication&Entreprises. Abonnement : <https://cnes.fr/reabonnement-cnesmag> **Directeur de la publication** : Jean-Yves Le Gall. **Directrice éditoriale** : Marie-Claude Salomé. **Rédactrice en chef** : Brigitte Alonzo-Thomas. **Secrétaire générale de la rédaction** : Céline Arnaud. **Rédaction** : Brigitte Alonzo-Thomas, Karol Barthélémy, Liliane Feuillerac. **Photothèque (recherche iconographique)** : Marie-Claire Fontebasso. **Responsable photo** : Nicolas Tronquart. **Crédits photo** : p. 4 CNES/N. Tronquart, D. Letourmy, Mira Production/S. Gentet ; p. 5 CNES/C. Peus ; p. 6 Mira Production/S. Gentet ; p. 7 CNES/E. Grimault ; p. 8 ministère des Armées ; p. 9 CNES/Photon, M. Regy ; p. 10 CNES (haut gauche), armée de l'air (bas) ; p. 11 ministère des Armées ; p. 13-14 ministère de la Défense - ECPAD - V. Besnard ; p.16-17 CNES 2017 Distribution Airbus DS ; p. 18 Thales Alenia Space/E. Briot ; p. 19 Airbus Defense Space ; p. 20 GettyImages ; p. 21 CNES/ESA/Arianespace/CSG Service optique ; p. 22 Créative Commons ; p. 23 CNES ; p. 24 Thales Alenia Space/P. Ridderhof ; p. 26 DGA ; p. 27 CNES/G. Le Bras ; p. 33 J. Arnould ; p. 34 CNES/D. Ducros ; p. 36 CNES 2018. **Illustrations** : François Foyard (p. 7/26/35), Robin Sarian (ldix) (p. 7/9/28-29), Jean-Marc Pau (p. 30 à 32). **Web master** : Sylvain Charrier, Mélanie Ramel. **Réseaux sociaux** : Mathilde de Vos. **Traduction** : Boyd Vincent. **Conception, conseil et réalisation** : Citizen Press - Camille Aulas, David Corvaisier, Mathilde Gayet, Fabienne Laurent, Alexandra Roy. **Impression** : Ménard. ISSN 1283-9817. **Ont participé à ce numéro** : Caroline Amiot-Bazile, Cécile Angelelis, Laurent Boisnard, Gilles Chalon, Philippe Collot, Jean-Pierre Diris, Charles Delauzun, Emline Deseez, Gilles Dorleac, Pascal Faucher, Alain Gleyzes, Amélie Gravier, Daniel Greslou Philippe Kubik, Christophe Laporte, Françoise Maurel, Gilles Moury, Monique Moury, Jean-Gabriel Parly, Pierre Pelipenko, Lionel Perret, Dominique Pradines, Sophie Roelandt, Philippe Steinger.



ÉDITORIAL



Depuis que le 4 octobre 1957, l'humanité toute entière s'est réveillée au son d'un improbable « bip bip » venu du ciel, le signal émis par Spoutnik, l'espace est devenu incontournable dans le paysage de la Défense. En effet, seuls les satellites ont cette capacité de survoler en toute discrétion et sans enfreindre les réglementations internationales, l'ensemble des pays de la planète pour observer, écouter, retransmettre et après la terre, la mer et l'air, conférer une quatrième dimension aux théâtres d'opérations. C'est pour cela qu'aujourd'hui, de plus en plus de pays se dotent de moyens spatiaux de Défense afin de jouer, comme le disait le Général de Gaulle, « dans la cour des grands ». La France n'est pas en reste et le 22 février 1986, il y a plus de 30 ans, le lancement de Spot-1, le premier satellite français d'observation de la Terre, conçu et développé par le CNES, intéressait au plus haut point nos forces armées. Celles-ci ont alors décidé d'investir dans des moyens d'observation spatiaux dédiés et depuis 1995, les satellites Hélios, récemment rejoints par le premier de leurs successeurs, CSO-1, sont « les yeux de notre Défense ». En parallèle, le programme Syracuse permet des liaisons sécurisées là où nos forces sont engagées à l'extérieur de nos frontières et dans peu de temps, les satellites Ceres viendront renforcer nos capacités d'écoute électromagnétique. Au total, face à l'hyperpuissance des Etats-Unis, de la Chine ou de la Russie, la France a su s'organiser pour que ses laboratoires, ses agences et ses industriels lui permettent de jouer un rôle éminent dans cette « cour des grands ».

JEAN-YVES LE GALL

PRÉSIDENT DU CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES



CSO

Nouveau chef de file!

Placé à 800 km d'altitude, le satellite militaire d'observation de la Terre CSO¹ a entamé sa mission de reconnaissance. Il est le premier d'une constellation de trois satellites qui assurera la relève du système Hélios 2 (cf. p. 28-29). Lancé le 19 décembre par un Soyouz depuis la Guyane, il sera suivi pendant ses 10 ans de vie depuis un centre de programmation installé à Toulouse (cf. ci-contre). Ce programme est mené dans le cadre d'un partenariat historique entre la Direction générale de l'armement (DGA) et le CNES. En 2020, CSO 2 sera placé en orbite à 480 km de la Terre pour une mission d'identification. Fin 2021, CSO 3 améliorera encore la capacité de revisite de la constellation sur la même orbite que le premier. La nouveauté viendra alors du pas de tir : c'est sur Ariane 6 que s'effectuera le dernier lancement!

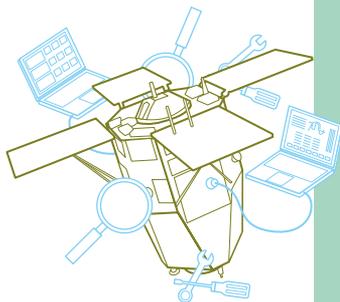
1. Composante spatiale optique



RÉSILIENCE

RÉSISTER À TOUTES LES ATTAQUES

Q u'ils soient civils ou militaires, les satellites sont très vulnérables aux agressions. Les formes possibles d'attaques sont multiples : agressions par armes à énergie cinétique ou dirigée, intrusions, brouillage, interception de communications... Les objectifs de l'agresseur sont tout aussi divers : espionnage, prise de contrôle, dissuasion, destruction, mise hors service... Contrecarrer ces menaces nécessite donc des contre-mesures appropriées. Elles sont de trois niveaux : la capacité à détecter, localiser et identifier un agresseur, le durcissement des chaînes fonctionnelles du satellite pour le rendre moins vulnérable et la mise en sécurité complète du satellite, souvent au prix d'une interruption temporaire de mission. Le CNES intervient, au profit de la défense, pour évaluer les seuils de vulnérabilité, tester et développer les contre-mesures adaptées aux menaces les plus probables. L'établissement étudie par exemple des techniques et dispositifs de détection ainsi que de localisation de brouilleur.



6 ETP

CSO est encore en phase de recette en vol, une sorte de « période de rodage ». Une équipe de 6 experts se consacre à plein temps aux derniers réglages et à l'étalonnage de centaines de milliers de paramètres avant d'entamer l'exploitation opérationnelle du satellite.

CPCC

UN CENTRE DE CONTRÔLE PAS COMME LES AUTRES



L e centre névralgique du programme CSO se situe à Toulouse : c'est le centre de programmation et de commande-contrôle (CPCC). Sa mission : se charger des opérations classiques entre le bord et le sol comme l'envoi des commandes, la mise et le maintien à poste du satellite, la surveillance de son bon fonctionnement, la mise en œuvre des instruments, etc. Mais ce n'est pas tout. La DGA a en effet confié au CNES l'élaboration du plan international de prises de vue, pour lequel ce dernier s'est engagé à respecter de strictes règles de confidentialité et de partage des images CSO entre les différents pays européens. Les menaces cyber ont par ailleurs été prises en compte : le CNES a adossé au CPCC de nombreux systèmes spécifiques. Des boîtiers cryptographiques protègent, par exemple, l'ensemble des communications.



L'ESSENTIEL



LOI DE PROGRAMMATION MILITAIRE CONNAISSANCE ET ANTICIPATION, LA PRIORITÉ

À intervalles réguliers, la programmation militaire fait l'objet d'une loi. Promulguée le 13 juillet 2018, la loi de programmation militaire (LPM) pour les années 2019-2025 accorde une priorité à la fonction stratégique « Connaissance et anticipation », à laquelle le spatial apporte une contribution très substantielle. Elle conforte aussi l'innovation dans son rôle de levier majeur pour « garantir l'autonomie stratégique » de la France. Par ailleurs, elle réaffirme la nécessité de moderniser les moyens de surveillance. Une nouvelle génération de systèmes orbitaux de renseignement sera donc mise en service : CSO pour l'optique et Ceres pour l'électromagnétique. Le CNES jouera un rôle central dans cette montée en puissance ; il est maître d'ouvrage délégué de la composante spatiale du programme CSO et étroitement impliqué dans le développement de Ceres. Pendant la période couverte par la LPM, deux nouveaux satellites de télécommunications militaires Syracuse 4 prendront également le relais des Syracuse 3.

COOPÉRATIONS EUROPÉENNES PARTENAIRES PRIVILÉGIÉS DE CSO

L'observation spatiale militaire française se nourrit des coopérations. Les partenaires profitent ainsi de capacités très performantes qu'ils ne possèdent pas en propre. En 2002, la France a signé les accords de Schwerin avec l'Allemagne et, en 2004, ceux de Turin avec l'Italie. Au titre de ces accords, la France bénéficie des images des satellites radars SAR-Lupe (Allemagne) et Cosmo-Skymed (Italie). En échange, elle livre des images très haute résolution (THR) de ses satellites optiques Hélios. Ce *modus operandi* devrait être retenu pour la nouvelle génération représentée par CSO (France), Sarah (Allemagne) et Cosmo-Skymed NG (Italie). L'Italie est aussi un partenaire privilégié dans le domaine des télécommunications spatiales : Athena-Fidus, le satellite dual franco-italien, offre d'intéressantes performances en termes de débit et Sicral 2, le satellite militaire italo-français, embarque une charge utile française.





