

# CNES MAG



ESPACE • INNOVATION • SOCIÉTÉ

#67  
Février 2016

**OBSERVATION**

IMAGES SPATIALES,  
SOLUTIONS PLANÉTAIRES



## SOMMAIRE



### 05 ÉDITORIAL

#### 06 L'ESSENTIEL

Défense, sécurité civile, science, marché commercial : le point sur l'intérêt de la haute résolution pour les utilisateurs

#### 12 #COMMUNAUTÉ

Les progrès de l'imagerie spatiale relayés par les followers du CNES

#### 13 GRAND ORAL

Bertrand Labilloy, directeur général de la Caisse centrale de réassurance, souligne les progrès réalisés dans l'évaluation des dommages grâce aux satellites d'observation

### 16 EN IMAGES

Des images historiques prises par Spot et Pléiades

#### 18 EN CHIFFRES

Observation de la Terre depuis l'espace : les données clés du CNES

#### 19 LE CNES EN ACTIONS

Imagerie : une expertise haute résolution

#### 27 MATIÈRE

L'optique active pour plus de performance

#### 28 INSTANTS T

Spot, histoire d'une saga

### 30 RENCONTRES

- Jean-Paul Gachelin, fondateur de SIRS
- Caroline Laurent, directrice de la stratégie à la Direction générale de l'armement (DGA)
- Mohamed Hakim Kharrou, responsable de la promotion des techniques d'irrigation à l'ORMVAH (Maroc)

#### 33 ESPACE ÉTHIQUE

Révolutions, par Jacques Arnould

#### 34 EN VUE

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

#### 36 TRANSFERT

L'imagerie 3D au service des dentistes

### P. 26 ÉTATS-UNIS

Si les États-Unis disposent de leur propre flotte de satellites, la constellation Pléiades a été requise dans le cadre du suivi d'activités commerciales à Chicago.

### P. 20 EUROPE

**Suède et Belgique.** Dès Spot 1, les programmes civils d'observation de la Terre ont mobilisé États et industriels suédois et belges.



### P. 25 AFRIQUE

**Nigeria.** Le bureau régional « Afrique » de l'OMS s'appuie sur les images Pléiades pour contrôler la qualité des campagnes de vaccination au Nigeria.

**Maroc.** Le Cesium mène une étude de référence sur la gestion de l'eau dans le bassin-versant du Tensift (Marrakech) dans le cadre de l'expérience Spot 4/Take 5.

### P. 11 ASIE

**Népal.** Pléiades est le système le plus souvent activé par la charte internationale Espace et catastrophes majeures. Ce fut le cas, le 25 avril 2015, lors du tremblement de terre au Népal.

**Indonésie.** Grâce au centre Indeso, le gouvernement indonésien cherche à promouvoir des pratiques d'élevage durables, essentielles pour son économie locale.

## PARTENAIRES

Sont cités dans ce numéro : p. 7/10 le Cesium (Centre d'études spatiales de la biosphère) ; p. 8/21 Spot Image : la société a intégré en 2008 Airbus Defence and Space ; p. 9 le Sertit (Service régional de traitement d'image et de télédétection) ; p. 10 le Legos (Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales) ; p. 7/11 l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière) ; p. 11 CLS (Collecte Localisation Satellites) ; p. 23/31 la DGA (Direction générale de l'armement).

En couverture : Le Mont Fuji au Japon vu par le satellite Pléiades 1A le 16 mai 2012. © CNES/Distribution Airbus DS, 2012



Ce symbole signale les contenus complémentaires que vous pouvez retrouver sur le web.





## CONTRIBUTEURS



### HÉLÈNE DE BOISSEZON

**Chef du service Analyse et produits image au Centre spatial de Toulouse,**

Hélène de Boissezon anime une équipe de 14 personnes. Responsable des activités de traitement d'images en direction des utilisateurs, elle a nous aidés dans le choix des exemples à vous présenter et nous a mis en relation avec leurs commanditaires.



### BOYD VINCENT

**Boyd Vincent a épousé la carrière de traducteur il y a plus de 25 ans et s'est intéressé au spatial dans les années 1990.**

Il ne l'a plus quitté. Artisan des mots, la « voix anglaise » du *Cnesmag* aime citer à ce propos le rhétoricien anglais I.A. Richards, pour qui « *la traduction est probablement l'événement le plus complexe de l'histoire du cosmos* ».