STRATÉGIE

UN RENFORCEMENT DES SYNERGIES POUR L'INNOVATION

Avec Myriade, le CNES a démontré son expertise dans le domaine des petites plateformes orbitales évolutives. Depuis 1998, la filière a équipé de nombreux programmes civils et militaires comme le démonstrateur opérationnel d'écoute électronique Elisa, actuellement en orbite. Dans la même logique, le CNES soutient aujourd'hui l'émergence d'une filière industrielle française de nano-satellites. Il fait notamment le lien entre laboratoires, start-up, PME, industriels... Il sera aussi un interlocuteur privilégié de l'Agence de l'innovation de défense, nouvellement créée. « Acteur central de la nouvelle stratégie d'innovation du ministère des Armées », cette entité identifiera les innovations du secteur civil qui pourraient intéresser les usages militaires et accélérer leur intégration dans les programmes de défense. En novembre, l'Agence a organisé son premier Forum (cf. p. 34).

3,6 milliards d'euros

C'est l'enveloppe attribuée par la loi de programmation militaire 2019-2025 au domaine spatial. Elle comprend le développement et la réalisation des satellites Syracuse 4 A et B, Ceres et CSO. Ce budget financera aussi des travaux de recherche sur les programmes post-CSO et Syracuse 4C.

Ligne 191

La ligne de programmation budgétaire 191 alimente les R&D du CNES pour la recherche de solutions innovantes établissant des interconnexions fructueuses, réciproques et porteuses de plus-values entre secteur civil et militaire. Dans le projet de loi des finances 2018, la ligne 191 affectait 150 millions d'euros au CNES pour la recherche de solutions duales.

BASE 110

Un gigantesque flux de données, dont des données spatiales, alimente chaque jour le centre névralgique de la Direction du renseignement militaire (DRM), la base aérienne 110, à Creil. Un millier d'experts trient, interprètent et analysent ces données pour que décideurs civils et militaires appréhendent au mieux les situations.

L'APPORT DU SPATIAL À LA DÉFENSE

LE RENSEIGNEMENT D'ORIGINE IMAGE



La source de l'image peut être générée par un télescope, des radiomètres, des radars imageurs, etc. Recueillis sous forme codée binaire, les flux de données sont « traduits » en cartographies et en images exploitables.

LE RENSEIGNEMENT D'ORIGINE ÉLECTROMAGNÉTIQUE



Il repose sur l'écoute et la localisation des sources d'émission d'ondes (antennes émettrices, instruments de télémétrie, radars, etc.) utilisées pour communiquer des informations à un récepteur.

LES TÉLÉCOMMUNICATIONS



Elles transmettent des informations numérisées entre un émetteur et un récepteur. Le relais satellitaire permet de relier rapidement et de façon fiable des théâtres d'opérations à grande distance des bases arrière.

L'ALERTE AVANCÉE



Elle permet de détecter le lancement de missiles depuis les territoires adverses et de déclencher des moyens de défense ou de mettre en œuvre des processus de dissuasion.

LA SURVEILLANCE DE L'ESPACE



Elle sert à protéger les satellites de défense des collisions ou des actes hostiles, et de suivre les rentrées à risque d'engins spatiaux.



L'ESSENTIEL



Télescope Tarot.

CAESAR SERVICE ANTICOLLISION

Le 10 février 2009, jour noir pour l'espace : Iridium 33, satellite de télécommunications américain opérationnel, et Cosmos 2251, satellite militaire russe inactif, se percutent.

Le bilan est lourd : au minimum 2000 débris spatiaux supplémentaires menacent pour des siècles les satellites opérationnels. L'urgence de gérer ces risques se révèle alors à tous. En 2014, la France crée Caesar¹, un service offert aux opérateurs de satellites et porté par le CNES. Pour analyser les rapprochements à risque, il s'appuie sur le catalogue américain d'objets spatiaux et sur les données issues du radar Graves et du réseau de télescopes Tarot. Si un risque de collision est détecté, Caesar propose un premier scénario d'évitement au centre de contrôle du satellite ; un dialogue s'engage pour déterminer la manœuvre la plus appropriée dans le respect des contraintes opérationnelles et sous réserve qu'elle ne génère pas d'autres risques. Depuis 2016, Caesar est accessible au travers du projet EU SST (cf. p. 11), financé par la Commission européenne.

1. Conjunction Analysis and Evaluation Service, Alerts and Recommendations (Service d'analyse et d'évaluation des conjonctions, alertes et recommandations)

OPÉRATION HAMILTON MISSILE ET CARTOGRAPHIE

Le 14 avril 2018, dans la province de Homs, en Syrie, les forces françaises, américaines et britanniques frappent des sites du programme chimique syrien. Elles ripostent à une attaque chimique qui, le 7 avril 2018, a fait plusieurs dizaines de morts parmi les civils, à Douma. Ce raid n'a pu être réalisé que grâce aux moyens spatiaux. La prévision météo fine et l'établissement d'une liaison satellitaire sécurisée avec les forces déployées ont joué un rôle majeur. Mais si, au terme d'une navigation de plusieurs centaines de kilomètres, les missiles de croisière tirés ont atteint leur cible, c'est aussi grâce au modèle numérique de terrain (MNT) introduit dans leurs calculateurs. Obtenu à partir de données d'imagerie d'origine spatiale, le MNT cartographie de manière extrêmement précise le terrain survolé par le missile jusqu'à sa cible.





OPÉRATION BARKHANE DES DRONES PILOTÉS PAR SATELLITE

La bande sahélo-saharienne est aussi vaste que l'Europe. Depuis 2013, les forces armées françaises sont engagées sur ce théâtre d'opérations dans la lutte contre les groupes armés terroristes. Dans leurs opérations, elles bénéficient du soutien des drones Reaper, particulièrement adaptés à la surveillance de ces vastes territoires. L'endurance est un atout précieux de ces nouveaux aéronefs, dont la capacité ISR (renseignement, surveillance, reconnaissance) est déterminante. Leur pilotage et le recueil des informations qu'ils collectent sur de grandes distances sont rendus possibles grâce aux satellites.

NOMINATION PHILIPPE STEININGER, CONSEILLER MILITAIRE DU CNES

Nommé conseiller militaire auprès du président du CNES, le général Philippe Steinger a pris ses fonctions le 1^{er} novembre 2018. Dire qu'il est légitime à ce poste est un euphémisme; sa trajectoire en est la preuve. Ingénieur de l'École de l'air, breveté de l'École de guerre, il a, pendant quinze ans, servi comme pilote de combat de l'armée de l'air et participé à plusieurs opérations extérieures (Opex). Son expérience et ses compétences l'ont conduit à commander les forces aériennes stratégiques et à occuper les fonctions de secrétaire général adjoint de la défense et de la sécurité nationale. Chercheur associé à l'Iris¹, Philippe Steinger est spécialiste des politiques de défense et des questions aérospatiales. Passionné d'espace, il aurait volontiers mis ses pas dans ceux de Jean-Loup Chrétien, pionnier des astronautes français. Sa nomination au CNES est donc un parfait moyen de concilier passion et expertise. Auprès de Jean-Yves Le Gall, le général Steinger définit son rôle comme celui d'un « facilitateur » pour orienter et développer de futurs programmes. Il met sa double compétence au service du CNES et des armées pour soutenir les décisions de bon aloi dans l'intérêt des uns comme des autres.

1. Institut de relations internationales et stratégiques

DÉBRIS SPATIAUX L'EUROPE TOUJOURS EN VEILLE

L'Union européenne a établi un cadre de suivi des débris spatiaux, le Space Surveillance and Tracking (EU SST). Les agences spatiales française, allemande, espagnole, italienne et britannique ont été rejointes début 2019 par celles de la Pologne, du Portugal et de la Roumanie. Au sein de ce consortium, les agences mettent à disposition, avec l'appui du SatCen¹, des moyens de surveillance des collisions, rentrées et fragmentations. En juillet 2017, la France a pris la présidence d'EU SST par le biais du CNES, qui contribue aux travaux grâce aux activités du centre d'orbitographie opérationnelle sur les alertes collision. Il s'implique également dans l'observation optique des orbites hautes avec le réseau de télescopes Tarot. Le radar français Graves, qui détecte et classe les objets en orbite basse, est un atout majeur de la France au sein d'EU SST.

1. Centre satellitaire de l'Union européenne

600 000

C'est l'estimation américaine du nombre de débris supérieurs à 1 cm en orbite basse. Disséminés dans l'espace, ils sont autant de dangers potentiels pour les engins spatiaux... et donc pour les populations civiles.



#COMMUNAUTÉ

Tous les jours, sur les réseaux sociaux, le CNES discute avec vous. Vous nous faites part de vos réflexions ou questions. Rejoignez la conversation!;)

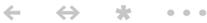


@AMAURYPI

Passionné d'astrophysique, scanneur, étudiant, pianiste – je fais des bêtises avec du code et j'aime partager la science.



Nuance, donc : l'armée peut utiliser les satellites civils, et par opposition, les technologies apportées par l'armée peuvent être utilisées par les civils. Par exemple, pour les prévisions météo – utiles aux deux ! –, le GPS/Galiléo, les données géographiques... [#CNESTweetUp](#)



@SPACE_THOMALICE

Apprentie journaliste scientifique @loctopusjournal
Vidéaste passionnée d'espace Membre du @cafe_sciences
[#BananaForScale](#) et [#SpreadThePipouness](#)



Quand on me parle d'espace et de guerre.
[#CNESTweetUp](#)

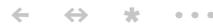
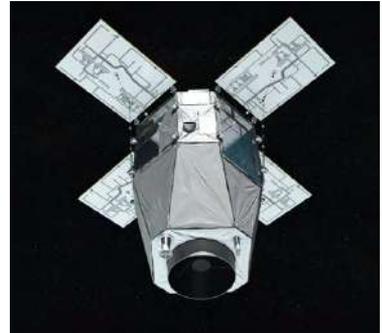


@ERIC_GERNEZ

Français du Suriname, attentif à l'actualité de la région.