### OLIVIER PASCAUD

**Collaborateur des premières heures de Cnesmag, Olivier Pascaud est notre portraitiste attitré. La photographie représente pour lui une opportunité de rencontrer des gens passionnants et de vivre des expériences fortes. Son objectif a capté la personnalité de Bertrand Labilloy, lors de son grand oral.**



### FRÉDÉRIC QUIGNAUX

**QuiSprod réunit une équipe de journalistes expérimentés dont la spécificité est de mettre en scène l'information. Dans ce numéro, ils nous montrent dans des reportages vidéo comment les images satellites se trouvent aujourd'hui au cœur de nombreuses activités humaines.**



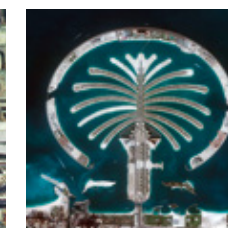
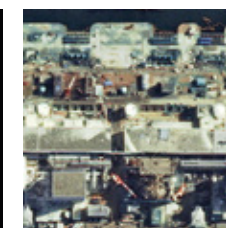
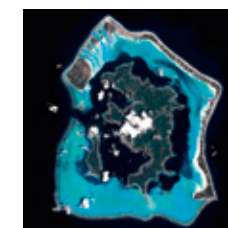
## ÉDITORIAL



Djebel Amour : ce massif de l'Atlas saharien a connu la célébrité lorsque quelques jours après la mise en orbite de Spot 1 par le 16<sup>e</sup> lanceur Ariane, le 22 février 1986, nous avons découvert, émerveillés, la première image de la Terre prise par un satellite civil d'observation de notre planète. C'était le fruit de la politique spatiale ambitieuse et déterminée, proposée et mise en œuvre par le CNES, qui a permis la création d'un véritable écosystème dans la région de Toulouse, dont le succès va bien au-delà de nos frontières puisqu'aujourd'hui, notre industrie exporte dans tous les pays du monde, des satellites d'observation, lointains descendants de Spot 1. Le résultat, c'est que les images spatiales ont envahi notre vie quotidienne et il ne se passe pas un jour sans que nous observions les beautés de la nature (Bora-Bora dans le Pacifique), ses colères (le tsunami au Japon) ou la façon dont l'homme la transforme (Palm Island à Dubai), parce que seuls les satellites peuvent apporter des solutions planétaires. Et c'est pour les pérenniser que, porté par 30 ans d'innovations, le CNES conçoit avec le programme THR-NG (très haute résolution de nouvelle génération) les enfants de Spot 1. En quelque sorte, les enfants du Djebel Amour...

### JEAN-YVES LE GALL

PRÉSIDENT DU CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES



© CNES/Distribution Airbus DS

## 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 28 33 90. Internet : <http://www.cnes.fr>. Cette revue est adhérente à Communication&Entreprises. Abonnement : [cnesmag@cnes.fr](mailto:cnesmag@cnes.fr)

**Directeur de la publication** : Jean-Yves Le Gall. **Directrice éditoriale** : Marie-Claude Salomé. **Rédactrice en chef** : Brigitte Alonzo-Thomas. **Responsables de rubrique** : Joëlle Brami, Séverine Klein, Didier Lapierre/ Romain Desplats, Marie-Claude Siron. **Rédaction** : Liliane Feuillerac, Didier Jamet, Joëlle Brami, Marie-Claude Siron, Brigitte Thomas. **Photothèque** : Marie-Claire Fontebasso. **Crédits photo** : CNES/S.Girard - B.Vincent - QuiSprod - O.Pascaud (p. 4), CNES/O. Pascaud (p. 5), CNES - Distribution Airbus DS (p. 6-7), AFP/P.RAKASH MATHEMA (p. 8 gauche), CNES/Ministère de la Défense, 2015 (p. 8 droite), CNES (p. 10), IGN/Airbus DS (p. 11 gauche), iStock (p. 11 droite), CNES/O.Pascaud (p. 13-15), CNES/Distribution Airbus DS, 1986 (p. 16), CNES/Distribution Airbus DS, 2011 (p. 17), CNES (p. 18-19), CNES/Distribution Airbus DS, 2012 (p. 20-21), CNES (p. 22), CNES/M.Régy (p. 23), CNES/P.Jalby (p. 24), CNES/Distribution Airbus DS, 2015 (p. 25-26), CNES/ThalesAleniaSpace/Y.OBRENOVITCH (p. 27), CNES/Distribution Airbus DS (p. 28-29), CNES/E.Grimault (p. 33), CondorScan (p. 36).

**Illustrations** : François Foyard (p. 09), Jean-Marc Pau (p. 30-32). **Web master** : Sylvain Charrier. **Traduction** : Boyd Vincent. **Conception, conseil et réalisation** : Citizen Press - Camille Aulas, Stéphane Boumendil, David Corvaisier, Alexandra Roy, Aurélien Saublet. **Impression** : Ménard. ISSN 1283-9817. **Ont participé à ce numéro** : Alain Bardoux, Eric Berthier, Benoit Boissin, Eric Boussarie, Bernard Cabrieres, Jean-Philippe Cantou, Fabienne Casoli, Philippe Collot, Christine Correcher, Vincent Coste, Emeline Deseez, Romain Desplats, Karine Fernandez, Delphine Fontannaz, Olivier Hagolle, Steven Hosford, Philippe Kubik, Didier Lapierre, Mireille Paulin, Amélie Proust, Antoine Quantin, Claire Tinel, Jean-Daniel Testé, Henry de Roquefeuil, Christophe Valorge, Paola Van-Troostenberghe.



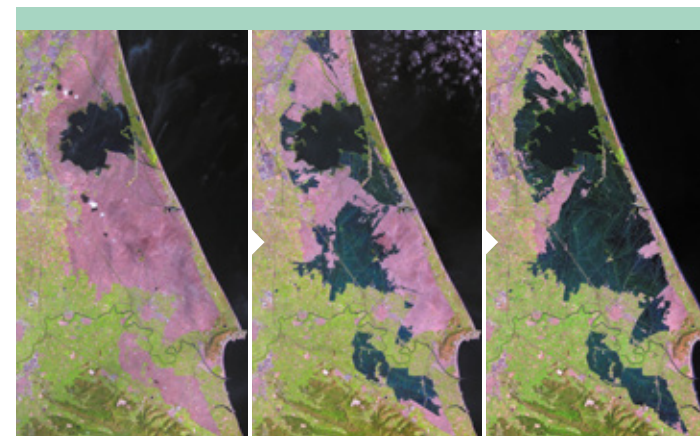
## RÉFÉRENTIEL

### L'image parfaite à l'échelle du globe

En photographiant dans le détail la chaîne des Pyrénées tous les 5 jours, le satellite Sentinelle-2 conjugue fréquence et précision. Un bel exemple des capacités de ce nouveau système d'observation optique développé par l'Agence spatiale européenne (ESA), pour le compte de l'Union européenne. Dans le cadre du programme Copernicus, le CNES réalise, en partenariat avec l'IGN, une image de référence mondiale de très haute qualité, directement accessible dans l'« espace de travail » Sentinelle-2. Une première!

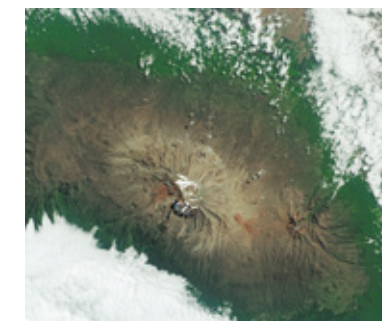


## L'ESSENTIEL



L'irrigation de la culture du riz (zones noires) à côté de Valence (Espagne).

### DE SPOT IMAGE À ADS UN SERVICE PERSONNALISÉ

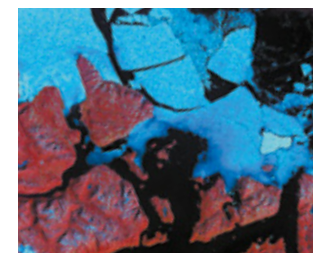


Le Kilimandjaro (Tanzanie).

### TAKE 5 DES SÉRIES TEMPORELLES D'IMAGES

La répétitivité, qui remet régulièrement un satellite sur la même trace, est une méthode efficace pour observer l'évolution des surfaces terrestres. Ces séries temporelles d'images optiques à haute résolution ont des applications multiples, dans le domaine de l'agriculture, de l'aménagement du territoire ou du suivi des côtes et des eaux continentales. En 2013, sur proposition du CNES et du Cesbio, Spot 4 a été placé sur une orbite abaissée de 3 km. Depuis cette orbite, il a simulé des séries temporelles sur une cinquantaine de sites, en survolant les mêmes endroits tous les 5 jours. L'objectif : préparer les utilisateurs aux données collectées par la mission Sentinelle-2, dont la répétitivité est elle aussi de 5 jours. Plébiscitée par les utilisateurs et avec l'aide de l'ESA, cette expérience, baptisée Take 5, a été reprise avec Spot 5. Cette fois, 150 sites ont été sélectionnés sur une période plus ciblée d'avril à août 2015.

**VIDÉO - TAKE 5 : REPORTAGE AU CNES DE TOULOUSE**  
CNES.FR/CNESMAG67-TAKES



# 350

Les données obtenues pendant l'expérience Take 5 ont déjà été téléchargées par 350 utilisateurs majoritairement scientifiques.