[#Guyane](#) - Successeur d'[#Hélios](#), les satellites [#CSO](#) : le premier satellite de la composante spatiale a été lancé depuis Kourou. Il fournira des images en très haute résolution depuis une orbite héliosynchrone à une altitude de 800 km.



@STEPHANE SEBILE

Space Quotes - Souvenirs d'espace



Le traité de 1967 sur l'utilisation pacifique de l'Espace spécifie qu'il n'y a pas d'armes de destruction massive dans l'espace.
[#CNESTweetUp](#)





GRAND ORAL

FLORENCE PARLY

MINISTRE DES ARMÉES ET ANCIENNE
DIRECTRICE DE GRANDS GROUPES INDUSTRIELS
ET DE TRANSPORT FRANÇAIS, Florence Parly
expose les enjeux actuels et futurs de la défense
et détaille la place prépondérante
qu'elle tient dans le spatial.



GRAND ORAL

QUELS SONT LES GRANDS ENJEUX À VENIR POUR LA DÉFENSE NATIONALE ?

Florence Parly : Le monde est en proie à des menaces toujours plus vives, plus imprévisibles, plus technologiques. Le terrorisme frappe toujours et s'est encore rappelé à nous durement. Les puissances cherchent à s'affirmer par tous les moyens et la course à l'armement reprend. Les nouvelles technologies et le numérique offrent des opportunités formidables mais aussi des nouveaux espaces de conflit. Le spatial est bien évidemment au cœur de tous ces enjeux. La conduite des opérations passe par l'espace, qui nous permet de surveiller, connaître, guider. Et dans l'espace, des technologies défensives et offensives se développent, les satellites peuvent être espions ou être espionnés. Par ailleurs le New Space¹ permet à de nouveaux États et à des acteurs privés de disposer d'accès plus faciles à l'espace, ce qui pourrait considérablement déstabiliser les équilibres actuels.

LE RÔLE DU SPATIAL DE DÉFENSE SERA-T-IL ALORS AMENÉ À ÉVOLUER ?

F. P. : Vous l'avez compris, l'espace est plus que jamais une des clés de voûte de notre défense. Face à la montée des menaces, le résultat est sans appel : nous devons agir et nous adapter. Ma priorité est de protéger nos satellites en étant capables de détecter et attribuer les actes inamicaux voire hostiles sur les différentes orbites d'intérêt. Nous devons avoir une surveillance



FLORENCE PARLY

MINISTRE DES ARMÉES

« LA FRANCE A TOUJOURS ÉTÉ PIONNIÈRE DANS LA CONQUÊTE SPATIALE, ELLE LE RESTERA. »

et une protection robustes pour nos satellites : j'en fais une priorité. Je sais qu'elle est partagée par le président de la République et je lui ferai très prochainement des propositions en ce sens.

IL SEMBLERAIT QUE LES SATELLITES PUISSENT DEVENIR EUX-MÊMES DES CIBLES, COMMENT DOIT-ON ANTICIPER CETTE NOUVELLE MENACE ?

F. P. : Une chose est sûre : l'espace exo-atmosphérique est devenu un espace de confrontation à part entière. La France a toujours été pionnière dans la conquête spatiale, elle le restera. Ma priorité, c'est de surveiller, identifier et caractériser ce qui advient à proximité de nos satellites. Pour réussir, je souhaite qu'ils soient équipés prochainement de moyens de détection. Nous allons travailler en coopération avec

nos partenaires européens pour construire une capacité autonome de veille de l'espace plus précise qu'aujourd'hui. Nous nous appuierons enfin sur les services de surveillance dans l'espace de certains industriels. Faudra-t-il aller plus loin pour nous protéger, nous défendre et dissuader quiconque de s'approcher de nos satellites ? Nous n'écartons aucune éventualité.

L'ACCÈS « AUTONOME » À L'ESPACE EST-IL INDISPENSABLE POUR LA DÉFENSE D'UNE NATION ? POURQUOI ?

F. P. : Grâce aux satellites, nous observons nos ennemis, comprenons leurs méthodes et trouvons leurs caches. Grâce à l'espace, nous planifions nos opérations, assurons la sécurité de nos forces et entretenons notre dissuasion. Pour y parvenir, il nous faut placer des capacités essentielles en orbite. La question est donc simple : voulons-nous être tributaires ou autonomes ? Ma réponse est claire : l'autonomie stratégique est au cœur de mon action. Nous devons être maîtres de nos renseignements, de nos opérations, de notre dissuasion ; nous devons donc être maîtres de notre accès à l'espace.

L'ACCÈS À L'ESPACE AVEC TOUJOURS PLUS DE NOUVEAUX ACTEURS CHANGE-T-IL LA DONNE ? POURQUOI ?

F. P. : L'accès à l'espace se démocratise et de nouveaux acteurs multiplient les offres à des coûts ou des délais réduits. Ce n'est pas une mauvaise nouvelle : les potentialités scientifiques ou



GRAND ORAL

commerciales de l'espace vont ainsi pouvoir être exploitées bien plus qu'elles ne le sont aujourd'hui. De multiples projets, souvent privés, de constellations de satellites d'observation ou de télécommunications voient le jour, promettant toujours plus de services et des applications infinies. Mais cela pose aussi un certain nombre de questions, notamment parce que les orbites utiles ne sont pas extensibles et que la régulation de l'espace mise en place il y a cinquante ans n'avait pas anticipé ces changements. Il faudra donc établir rapidement des règles de bonne conduite et de comportements responsables. Aussi, la multiplication des offres de lancement fragilise naturellement le modèle économique et industriel du lanceur européen. À nous de l'adapter pour garantir la pérennité de cette technologie stratégique.

POUR VOUS, LES MOYENS SPATIAUX MILITAIRES SONT-ILS UN ATOUT OU SONT-ILS DEVENUS UNE NÉCESSITÉ ?

F. P. : Prenons un exemple précis : l'opération Hamilton, c'est-à-dire nos frappes en réponse aux attaques chimiques du régime syrien. Nos capacités spatiales ont été déterminantes à chaque étape : pour planifier et trouver les usines et les entrepôts chimiques du régime,

« LE CNES EST UNE CHANCE POUR LA FRANCE, IL RASSEMBLE LES COMPÉTENCES LES PLUS RARES ET LES EXPERTISES LES PLUS PRÉCIEUSES. »

pour guider nos aviateurs, pour garantir nos communications et la coordination avec nos alliés américains et britanniques, etc. Je me limite à cet exemple mais croyez-moi, j'en ai bien d'autres. En un mot, l'espace est aujourd'hui indispensable à notre défense. Nos moyens spatiaux sont donc à la fois un atout inestimable et une nécessité absolue.

DANS CE CONTEXTE, QUEL EST LE RÔLE D'UN ÉTABLISSEMENT COMME LE CNES ? FACE AUX NOUVELLES MENACES SUR NOS SATELLITES ET AU BOULEVERSEMENT CRÉÉ PAR LE NEW SPACE, QU'EN ATTENDEZ-VOUS ?

F. P. : Le CNES est une chance pour la France, il rassemble les compétences les plus rares et les expertises les plus précieuses dans le domaine spatial. Les technologies spatiales étant pour l'essentiel de nature duale, le Centre spatial est précieux pour la recherche et la réalisation de nos moyens spatiaux militaires. Il est chargé des programmes de recherche duale pour le compte de la DGA et assure la maîtrise d'ouvrage de nos satellites militaires, leur garantissant fiabilité et qualité. Par exemple CSO, la composante spatiale optique du programme Musis, nous le devons au CNES, qui nous permet de disposer d'un outil de renseignement à la pointe de l'art. Dans un contexte de nouvelles menaces, le CNES travaille remarquablement sur les évolutions technologiques qui doivent nous permettre de développer la surveillance de l'espace. Et je sais qu'il ne ratera pas le virage

technologique dans le foisonnement actuel d'idées, d'innovations et d'opportunités. Quant au New Space, ce ne sont pas nécessairement des technologies radicalement nouvelles, mais souvent des ruptures d'usage obtenues grâce à l'intégration industrielle de technologies éprouvées, à des coûts très compétitifs. Ces ruptures ne sont possibles qu'avec un investissement institutionnel fort, comme l'a montré l'ascension de Space X, largement subventionné à ses débuts par l'administration américaine. Le New Space bouleverse notre modèle industriel, et peut-être faudra-t-il revoir demain notre rapport avec les industriels. Quoi qu'il en soit, le ministère des Armées sait ce qu'il doit à la qualité du CNES et je veillerai à ce que les relations soient toujours aussi denses et mutuellement bénéfiques.

1. New Space, ou Entrepreneurial Space, désigne le mouvement lié à l'émergence d'une industrie spatiale d'initiative privée.

Profil

2006-2013

Directrice de la Stratégie d'investissement d'Air France puis directrice générale adjointe en charge du Cargo et enfin directrice générale adjointe de l'activité Court-courrier

2014

Directrice générale déléguée puis directrice générale de SNCF Voyageurs.

2017

Nommée ministre des Armées.



EN IMAGES



INTERVENTION D'URGENCE

Quels sont les accès sécurisés ? Où se situent les positions ennemies ? Outils d'évaluation stratégique, les satellites d'observation sont aussi des appuis tactiques en situation de combat. Le 16 octobre 2018, la ville syrienne de Raqa a été reprise des mains du groupe État islamique par les forces kurdes. Pléiades a donc été programmé en urgence pour cartographier et interpréter les destructions constatées sur le terrain. Au près des troupes, les commandants ont mené des interventions décisives dans la ville. Elles dépendaient entièrement de ces données, actualisées 24 heures sur 24. Nommée « Point 11 », la partie souterraine du stade de football de Raqa a été utilisée comme siège des services secrets de l'EI. L'état des tribunes témoigne de l'âpreté des combats.



EN IMAGES



SURVEILLANCE AU LONG COURS

Comme d'autres sites stratégiques, le complexe nucléaire de Yongbyon, en Corée du Nord, fait l'objet d'une surveillance rapprochée. Pléiades livre des images très haute résolution en quasi temps réel; elles sont ensuite intégrées avec d'autres données dans des centres de renseignement. La surveillance s'exerce sur les activités autour des bâtiments les plus sensibles, comme le réacteur de 5 mégawatts qui produit le plutonium utilisé dans les essais nucléaires nord-coréens, mais aussi sur les chantiers de la ville qui se succèdent depuis le Nord, le long du fleuve Kuryong (image ci-dessus). Protégés dans la boucle du méandre, le laboratoire de radiochimie au sommet de la presqu'île, et l'usine d'enrichissement de l'uranium, sur la pointe sud, sont deux infrastructures majeures pour l'armement nucléaire.



EN CHIFFRES

25 BOUGIES



Le Centre de formation et d'interprétation interarmées de l'imagerie (CF3I), qui fête en 2018 vingt-cinq années d'existence, offre, au sein même des armées, un large spectre de savoir-faire. Plus de 4000 officiers et sous-officiers y sont formés aux métiers de l'imagerie et plusieurs centaines de milliers d'images y sont exploitées. Le CF3I abrite aussi une mission d'expertise pour appréhender les grandes avancées technologiques spatiales et de l'imagerie au profit d'un renseignement plus précis et plus réactif.

120

LES RISQUES DE COLLISION

diffèrent en fonction des orbites : le nombre d'objets spatiaux étant faible en orbite géostationnaire, le risque de collision est moindre que sur une orbite basse, mais reste catastrophique pour les satellites opérationnels. Aujourd'hui, le consortium EU SST s'appuie sur 11 radars, 19 télescopes et 4 stations laser et protège 120 satellites européens des risques de collision.

EUROPE



Satellite Syracuse.

Le terrorisme et les migrations ont bouleversé l'Europe. Dans ce contexte, le spatial peut améliorer le niveau de sécurisation des communications gouvernementales. En 2013, la Commission européenne a lancé le programme GovSatCom¹. Soutenu par l'Agence européenne de défense et l'ESA, ce programme doit fournir, à l'horizon 2021, des services spatiaux sécurisés (niveau moyen de résilience), aux pays, organismes et opérateurs de l'Union. Les ressources gouvernementales seront mises en commun, et leur accès, soumis à accréditation. Le CNES participe à l'orientation du programme en

qualité d'expert en montage, conception et développement de programmes de télécommunications spatiales sécurisées.

1. Governmental Satellite Communications

2022

Le projet de démonstrateur CO3D sera dédié à la production de modèles numériques de surface (MNS). Cette future Constellation Optique 3D de mini-satellites est confrontée à plusieurs défis. Elle doit démontrer la capacité à produire, à l'échelle mondiale, des images de qualité à bas coût et des traitements automatisés de données massives dans le sillage des images stéréoscopiques de Pléiades. Dans ce programme dual à son initiative, le CNES est garant des besoins des institutionnels civils et militaires. Pour cela, il a notamment choisi de piloter les activités garantissant les performances de la chaîne image (2D) et productions 3D dérivées. CO3D pourrait être opérationnel en 2022. Sur un autre terrain, CO3D accompagnera aussi l'industrie spatiale en développant un concept de mini-satellites optiques à coût compétitif.





LE CNES EN ACTIONS

UN ESPACE POUR LA DÉFENSE

OBSERVATION, ÉCOUTE, SÉCURISATION DES COMMUNICATIONS... AUX CÔTÉS DU MINISTÈRE DES ARMÉES, LE CNES CONÇOIT ET ASSURE LA GESTION D'OUTILS SPATIAUX ULTRA-PERFORMANTS À VOCATION DUALE. OBJECTIF : RÉPONDRE À MOINDRE COÛT AUX BESOINS EXIGEANTS DE LA DÉFENSE TOUT EN FAISANT BÉNÉFICIER LA SOCIÉTÉ CIVILE DES AVANCÉES TECHNOLOGIQUES.

Le satellite CSO en test chez Airbus Defence and Space à Toulouse.



LE CNES EN ACTIONS



n 1946, le CNES n'est pas encore né que déjà le ministère de la Défense nationale apporte son soutien financier au Comité d'études spatiales pour la réalisation d'« engins balistiques ». Avec la création du CNES en 1961, la France affiche clairement ses ambitions spatiales. En 1993, à la lumière des enseignements de la guerre du Golfe, au cours de laquelle le spatial a clairement démontré sa plus-value militaire, il est décidé de placer le CNES sous la double tutelle des ministères chargés de la Recherche et de la Défense. C'est ainsi que se trouvent officialisés les liens du spatial avec la défense. Depuis les années 1990, les armées françaises s'appuient sur des moyens spatiaux en toutes occasions : pour communiquer, recueillir du renseignement, s'orienter, naviguer, guider des projectiles ou encore prévoir les conditions climatiques avant une opération. L'intérêt militaire du spatial est ainsi devenu incontestable. La revue stratégique¹ de 2017 est allée encore plus loin en reconnaissant que l'espace extra-atmosphérique n'était pas seulement un milieu utile à l'appui des opérations militaires sur Terre, mais aussi un lieu de

confrontation. Une véritable (r)évolution de posture stratégique.

OBSERVER, ÉCOUTER, TRANSMETTRE

Les foyers de conflits se diversifient, les sites à surveiller sont de plus en plus vastes, des milliers de kilomètres séparent centre de commandement et théâtre d'opérations. C'est pourquoi voir, écouter, transmettre sont devenus les clés de voûte de la défense. Ignorant les frontières, seuls les satellites survolent la Terre pour conduire en toute discrétion des missions de renseignement : ils effectuent des prises de vue (ROIM², cf. p. 22-23) et surveillent le spectre électromagnétique (ROEM³, cf. p. 25-26). Le ROIM permet de cartographier le terrain, de surveiller des zones d'intérêt ou de préciser les caractéristiques d'une cible. Depuis Spot 1 (1986), le CNES a accumulé une grande expertise dans le domaine de l'observation de la Terre. Celle-ci a été mise à profit pour développer les satellites militaires Hélios, puis le système dual Pléiades, qui a apporté de réelles innovations, encore améliorées dans le programme CSO (cf. p. 28-29). Le ROEM consiste à détecter, analyser et localiser des émissions électromagnétiques depuis l'espace. Les données recueillies



sont utiles pour des activités de veille stratégique et de planification opérationnelle. Le démonstrateur opérationnel Elisa, actuellement en orbite, a permis de préparer l'arrivée en 2020 du système Ceres, premier système spatial opérationnel dans les armées (cf. p. 26). Mais le renseignement ne fait que précéder l'action militaire. Lors des opérations, les télécommunications spatiales sont évidemment indispensables. Leur confidentialité est une condition inaliénable. Elles sont possibles de manière hautement sécurisée et résistante au brouillage par les satellites militaires Syracuse. Le satellite dual franco-italien Athena-Fidus, développé par le CNES pour la partie française, apporte quant à lui un gain de débit très apprécié (cf. p. 24).

UN PARTENARIAT GAGNANT-GAGNANT

Au sein du ministère des Armées, l'état-major des armées (EMA) définit le besoin opérationnel, et la Direction générale à l'armement (DGA) conduit les programmes de systèmes spatiaux. Par délégation de la DGA, le CNES peut notamment en assurer la maîtrise d'ouvrage. Dans ce cas, il identifie les meilleures solutions technologiques (architecture, systèmes, procédures). Dès la genèse d'un projet, les deux partenaires investissent ou réinvestissent les technologies civiles dans les satellites militaires, et inversement. Ainsi, le satellite militaire Hélios 1 et le satellite civil Spot 4 étaient en réalité très proches, une couche de chiffrement et de résistance au brouillage et aux agressions distinguant le militaire du civil. Produire des systèmes duaux permet de diviser la ressource et de réaliser une économie d'échelle. Dans les phases de R&T, puis de prototypage, les coûts sont partagés entre la défense et son partenaire civil ; et le retour d'expérience bénéficie aux deux mondes. C'est le modèle qui a été retenu pour les programmes de satellites d'observation Pléiades et de télécommunications Athena-Fidus. Bien entendu, rien n'est figé dans le monde spatial et le CNES assume sa mission de promoteur de capacités nouvelles et innovantes.

1. « La revue stratégique de défense et de sécurité nationale 2017 » a fixé le cadre stratégique de l'élaboration de la loi de programmation militaire 2019-2025.

2. Renseignement d'origine image.

3. Renseignement d'origine électromagnétique.



Mission réussie pour le lanceur Soyouz, le 19 décembre 2018, qui a mis sur orbite le premier satellite CSO depuis le Centre spatial guyanais.

ORBITE BASSE...

... SOUS CONTRÔLE TOULOUSAIN!

Le CNES contrôle depuis son site toulousain les satellites militaires et duaux évoluant en orbite basse (CSO, Hélios, Pléiades et Elisa). Il les maintient en conditions opérationnelles et garantit le meilleur niveau de performance des instruments embarqués. Il doit aussi détecter et gérer les risques de collision avec les autres objets spatiaux, en collaboration étroite avec le Cosmos¹ de l'armée de l'air. Pour ces missions, la Direction du numérique, de l'exploitation et des opérations (DNO) du CNES s'appuie sur ses centres de contrôle et un réseau mondial de stations sol. De nombreuses compétences relevant de toute l'expertise de l'établissement (mécanique orbitale, programmation de mission, traitement de la qualité des images, informatique, réseau, sécurité) sont donc mobilisées. Par ailleurs, cette direction est aussi présente dans la préparation du futur, au travers d'études de nouvelles missions et d'évolutions des méthodes et outils.

1. Centre opérationnel de surveillance militaire des objets spatiaux



LE CNES EN ACTIONS



OBSERVATION

LES DESSOUS DE L'IMAGE SPATIALE

L'imagerie spatiale a su se rendre indispensable à bien des niveaux. Pour la défense, elle est tout simplement incontournable. Expert de longue date en observation de la Terre, le CNES fait bénéficier l'armée de technologies de pointe maintes fois éprouvées.