Spot Image assure depuis plus de trente ans la commercialisation d'images satellites dans le monde entier. En 2008, elle a rejoint le groupe Airbus Defence and Space. Grâce à la technologie des satellites Spot 6, Spot 7 et Pléiades, la société dispose d'une offre unique au monde et de supports de commercialisation particulièrement souples. Les clients peuvent, par exemple, programmer les satellites en parfaite autonomie, 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, depuis leur propre ordinateur, via GeoStore, un outil en ligne unique sur le marché, ou contacter une équipe dédiée qui leur apportera un service sur mesure. Cette proximité est renforcée par un réseau mondial de 140 distributeurs, au plus près des besoins exprimés localement. Pour les commandes les plus importantes ou les clients qui exigent la confidentialité, ADS propose un accès direct via une station de réception. À ce jour, une quarantaine de clients en bénéficie.



## L'ESSENTIEL

### CATASTROPHES LES IMAGES SATELLITES AU SERVICE DE L'URGENCE



À la suite d'une catastrophe naturelle ou industrielle, il est souvent difficile d'évaluer les moyens d'intervention depuis le sol. La charte internationale Espace et catastrophes majeures, signée par 15 agences spatiales, dont le CNES, permet de fournir des données d'observation optique et radar sur les zones sinistrées. Les images sont traitées en priorité et transmises sur le terrain aux équipes de secours, qui bénéficient d'une lecture actualisée de la situation. Ce dispositif a été mis en œuvre après le séisme qui a frappé le Népal en avril 2015 (notre photo), afin de localiser les zones où les habitations étaient le plus endommagées et d'identifier les routes devenues impraticables. Aujourd'hui, 56 utilisateurs sont habilités à activer la charte : plusieurs organismes des Nations unies mais aussi tout pays qui en fait la demande. En 2000, le CNES était l'une des deux agences fondatrices de cette charte. Depuis plus d'un an, Spot 6 et Spot 7 sont mobilisés dans ce cadre. Pléiades, du fait de ses capacités de revisite et de sa haute précision, reste le système optique le plus souvent sollicité.



### DÉFENSE PLÉIADES AUX AVANT-POSTES

En septembre 2015, la Russie engageait des moyens aériens importants sur l'aérodrome de Lattaquié, en Syrie, pour lutter contre le groupe terroriste Daesh. Les images Pléiades utilisées par la Défense ont aidé les militaires, dès le mois d'août, à préparer ce déploiement. Elles ont également permis d'estimer les moyens aériens (hélicoptères, avions de transport, avions de chasse) déployés par les forces russes, d'évaluer les mesures de renforcement de la protection et de la défense de cette plateforme stratégique (radars, systèmes antiaériens, renforcement des clôtures et de la protection passive, etc.). Certains de ces renseignements sont visibles sur l'image.



## L'ESSENTIEL

# 30 MILLIONS

C'est le nombre d'images collectées depuis 1986 par la famille des satellites Spot ! Un héritage que le CNES et Airbus Défense and Space vont mettre à disposition de la communauté internationale dans le cadre du programme Spot World Heritage. 200 000 images sont en cours de traitement. Ces images sont téléchargeables gratuitement pour des usages non commerciaux à travers le portail Theia. [WWW.THEIA-LAND.FR](http://WWW.THEIA-LAND.FR)

# 240 000 KM<sup>2</sup>

C'est la surface couverte chaque jour par chaque satellite Pléiades. C'est beaucoup, mais trop peu pour rester dans la course à l'horizon 2020-2030. Avec THR-NG, la couverture visée est de 600 000 km<sup>2</sup>/jour.

# 600

Le système Pléiades démontre son exceptionnelle capacité d'acquisition. Chaque satellite peut fournir 600 images par jour en moyenne.

### SERTIT L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE À PORTEE DE TOUS

En cas de catastrophe majeure, les services de secours ont besoin de cartes facilement interprétables pour sauver des vies humaines ; ils sont guidés par des cartes « de crise ». En effet, le service de cartographie d'urgence du Sertit a pour mission de traiter les images spatiales acquises juste après la catastrophe. Ce travail d'interprétation et d'extraction d'information se déroule en six heures chrono. Les images satellites et leurs bandes spectrales passent au crible des experts pour être traduites en carte exploitable par les non-initiés. Bâtiments et infrastructures endommagés, routes coupées, zones de rassemblement spontané de la population... grâce aux capacités de Pléiades, le Sertit soutient l'organisation des secours là où les besoins sont prioritaires. À l'œuvre 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, le service intervient également en phase de reconstruction ou pour l'aide au développement, la préservation des ressources naturelles et l'aménagement du territoire. Pour des clients le plus souvent institutionnels, il transforme les images spatiales en géo-informations utilisables sous forme de cartes, bases de données géographiques ou produits 3D.