érienne, terrestre, maritime ou spatiale, l'image reste la forme de renseignement la plus facile à obtenir. L'image spatiale n'a rien d'une photo, c'est une représentation numérique d'un paysage, augmentée d'un certain nombre de données. Traitée, expertisée, interprétée, cette prise de vue est donc une mine d'informations. « On peut établir une cartographie, extraire une vue 3D, mesurer des longueurs ou encore reconnaître des objets ou des matériaux », détaille Alain Gleyzes, sous-directeur des projets d'observation de la Terre au CNES.

LA FORCE DE LA DUALITÉ

« Analyser et comprendre les images spatiales est devenu un préalable avant toute prise de décision, confirme Xavier Buisson, général de brigade aérienne. Le ROIM est l'une des don-



LE CNES EN ACTIONS

900

millions de pixels

Sur Pléiades, une image numérique carrée de 20 km de côté comprend 900 millions de pixels. Sur CSO, ce sera beaucoup plus : la qualité image de CSO est sans équivalent en Europe !

nées capitales quel que soit le cas de figure : conflits, catastrophes naturelles, lutte contre les activités clandestines... » Depuis des décennies, le CNES met au service de la défense l'expertise acquise en observation de la Terre (filiale Spot). Déjà Hélios 1, satellite de reconnaissance militaire, et Spot 4 sa version civile, illustrent cette forme de dualité : conçus sur la même plateforme, Hélios a des capacités spécifiques comme la révolution « imagerie infrarouge thermique ». Précieuse en climatologie dans sa version civile, cette imagerie offre la possibilité de voir de nuit. Elle représente aussi un traceur d'activités humaines.

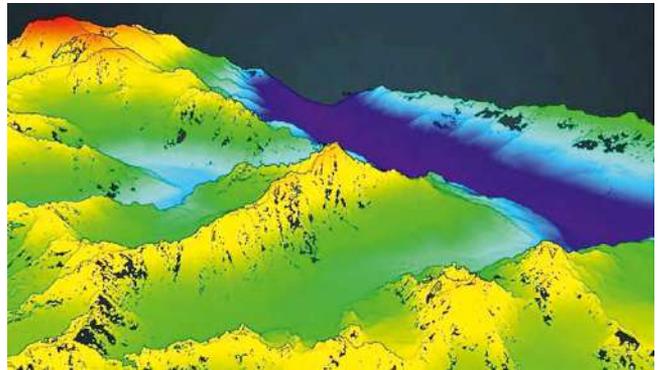
De plus en plus de travaux de recherche se focalisent d'ailleurs sur des technologies duales. Depuis 2011, Pléiades satisfait des programmes civils et fait profiter la défense de sa très haute résolution et de son agilité. Il lui livre chaque jour cinquante images prioritaires, acquises si nécessaire sur des théâtres restreints. En un seul passage, le satellite couvre un maximum de besoins opérationnels. Mises au point sur Pléiades, ces technologies vont apporter une plus-value à CSO. L'amélioration du contrôle d'attitude va faciliter l'acquisition d'images en rafale sur un même site. Une caractéristique dont on mesure tout l'intérêt sur les zones de conflit, notamment.

DE NOUVELLES VOIES À EXPLORER

Mais l'optique n'est pas au bout de ses évolutions. Des pistes nouvelles s'ouvrent, soit en R&D (constellation optique en 3D pour une génération massive de modèles numériques de terrain (cf. p. 10), soit via des coopérations



Simulation d'une image optique 3 dimensions (CO3D) plaquée sur un modèle numérique de terrain produit avec CO3D.



Simulation d'une carte d'altitude issue d'un modèle numérique de terrain produit avec CO3D.

(avant-projet sur l'hyper-spectral avec Singapour). « Il faut aussi travailler sur la revisite, la permanence, les modes de traitement de données associés, explique Alain Gleyzes. En effet, chaque amélioration technologique génère un supplément exponentiel de données. Face à cette avalanche, l'accroissement des capacités de calcul et l'automatisation des traitements de recherche d'information dans les images sont incontournables. » Comme toujours, intelligence artificielle et big data sont dans la ligne de mire. Outre ses capacités nouvelles, l'imagerie optique peut mettre à son actif le développement d'une industrie de défense dynamique dont l'impact sur la balance commerciale française n'est pas négligeable.



LE CNES EN ACTIONS

TÉLÉCOMS DISCRÉTION MAXIMALE

En matière de défense, communiquer de manière efficace et confidentielle est vital. Mission après mission, le CNES et la DGA ont peaufiné leurs systèmes de télécommunications jusqu'à Syracuse 4, qui intègre des technologies de pointe à la hauteur des tensions géopolitiques actuelles.



Le renseignement est une denrée périssable. Il faut, au plus vite, le transmettre sans risque d'être intercepté. C'est le rôle des satellites de télécommunications sur lesquels le CNES

et la DGA travaillent de concert. En écho à l'augmentation des risques, ces technologies font l'objet de recherches assidues à toutes les étapes : conception, définition, réalisation, lancement. L'étanchéité des systèmes est ensuite validée en orbite.

RÉACTIVITÉ, RAPIDITÉ, CONFIDENTIALITÉ

Les télécommunications spatiales sont évidemment incontournables, notamment dans les zones touchées par des catastrophes naturelles, lorsque plus aucun réseau ne fonctionne. « Mais elles le sont surtout, de manière sécurisée, pour les missions sensibles comme par exemple les opérations de la zone sahélo-saharienne (cf. p. 11), constate Mickaël Ulvoa, capitaine de frégate au commandement interarmées de l'espace (CIE). Elles le sont tout autant dans des interventions telles que l'opération Harpie de lutte contre l'orpaillage clandestin en Guyane. » Le point commun de ces situations : le besoin de réactivité, de précision et de confidentialité à des coûts maîtrisés, qui ne date pas d'hier. Il y a quarante ans, le CNES contribuait déjà à la conception de Télécom 1 et 2, incluant les missions militaires Syracuse 1 et 2 ; en 2005 et

2006, il participait avec la défense à Syracuse 3A et 3B, premiers satellites à assurer la confidentialité totale des données. Aujourd'hui, le CNES travaille à la nouvelle génération de la flotte spatiale militaire, Syracuse 4, qui offre notamment des systèmes résistants au brouillage et des débits significativement augmentés. Parallèlement, il s'agit d'anticiper les besoins de demain comme des systèmes de transfert par ondes codées pour remplacer les réseaux câblés ou des satellites relais pour se substituer aux traditionnelles antennes. Avec Athena-Fidus (2014), en coopération avec l'Italie, le CNES a montré tout l'intérêt du dual. Complémentaire de la flotte militaire, le satellite utilise des systèmes usuels : bande de fréquence Ka (compatible des débits Internet par satellite), standards de télécoms civils, terminaux dérivés de produits commerciaux pour les utilisateurs. Très économique, Athena-Fidus développe d'importantes capacités de communications (3 gigabits/seconde).

FILM



Athena-Fidus : le haut débit par satellite pour nos armées

PRÉPARER L'AVENIR DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

Dans ce panorama, l'émergence du New Space change la donne. Encore en projet, la future génération des satellites de télécommunications intégrera plus d'électronique et de numérique. Le CNES et la DGA se penchent donc sur le berceau de Castor¹, un programme qui prépare les futurs systèmes charge utile et Milsatcom HTS² mili-



Préparation du satellite Athena-Fidus chez Thales Alenia Space, à Cannes.



LE CNES EN ACTIONS

FAST

UNE QUESTION D'ÉNERGIE

L'énergie est un point sensible des satellites dans le cas de traitement numérique bord. Décidé en 2012, Fast¹ est un projet de R&D de processeur numérique transparent de 3^e génération à vocation duale, aujourd'hui en phase de qualification. Il permet la numérisation à moindre coût d'énergie, augmentant au passage la réactivité, la fluidité, et la performance capacitaire des liaisons. Traitée numériquement, la bande passante passe en effet de quelques GHz à plusieurs dizaines. Fast est couplé à Telemak, une autre R&D du CNES, qui améliore les performances des couvertures en bande Ka et protège contre les interférences et les agressions. Syracuse 4 va bénéficier de ces technologies.

1. Future Advanced Satellite Technologies

tarisés. « À l'horizon 2028 – c'est-à-dire demain à l'échelle du spatial –, les besoins en connectivité des forces armées vont croître; ces futures générations devront fournir des capacités de transmission totalement flexibles sur le territoire national comme en zones prioritaires, précise Jean-Pierre Diris, sous-directeur des projets de télécommunications au CNES. Le projet Castor, qui prépare la lignée des satellites tout numérique, va bénéficier de la dynamique du secteur civil commercial. » Une équipe intégrée DGA-CNES est déjà à l'œuvre pour en établir, très en amont, les spécifications et piloter les études d'ingénierie ainsi que les développements industriels des R&D. Toujours soucieux de ce « temps d'avance », le CNES s'intéresse aussi aux technologies photoniques au travers du projet Cusco, qui introduirait les équipements optiques au cœur des charges utiles de télécommunications.

1. Capacité stratégique spatiale de télécommunication mobile et résiliente

2. High Throughput Satellite

ÉCOUTE FRÉQUENCES SOUS HAUTE SURVEILLANCE

De la performance à la couverture d'écoute, le projet Ceres fait franchir au CNES une nouvelle étape dans l'identification et le traitement des signaux électromagnétiques pour le renseignement des armées. Une première européenne.



image n'est pas le seul type de renseignement utile aux armées. Avec le renseignement d'origine électromagnétique spatial, on acquiert une information certes « invisible » mais loin d'être muette en exploitant le signal, et ce quelles que soient sa nature (images, voix, messages codés, faisceaux électroniques, etc.) et/ou sa provenance (antennes radar, instruments de télémétrie, etc.). Il faut savoir que dans le spectre¹ magnétique, on ne fait pas ce que l'on veut : l'attribution des fréquences fait appel à une réglementation internationale stricte. Leur gestion est confiée pour la France à l'Agence nationale des fréquences (ANFR), qui contrôle aussi leur utilisation. Pour la défense, ces signaux, et particulièrement leurs dérives, constituent donc des indicateurs à surveiller de près.

REMONTER LES PISTES

« Le premier souci quand on perçoit un signal suspect, c'est de localiser l'émetteur. Heureusement, les technologies actuelles le permettent », atteste Dominique Pradines, sous-directeur Radiofréquences au CNES. Quand le signal est capté et interprété, il faut, comme dans un jeu de piste, trouver l'intrus et comprendre ses intentions. Intentionnel ou pas, le brouillage des ondes représente une anomalie. Or la multiplication des moyens de communication sur terre contribue à créer un « brouillard » de plus en plus épais qui grippe les communications. Pour parfaire la qualité d'écoute, le CNES cherche donc à minorer les pollutions sonores



LE CNES EN ACTIONS



Les satellites Ceres.

en faisant éteindre les intrus et en participant à l'amélioration de la réglementation.

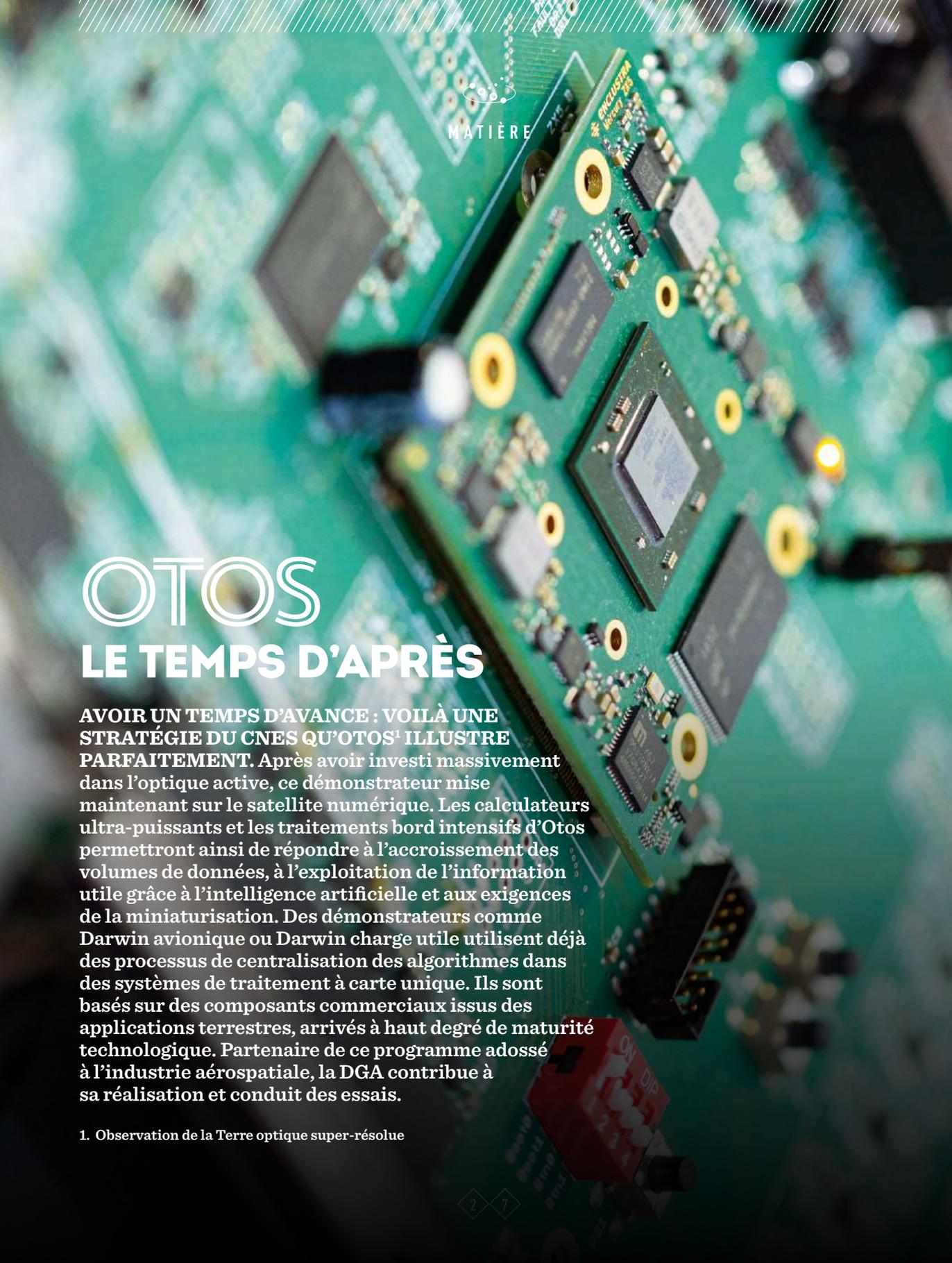
Pour la défense, toute dérive de fréquence est systématiquement traquée. En soutien aux forces armées, le CNES cible les axes d'amélioration possibles : optimiser les performances des récepteurs, valoriser les travaux sur les antennes, etc. En 2012, il a apporté son concours au projet Elisa de la DGA. Cette grappe de quatre microsattellites d'écoute teste dans l'espace les nouvelles technologies de détection des émissions radar.

CERES, VERS L'OREILLE ABSOLUE

La suite logique d'Elisa, c'est Ceres. À partir de 2020, les trois mini-satellites de cette constellation voleront en orbite basse et renforceront les performances d'écoute. Dans un contexte géopolitique agité, « l'objectif de cet équipement militaire est de loca-

liser les émetteurs d'autres pays, précise le lieutenant Émilie Picot. Le but, c'est de disposer d'une bonne couverture mondiale, d'aller chercher ce qui se passe ailleurs, de détecter les flottes ennemies et de pouvoir fournir aux unités en déplacement un état précis des situations. » Cet outil à vocation typiquement militaire va bénéficier des enseignements d'Elisa. Mais Ceres va aussi relever le niveau de performance, améliorer la qualité d'écoute et renforcer la réactivité. Au sein de l'équipe intégrée, le CNES vient en soutien à la maîtrise d'ouvrage pour certaines opérations sol, contrôle et lancement. Stratégiquement, Ceres va positionner la France sur le même rang que les États-Unis, la Chine et la Russie en matière d'écoute ; elle deviendra le premier pays européen à bénéficier d'un tel système.

1. Ensemble des ondes électromagnétiques



MATIÈRE

OTOS

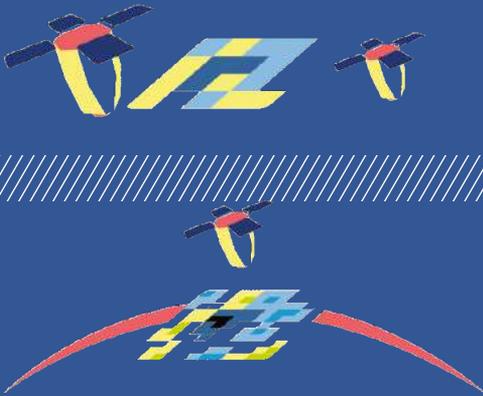
LE TEMPS D'APRÈS

AVOIR UN TEMPS D'AVANCE : VOILÀ UNE STRATÉGIE DU CNES QU'OTOS¹ ILLUSTRE PARFAITEMENT. Après avoir investi massivement dans l'optique active, ce démonstrateur mise maintenant sur le satellite numérique. Les calculateurs ultra-puissants et les traitements bord intensifs d'Otos permettront ainsi de répondre à l'accroissement des volumes de données, à l'exploitation de l'information utile grâce à l'intelligence artificielle et aux exigences de la miniaturisation. Des démonstrateurs comme Darwin avionique ou Darwin charge utile utilisent déjà des processus de centralisation des algorithmes dans des systèmes de traitement à carte unique. Ils sont basés sur des composants commerciaux issus des applications terrestres, arrivés à haut degré de maturité technologique. Partenaire de ce programme adossé à l'industrie aéronautique, la DGA contribue à sa réalisation et conduit des essais.

1. Observation de la Terre optique super-résolue



INSTANTS T



+ DE DÉTAILS

UNE VUE **PERÇANTE**

Poussant jusqu'aux gammes très haute voire extrêmement haute résolution, CSO améliore l'imagerie délivrée et, de fait, la qualité du renseignement produit. Concrètement, quand deux satellites situés à 800 km d'altitude assurent la mission dite de reconnaissance, le troisième satellite, 320 km plus bas, donne accès aux détails pour la mission dite d'identification. De jour comme de nuit, la puissante vision optique de CSO permet d'identifier tous types de cibles, l'infrarouge traquant la signature thermique des objets observés.



+ D'IMAGES

UNE CAPACITÉ **INÉDITE**

Capitalisant les acquis de Pléiades en matière d'agilité, CSO est en mesure de fournir un grand nombre d'images par 24 heures, par orbite et sur une même zone géographique. Le tout, en un seul survol. Capable de basculer très rapidement sur lui-même, il propose plusieurs modes de prises de vue performants, notamment multi-stéréoscopiques. Compatible avec les systèmes nouvelle génération Galileo et GPS, le système offre également une géolocalisation très précise, un paramètre déterminant pour les besoins militaires de ciblage.



INSTANTS T

AVEC TROIS SATELLITES IDENTIQUES SUR ORBITE POLAIRE, LA COMPOSANTE SPATIALE OPTIQUE (CSO) CONSACRE L'OBSERVATION MILITAIRE. À DES FINS DE RENSEIGNEMENT TACTIQUE ET OPÉRATIF, LE SYSTÈME OFFRE UN CONCENTRÉ DE PERFORMANCES INÉGALÉ EN EUROPE.