### HAUTE RÉOLUTION,

#### FAUCHÉE



C'est la largeur de la bande de terrain observée et dont l'axe est parallèle à la trace du satellite. Elle est de 20 km pour Pléiades, en visée verticale.

#### RÉSOLUTION



Elle exprime, en mètre, le degré de détail de l'image. Plus cette résolution est petite, plus l'image captée est précise et détaillée.

### QUELQUES REPÈRES POUR MIEUX COMPRENDRE

#### SUPERMODE



Cette technique produit une image échantillonnée à 2,5 m à partir de deux images panchromatiques (en noir et blanc) acquises simultanément, en les décalant de 5 m en ligne et de 2,5 m en colonne.

#### ÉTALONNAGE



L'image spatiale brute n'est pas superposable à une carte. Pour la lire, il faut la recaler sur des zones de référence connues.

#### ACTIONNEUR GYROSCOPIQUE



Le dispositif (une roue à inertie montée sur un cardan qui la fait pivoter) augmente l'agilité des satellites qui en sont équipés.

#### STÉRÉOSCOPIE ET TRI-STÉRÉOSCOPIE



À partir de l'acquisition de 2 ou 3 images de la même zone prises sous des angles différents, on peut obtenir une représentation du relief de cette zone.



## L'ESSENTIEL



Ici la plaine du Haouz, essentiellement occupée par du blé (vert) et quelques parcelles d'oliviers (vert foncé).

### CESBIO GESTION DE L'EAU AU MAROC

Cesbio apporte son expertise dans la gestion des ressources en eau. Sa mission : observer et contribuer à l'élaboration de solutions du suivi de l'agriculture pour une gestion durable! Il mène notamment une étude de référence sur la gestion de l'eau dans le bassin-versant du Tensift (Marrakech). Oliveraies, orangeries et champs de blé sont légion dans cette région influencée par le réchauffement climatique. En cumulant les images à haute résolution au cours de la saison, les chercheurs peuvent suivre le développement des cultures à l'échelle de la parcelle. Ces investigations ont été menées dans le cadre de l'expérience Spot 4/Take 5. Elles ont débouché sur l'élaboration d'un outil de gestion original et spécifique qui promeut une irrigation plus rigoureuse et des pratiques plus vertueuses dans les régions arides. Le Cesbio réinvestit actuellement le savoir-faire acquis au Maroc dans des études sur la région Midi-Pyrénées, la Tunisie et l'Arizona.

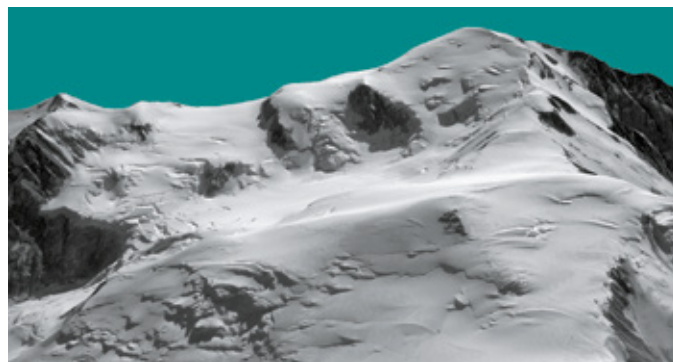
### ISIS UNE BIBLIOTHÈQUE SPATIALE POUR LES CHERCHEURS

À travers le programme Isis<sup>1</sup>, le CNES met à disposition, pour l'avancement de la science, des millions d'images acquises par la filière Spot et, aujourd'hui, par Pléiades. Dès 1998, moyennant un coût très réduit, tout chercheur menant des travaux scientifiques dans un laboratoire de l'Union européenne peut déposer une demande d'acquisition d'images anciennes ou programmer les satellites optiques haute résolution.

→ [HTTP://WWW.ISIS-CNES.FR](http://www.isis-cn.es.fr)

1. Incitation à l'utilisation scientifique des images Spot

### LEGOS GLACIERS SOUS SURVEILLANCE



Les glaciologues du Legos utilisent les images spatiales pour reconstruire le relief des glaciers avec une extrême précision. Les données Pléiades sont optimales pour restituer des détails très fins ou réaliser des séries temporelles... En août 2012, des modèles numériques Pléiades ont été établis dans le massif du Mont-Blanc. Ils ont été comparés à des images prises en 2003 par Spot 5. La comparaison des données a fait apparaître un amincissement du relief de 10 m par an sur tous les glaciers du Mont-Blanc.