+ DE RÉACTIVITÉ

UN RYTHME SOUTENU

Idéalement placée à proximité du cercle polaire, la station de Kiruna est en contact avec chaque satellite CSO dans la plupart de ses orbites, soit toutes les 100 minutes en moyenne. Qu'il s'agisse de transmettre un plan de mission au satellite ou de récupérer des images, cette station est un élément clé pour s'adapter au rythme toujours plus soutenu des opérations, et minimiser l'âge de l'information transmise. Le système peut répondre à tout moment à des demandes urgentes, et même modifier sa chronologie journalière en fonction de l'actualité géopolitique.

- DE CONTRAINTES

UN CONTRÔLE D'ORBITE AUTONOME

L'érosion orbitale faisant perdre de l'altitude au satellite le plus bas, CSO possède une capacité inédite d'intelligence embarquée pour corriger le phénomène. À partir des informations de trajectoire issues de son système de navigation, le satellite calcule et décide par lui-même des manœuvres à réaliser pour regagner son orbite nominale. Effectuées plusieurs fois par jour sur des créneaux d'orbite sans conflit avec les prises de vue programmées, ces manœuvres, transparentes pour les utilisateurs, apportent une véritable plus-value opérationnelle.



RENCONTRES

JEAN-BAPTISTE PAING

Directeur de programme Musis à la DGA

« CSO apporte une nouvelle façon de répondre aux besoins militaires, avec des capacités inégalées et ouvertes pour fédérer une Europe spatiale de la défense »



Ingénieur en chef de l'armement à la DGA, Jean-Baptiste Paing a toujours visé l'espace. Œuvrant de 2007 à 2013 sur les démonstrateurs d'écoute Essaim et Elisa, puis sur les phases amont Ceres, concrétisation opérationnelle des démonstrations précédentes, il est nommé directeur de programme Musis en 2016. **Avec un sourire franc, le polytechnicien s'avoue « ravi de revenir dans le monde passionnant du spatial ».**

Et ce retour se fait sur CSO, système d'observation de la Terre mené à l'excellence par la collaboration entre la DGA et le CNES. « Le premier enjeu de CSO est la continuité d'accès à l'imagerie optique pour les forces armées. En complément, grâce au

volet Musis, des accords avec l'Allemagne et l'Italie nous donnent accès à leurs satellites radar en échange d'un accès à la composante optique », décrit le responsable.

Au-delà d'être un œil stratégique, CSO est une capacité clé dans l'appui aux opérations. Si les exemples sont confidentiels, on comprend aisément l'intérêt du satellite pour appréhender un terrain, surtout s'il n'est pas cartographié, avant d'y déployer toute action militaire. « Avec l'amélioration des capteurs spatiaux, le satellite est devenu un outil du quotidien, confirme Jean-Baptiste Paing. CSO apporte une nouvelle façon de répondre aux besoins militaires, avec des capacités inégalées et ouvertes pour fédérer une

Europe spatiale de la défense. Or, d'expérience, les partenaires sont généralement intéressés par les mêmes zones géographiques. **Plus précis, plus agile et plus réactif, CSO est capable de satisfaire l'ensemble des utilisateurs dans les meilleurs délais.** »

Ce niveau de performance résulte d'une étroite collaboration où, traditionnellement, le CNES met en œuvre des solutions techniques innovantes pour les besoins militaires collectés par la DGA. Selon l'expert de la défense, leur prochain challenge consistera à « s'adapter aux nouvelles synergies pour capter les sources d'imagerie privées qui fleurissent en marge des programmes militaires ».



RENCONTRES

VIRGINIE AMBERG

Responsable CNES pour la Qualité image de CSO

« Nous livrons à l'utilisateur un produit directement interprétable pour une mission donnée »



Matheuse affirmée, Virginie Amberg, 40 ans, s'épanouit dans le monde de l'imagerie spatiale. Radar ou optique, « L'image est passionnante, s'enthousiasme-t-elle. C'est un visuel dont le traitement relève d'une théorie mathématique d'échantillonnage. Notre métier n'est pas de développer des logiciels mais de travailler sur cette théorie du traitement d'image. » **Très motivée, elle s'investit depuis dix ans au service Qualité image du CNES pour garantir « le pouvoir informatif des images en livrant à l'utilisateur un produit directement interprétable ».** Une responsabilité qui implique une attention de tous les instants. **En interface avec tous les métiers du CNES du début à la fin d'un projet,**

son équipe possède une connaissance parfaite du système de prise de vue. Sachant précisément comment est formée l'image, chacun est à même d'en corriger les défauts. « Encore plus intéressant », ces solutions algorithmiques permettent de relâcher les contraintes sur le développement du satellite : « Un défaut d'acquisition devient rattrapable car l'utilisateur récupère l'image en sortie de la chaîne image et non directement du satellite », éclaire l'ingénieure. Assidu et performant, ce pôle spécialisé apprécie particulièrement les projets de la défense qui réclament l'exploitation la plus complète des capacités d'un système. Aujourd'hui, les performances inédites de CSO

résultent non seulement de ce savoir-faire mais aussi du lien de confiance tissé avec la défense. « Nous réinjectons tout ce que nous apprenons d'un projet en exploitation, une richesse accrue avec Hélios et Pléiades qui travaillent en limite de résolution. Cela nous permet de faire évoluer nos méthodes en continu et de répondre à des besoins qui avaient été sacrifiés pour faire face à des contraintes technologiques. **Nous œuvrons ainsi à garantir la performance ultime du service comme du produit »**, conclut Virginie Amberg qui, trois jours après le lancement de CSO, se tient « sur le pont » avec son équipe pour régler une première production à réception des images.



RENCONTRES

ÉRIC BOUSSARIE

Sous-directeur Systèmes instrumentaux du CNES

« Nous sommes techniquement et technologiquement en pointe et nous mettons ce savoir-faire au service de la défense »



Utile dans tous les secteurs, l'observation spatiale est, par défaut, à vocation duale. « *Seules les restrictions stratégiques liées à la sécurité vont limiter cette dualité* », entame Éric Boussarie. Chef de projet Pléiades et aujourd'hui sous-directeur Systèmes instrumentaux du CNES, il porte un regard panoramique sur l'observation de notre Terre : « **Optique, micro-ondes... nous étudions toutes les longueurs d'onde et travaillons plus spécifiquement certaines technologies, comme l'infrarouge, pour la défense.** »

Pour cet homme qui décrit le satellite comme « *un objet vivant, qui vieillit et qu'il faut régulièrement étalonner* », la mission principale réside dans la

maîtrise de la performance de la chaîne de mesure. Entendez l'ensemble des instruments permettant de livrer des mesures et images précises et fiables, corrigées des perturbations dues à l'atmosphère. **Télescope, miroirs, filtres, lasers... son équipe conçoit des technologies embarquées devant concilier poids, tenue mécanique et performances.**

« *Pour la défense, les technologies engagées tutoient les limites de l'état de l'art. Grâce à Pléiades, on a su mettre sur pied CSO, et bientôt Otos (cf. p. 27) prouvera la maturité des technologies des prochains systèmes* », apprécie le spécialiste. Et nous touchons bien là au cœur de métier du CNES : repousser les limites

technologiques, ce qui, dans l'absolu, intéresse l'armée.

« *Il est fréquent de voir un expert de la défense dans nos couloirs!* » relate le sous-directeur, qui dispose également d'une équipe dédiée dans ses rangs. Ensemble, ils identifient les besoins et les systèmes sur lesquels concentrer leurs efforts. Selon Éric Boussarie, cette collaboration est logique et fructueuse : « **Le CNES possède une expertise technique sans équivalent.** Au service de l'État, notre rôle consiste aussi à séparer le bon grain de l'ivraie pour conseiller la Défense, par exemple sur la crédibilité des diverses offres du New Space. Nous apportons la vérité de la faisabilité, des performances et des coûts. »

Historien des sciences
et théologien,
Jacques Arnould
est chargé de mission
pour les questions
éthiques au CNES.



ESPACE ÉTHIQUE



JACQUES ARNOULD

SI VIS **PACEM...**

L'intérêt des militaires pour l'espace est né avant même le lancement du premier satellite. Il est rapidement apparu évident que l'espace offrait plus que des instruments, mais bien un territoire où les humains avaient le choix de la paix ou de la guerre.

Le 12 septembre 1962, à Houston, John Kennedy confirme sa volonté d'engager son pays dans la course à la Lune. Sa vision ne manque pas d'enthousiasme : « Nous levons les voiles pour explorer ce nouvel océan, car il y a de nouvelles connaissances à acquérir, de nouveaux droits à conquérir » ; elle ne manque pas non plus de lucidité : « Nous pourrions décider si ce nouvel océan sera un havre de paix ou un nouveau et terrifiant champ de bataille. » D'emblée, le président des États-Unis reconnaît les deux géniteurs de l'entreprise spatiale : les scientifiques et les militaires, la paillasse et le glaive comme l'a joliment écrit Roger Bonnet. D'emblée, il confie aussi aux uns et aux autres, en même temps qu'aux gouvernements, l'avenir de l'espace. Kennedy fait-il preuve d'un optimisme exagéré, lorsqu'il invite ses concitoyens et tous les habitants de notre planète à ne pas répéter dans l'espace les erreurs commises sur Terre ?

RÉAPPRENDRE À FAIRE CAUSE COMMUNE

En tout cas, ceux qui rédigent à la même époque des textes juridiques pour s'interdire d'arsenaliser les orbites autour de la Terre, ceux qui s'engagent ensuite à respecter le libre accès de l'espace, montrent une

pareille volonté, croient possible de prendre cette direction. Et, dans les faits, grâce à l'espace et après les tragiques conflits de la première moitié du XX^e siècle, les Terriens réapprennent à faire cause commune, à faire la paix entre eux : quel chemin parcouru entre l'extraordinaire mission Apollo-Soyouz en 1975 et la non moins extraordinaire Station spatiale internationale !