VIDÉO - RENCONTRE AVEC LE GLACIOLOGUE ÉTIENNE BERTHIER  
[CNES.FR/CNESMAG67-GLACIERS](http://cnes.fr/cnesmag67-glaciers)



## L'ESSENTIEL

### IGN LA CARTE DE FRANCE VERSION 2015



Construction du grand stade de Lyon.

Pour la 2<sup>e</sup> année consécutive, l'IGN publie une couverture satellitaire de la France métropolitaine, consultable par tous sur Géoportail. Tapez SPOT, les millésimes 2014 et 2015 apparaissent. Ils résultent d'un assemblage d'images de résolution 1,50 m acquises par les satellites Spot 6 et Spot 7 entre avril et octobre. L'agilité de ces satellites permet en effet une couverture rapide des territoires, ce qui facilite un suivi précis des évolutions les plus notables. Le Géoportail national est une mine d'informations à usage professionnel et grand public. Forte de 80 personnes, l'équipe d'IGN Espace développe une expertise reconnue dans la programmation et le traitement d'images satellitaires, au bénéfice de différents ministères et industriels. Depuis sa création en 1989 sous l'impulsion du CNES, ce centre à compétence nationale contribue notamment au développement de Spot Image.

→ [HTTP://WWW.GEOPORTAIL.GOUV.FR/ACTUALITE/305/LA-FRANCE-DE-2015-EN-INSTANTANE](http://www.geoportail.gouv.fr/actualite/305/la-france-de-2015-en-instantane)

### CLS VERS UN ÉLEVAGE DURABLE DE CREVETTES

Plus de trois quarts des crevettes consommées sur la planète viennent d'Asie, plus particulièrement d'Indonésie. Dans les bassins d'élevage, les déchets organiques mal régulés peuvent s'avérer dévastateurs pour les côtes. Gagnant les étangs, la pollution peut rendre stériles les sites avoisinants. Au travers du centre Indeso<sup>1</sup>, le gouvernement cherche à promouvoir des pratiques d'élevage optimisées et durables pour ce secteur vital pour l'économie locale. Depuis quelques mois, CLS (Collecte Localisation Satellites), filiale du CNES, alimente ce centre livré clés en main aux Indonésiens en données satellitaires et modèles océaniques. Les images optiques fournissent des supports concrets : les chercheurs peuvent ainsi établir des méthodes de recensement des fermes, des bassins, de la densité des élevages. Le centre travaille actuellement à la définition d'indicateurs de conditions d'élevage (traditionnel, intensif) pour le suivi, le contrôle et l'optimisation de cette production.

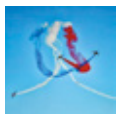
1. Infrastructure Development of Space Oceanography





## #COMMUNAUTÉ

Tous les jours, sur les réseaux sociaux, le CNES discute avec vous. Vous nous faites part de vos réflexions, questions. Voici quelques messages qui nous ont marqués. Rejoignez la conversation!;



### @ MARINA TYMEN

Consultante & formatrice #reputation #RPrise #socialmedia | spécialiste #MSGU @VISOV1 | #Avgeek @AvgeeksFR | chargée de cours fac | ex-#comcrise #CM @AirFrance

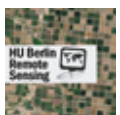
Une 30aine de satellites d'observation ont été lancés par @CNES. On voit désormais des objets à 50cm de résolution! Et certains satellites voient à 30cm! #CNEStweetup



### @ VINCENT SARAGO

Earth Observation specialist @Effigis and Owner & GeoSpatial dev @RemotePixel - Web Mapping, Remote Sensing, Cloud Computing, GIS

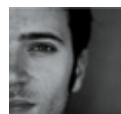
Easily access #Sentinel data with #PEPS Web site by @CNES <https://peps.cnes.fr>



### @ HUB REMOTE SENSING

Humboldt's remote sensing group focuses on a better understanding of coupled human-environment systems based on remote sensing data and geoinformation.

Opening the archives: ~15k #SPOT #worldheritage images freely available through @CNES, more to come: [bit.ly/1HwJgsG](http://bit.ly/1HwJgsG) #opendata



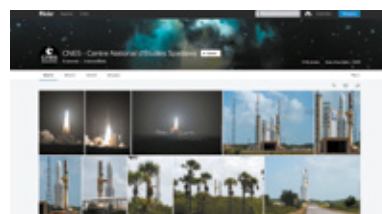
### @ J-C BERTHON

Software engineer at SCISYS. Free/libre advocate, traveller, curious and cyclist.