Il ne faut pas pour autant baisser trop rapidement les armes et, avant tout, celles qui permettent d'observer, de surveiller, afin de mieux se défendre si nécessaire. Terriens, nous restons des êtres d'un territoire : le connaître, en délimiter les frontières et les faire respecter, gérer les flux qui les traversent sont essentiels à la survie et, si possible, à l'existence paisible de chacun. La devise de la ville de Metz n'a de sens que pour une cité fière de son identité et de sa liberté : « Si nous avons paix dedans, nous avons paix dehors. »

Fascinant espace qui, d'un simple instrument supplémentaire dans l'équipement du militaire, est devenu un champ où s'affrontent, se heurtent ou s'associent parmi les valeurs et les pulsions les plus essentielles à notre humanité : celles qui mènent à la guerre et celles qui conduisent à la paix.



EN VUE

SALON

ANGELS SOUS LE FEU DES PROJECTEURS

Le premier Forum Innovation Défense organisé par la DGA s'est déroulé en novembre 2018 à Paris. Version tout public, ce premier salon a démontré l'intérêt toujours vif des visiteurs pour les activités spatiales. Les nombreux ingénieurs et universitaires qui se pressaient sur l'espace dédié au CNES ont fait preuve d'une grande curiosité pour un secteur marqué du sceau de la modernité et de l'innovation. Sous les projecteurs, Angels, premier nano-satellite industriel français (cf. *CNESmag* n° 77) et programme phare de l'exposition, a fait sensation. Réalisé en partenariat par le Centre spatial de Toulouse et l'industriel Nexeya, ce démonstrateur bénéficie du financement de la ligne 191 (cf. p. 9). Produit à bas coût grâce à l'intégration de nouveaux matériaux et de composants commerciaux, la plateforme de ce nano-satellite peut emporter une charge utile destinée aussi bien à des missions civiles que militaires. On imagine facilement l'intérêt d'une constellation de nano-satellites comme Angels pour des missions de défense de type écoute ou surveillance de spectre...



ACADÉMIE DE L'AIR ET DE L'ESPACE ÉDITION SPÉCIALE COOPÉRATION EUROPÉENNE

L'Académie de l'air et de l'espace plaide pour une approche européenne des programmes d'armement, sous réserve d'une organisation efficace dans la conduite de ces programmes. Les missions spatiales ne sont pas des programmes d'armement au sens traditionnel. Elles se concrétisent par la mise en orbite de systèmes dont les capacités sont partagées entre les participants, et les services mutualisés. Compte tenu du coût, leur réalisation en coopération européenne devrait en être facilitée. Or la réalité de ces trente dernières années démontre le contraire. L'Académie de l'air et de l'espace dédie une édition spéciale de ses *Dossiers* à cette question. Suite à une analyse pertinente de la situation, elle prône une toute nouvelle approche.

Les *Dossiers*, n° 43, L'Espace au service de la sécurité et de la défense; Pour une nouvelle approche européenne. En vente sur www.academie-air-espace.com

EN SAVOIR PLUS

Le contenu de la LPM 2019-2025

Texte officiel ou synthèse ? À vous de choisir : la loi de programmation militaire 2019-2025 se décline dans ces deux versions sur le site du ministère des Armées : www.defense.gouv.fr

DOCUMENTAIRE

Espace, le nouveau champ de bataille



Au regard du contexte géopolitique mondial, cette éventualité est très forte. Le 18 avril 2018, la chaîne parlementaire LCP diffusait un reportage sur ce thème. Ce documentaire de douze minutes montre en quoi les satellites sont

aujourd'hui devenus indispensables au bon déroulement des opérations militaires et comment l'armée peut les protéger des menaces. Informatif, didactique et très documenté, ce reportage est accessible sur youtube :

www.youtube.com/watch?v=u_LWHaUglxk

FILM



CSO-1: l'observation spatiale au cœur des opérations militaires



EN VUE

FILM CSO SOUS TOUS LES ANGLES



GPS, Internet, climat... l'activité spatiale est partout. Au service des populations, son impact sur le quotidien est une évidence. Elle se fait en revanche plus discrète sur sa contribution à la sécurité des peuples et à la défense des nations. Le lancement de CSO est une occasion parfaite pour que le CNES et la DGA éclairent ce rôle pourtant essentiel joué par les satellites. En complément des moyens au sol, de surface ou aéroportés, Spot, Hélios, Pléiades et aujourd'hui CSO livrent depuis des décennies aux forces armées les moyens les plus sophistiqués de surveiller, observer, analyser voire agir. Le film et les quatre séquences qui l'accompagnent, publiés sur cnes.fr en format court, racontent justement cette histoire méconnue. Au menu : les spécificités de CSO, ses performances technologiques exceptionnelles, les champs d'observation qu'il permet d'ouvrir et la place qu'il va conférer à l'Europe dans un espace menacé par la militarisation. Par séquence, le film développe aussi des sujets complémentaires : l'histoire de l'observation militaire, le contrôle d'orbite autonome - l'une des avancées phare -, le système français d'acquisition et de distribution des images ou encore l'utilisation précise qui en est faite. L'alternance d'interviews, d'illustrations de terrain et d'images virtuelles fait de ce film institutionnel un support dynamique et attractif qui invite à mieux connaître nos forces armées, leur mission et leurs moyens.



AGENDA

DÉBUT 2020

Lancement du deuxième CSO

COURANT 2020

Lancement de la constellation Ceres et lancement de Syracuse 4A

FIN 2021

Lancement du troisième CSO

COURANT 2022

Lancement de Syracuse 4B

MARDIS DE L'ESPACE Podcast militaire

Chaque mois, le CNES organise les Mardis de l'espace en partenariat avec l'association Bar des sciences. En mars 2018, le général de Roquefeuil, alors conseiller militaire du président du CNES, et le général Breton, du commandement interarmées de l'espace, se sont pliés à l'exercice pour parler des enjeux militaires de l'espace.

Le podcast est disponible sur <http://bit.ly/2VUbrLP> et le résumé sur <http://bit.ly/2QNeemk>

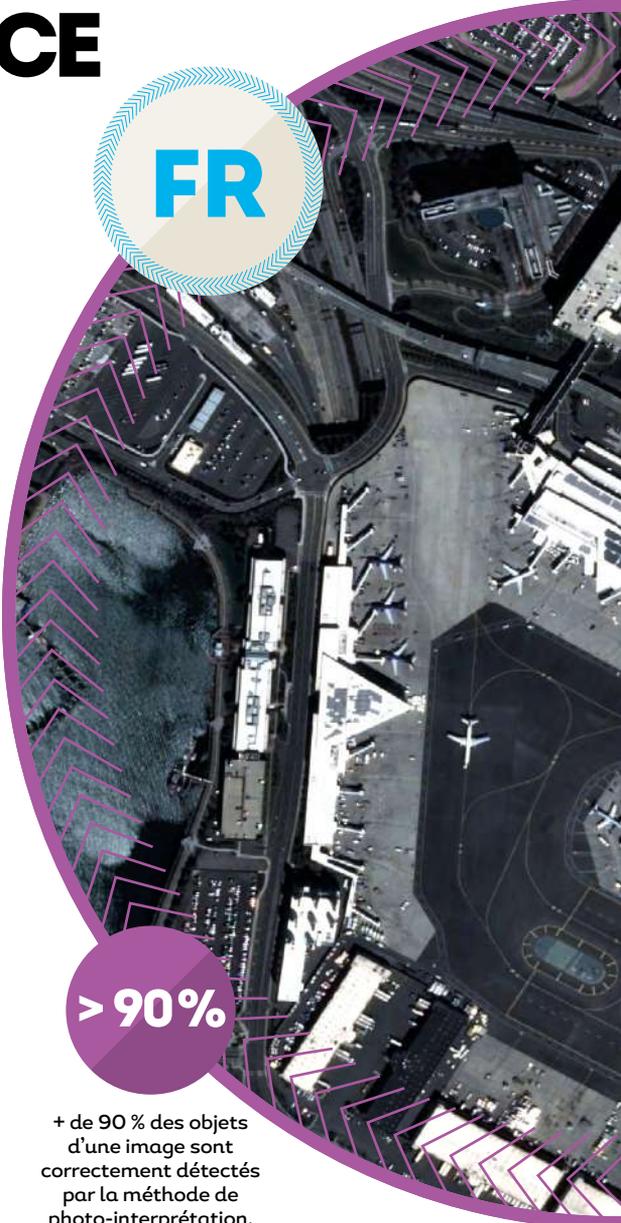


TRANSFERT

RECONNAISSANCE D'IMAGE AUTOMATIQUE

L'interprétation d'images satellites est en pleine révolution. Dans la famille intelligence artificielle, le CNES a développé une méthode de photo-interprétation automatique et efficace, qui découle d'une étude menée en partenariat avec la DGA.

Basée sur le deep learning (« apprentissage profond »), la méthode de reconnaissance d'images développée par le CNES compile plusieurs techniques d'intelligence artificielle pour bâtir des algorithmes en réseau capables de traiter des problèmes complexes. Début 2017, les équipes du CNES ont lancé un test de reconnaissance automatique d'avions selon plusieurs classes : les avions militaires, dont quatre modèles spécifiques, et les avions civils. « Nous avons commencé par travailler la méthode et son codage informatique, détaille Céline Angelelis, chef du service Analyse et algorithmie image. Pour apprendre aux algorithmes à reconnaître ce que l'on cherche à identifier, nous les avons nourris de nombreuses images de différents types d'avions dans divers environnements, car la texture du sol ou la présence d'ombres peut modifier la perception d'un objet. » Constatant un réel gain de performances, ces travaux se poursuivent dans le cadre du contrat d'études amont Optimom, commandé par la DGA. Mené par le CNES en partenariat avec le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) et l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (Onera), ce dernier vise à tester et faire mûrir de nouvelles fonctionnalités d'aide à l'exploitation des images satellitaires. Fin 2018, une première expérimentation sur une zone non définie a permis aux algorithmes de se confronter aux photo-interprètes du ministère des Armées. Ces capacités ouvrent également la voie à de nouvelles perspectives pour le contrôle des satellites d'observation, la sélection des images à retransmettre au sol par exemple.



FR

> 90%

+ de 90 % des objets
d'une image sont
correctement détectés
par la méthode de
photo-interprétation.