Ça ne me rajeunit pas! 13 ans déjà pour Spot-5, j'ai encore son décollage en mémoire.



## UN NOUVEAU COMPTE FLICKR POUR LE CNES



Notre compte Flickr change d'adresse! Retrouvez les plus belles images de nos satellites Pléiades et Spot.

> [flickr.com/cnes](https://www.flickr.com/cnes)

## UNE SEMAINE AVEC... L'ÉQUIPE CHARTE



Comment se déroule une semaine de permanence pour la charte internationale Espace et catastrophes majeures? Nos ingénieurs d'astreinte peuvent être

appelés à tout moment pour fournir des images satellites aux secours. Découvrez leurs témoignages sur [plus.google.com/collection/Q7vux](http://plus.google.com/collection/Q7vux)

> [plus.google.com/+CNESFrance](http://plus.google.com/+CNESFrance)

## VIDÉO



Qu'est-ce que la réassurance? [cnes.fr/cnesmag67-bertrand-labilloy](http://cnes.fr/cnesmag67-bertrand-labilloy)



## GRAND ORAL

# BERTRAND LABILLOY

CRÉÉE IL Y A 70 ANS, LA CAISSE CENTRALE DE RÉASSURANCE (CCR) est chargée de répondre aux besoins de couverture de risques exceptionnels pour le compte de ses clients assureurs et au service de l'intérêt général.

Son directeur général, Bertrand Labilloy, souligne les progrès réalisés dans l'évaluation des dommages grâce aux satellites d'observation.



## GRAND ORAL

### QUELLES SONT LES MISSIONS DE CCR ?

**Bertrand Labilloy** : CCR est un réassureur public dont l'essentiel de l'activité consiste à couvrir les risques qui ne sont pas assurables dans des conditions satisfaisantes sur les marchés, le principal étant le risque « catastrophes naturelles ». Celui-ci représente 60 % de notre activité. Nous jouons également un rôle de réassureur classique à part entière dans plus de 50 pays.

### EN QUOI CCR CONTRIBUE-T-ELLE À LA GESTION DES RISQUES DE L'ÉTAT ?

**B. L.** : Notre contribution principale vient de notre expertise du risque. Concernant le risque « catastrophes naturelles », nous disposons d'une base de données alimentée par les assureurs que nous couvrons. Nos chercheurs ont par ailleurs développé un modèle physique de simulation des différents types d'aléas naturels. Il nous permet d'évaluer précisément l'exposition au risque de n'importe quel point du territoire. Nous mettons cette expertise au service de l'État et des collectivités territoriales, pour les catastrophes naturelles, mais aussi pour les risques agricoles et climatiques ou encore ceux liés à l'activité humaine : terrorisme, guerre, nucléaire. CCR apporte aussi sa contribution à l'évaluation des risques émergents, comme la cybercriminalité.

### DANS QUELS CAS CCR EST-ELLE AMENÉE À ÉVALUER LE COÛT DES DOMMAGES PROVOQUÉS PAR UNE CATASTROPHE NATURELLE ?

**B. L.** : Juste après une catastrophe naturelle de grande ampleur, nous faisons une première évaluation pour le compte des assureurs, afin qu'ils aient une idée de l'étendue de leurs engagements et des montants qu'ils vont devoir provisionner. Les collectivités locales sont elles aussi attentives à cette première évaluation, qui leur permet de mesurer les dommages causés à leurs infrastructures et ainsi mieux gérer la crise.

### QUELS SONT LES OUTILS UTILISÉS POUR CES ÉVALUATIONS ?

**B. L.** : Ils sont de quatre types. Le premier, c'est la remontée des informations du terrain via les déclarations de sinistres. Le deuxième, c'est la comparaison avec des catastrophes de même ampleur survenues dans un passé plus au moins récent. Le troisième, c'est une évaluation de l'intensité de l'aléa injectée dans un modèle de simulation développé en interne qui sert à évaluer les coûts.



## BERTRAND LABILLOY

DIRECTEUR GÉNÉRAL DE CCR

« L'AVANTAGE DE L'IMAGE SATELLITAIRE, C'EST QU'ELLE PERMET DE RENOUVELER NOTRE VISION DE L'ÉVOLUTION DU TERRAIN À UN RYTHME INÉDIT. »

Enfin il y a l'évaluation directe, dans laquelle les images satellites jouent un rôle primordial. Avec les satellites, nous pouvons mesurer à la fois l'étendue des zones touchées et le détail des dommages pour chaque bâtiment, chaque infrastructure. L'observation spatiale directe est donc essentielle à nos travaux.

### LORS DE QUELS ÉVÉNEMENTS LES IMAGES SPATIALES VOUS ONT-ELLES AIDÉ À MESURER L'IMPACT D'UNE CATASTROPHE NATURELLE ?

**B. L.** : Parmi les événements récents, on peut citer les inondations de Lourdes en juin 2013, celles provoquées par un très fort épisode cévenol dans la région de Montpellier en septembre 2014, et celles d'octobre 2015 dans le sud-est. Il s'agit à chaque fois d'inondations, un des principaux risques naturels auxquels est exposé le territoire métropolitain. Mais les images satellites nous seraient tout aussi utiles dans l'hypothèse d'un tremblement de terre, d'un ouragan ou d'une éruption volcanique, auxquels sont davantage confrontés les territoires d'outremer.

### COMMENT ACCÉDEZ-VOUS À CES DONNÉES SPATIALES ?

**B. L.** : En 2013, nous avons signé avec le Sertit de l'Université de Strasbourg (cf. « Essentiel » p. 9) un partenariat aux termes duquel il nous fournit, main dans la main avec le CNES, des données spatiales. Lesquelles données sont interprétées par le biais d'un service de cartographie rapide. La présence d'une plateforme dédiée comme celle mise en place en France par le CNES concernant les données européennes Sentinelles (PEPS/ cf. « En chiffres » p. 18) est un atout pour garantir la distribution des données.

### ENVISAGEZ-VOUS D'AUTRES UTILISATIONS DE L'IMAGERIE SATELLITE À L'AVENIR ?

**B. L.** : On peut imaginer une utilisation directe des données dans le cadre du modèle numérique des risques naturels que nous avons développé, et une connaissance encore améliorée du terrain puisque ce qui compte pour évaluer le coût d'une catastrophe naturelle, c'est la connaissance fine, à l'adresse, de la concentration des biens et des activités économiques. À ce titre, nous avons mené une étude avec Météo France afin de mesurer l'évolution du coût des catastrophes naturelles dans le futur. Ce coût sera globalement multiplié par deux à l'horizon 2050. Mais les trois quarts de la hausse proviendront non pas d'une augmentation de la fréquence ou de l'intensité des catastrophes naturelles, mais du déplacement de la richesse assurée dans des zones à risque.



## GRAND ORAL

### QUELS LEVIERS VOUS PERMETTRAIENT D'AMÉLIORER L'UTILISATION DE DONNÉES SPATIALES ?

**B. L.** : Ils sont au nombre de trois : la résolution, la fréquence de revisite d'une zone géographique donnée, et enfin le délai de reprogrammation des zones de prise de vue entre chaque orbite, ce qu'on appelle l'agilité du satellite. Par exemple les inondations liées aux épisodes cévenols sont très brutales, avec une décrue également rapide. Si vous ratez le pic de la crue, vous risquez de sous-évaluer grandement votre exposition réelle. D'où l'intérêt de disposer par exemple d'une constellation de satellites.

### LA NOUVELLE GÉNÉRATION DE SATELLITES D'OBSERVATION À TRÈS HAUTE RÉOLUTION FOURNIRA DES INFORMATIONS À 30 CM DE RÉOLUTION. QU'EN ATTENDEZ-VOUS ?

**B. L.** : Beaucoup ! D'abord un gain de temps et de précision dans l'évaluation directe des dommages, avec une vision habitation par habitation des dégâts occasionnés. Autre attente, un gain en précision de notre modèle numérique terrestre, une cartographie en trois dimensions du territoire afin de créer un modèle d'exposition aux risques. L'avantage de l'image satellitaire par rapport aux moyens aériens plus traditionnels, c'est qu'elle permet de renouveler notre vision de l'évolution du terrain à un rythme inédit. À La Réunion, par exemple, les coulées de lave modifient très rapidement la géographie à chaque éruption, ce qui affecte l'écoulement

des eaux de pluie sur les pentes du volcan, et fait évoluer le risque.

### DE QUELLE MANIÈRE L'EXPERTISE DU CNES POURRAIT ENCORE MIEUX VOUS AIDER ?

**B. L.** : Nous serions très intéressés de voir le CNES développer des capteurs radar en complément de l'imagerie optique, afin de s'affranchir de la couverture nuageuse, fréquente en cas d'inondations. Cela dit, le CNES nous aide déjà beaucoup en facilitant l'accès à la donnée satellitaire. Il joue un rôle de coordinateur entre la fourniture de la donnée spatiale brute et les gens capables de l'interpréter. Un grand nombre d'intervenants sont concernés, notamment les ministères de tutelle, Intérieur et Environnement. Nous l'avons déjà expérimenté : en situation de crise, c'est rassurant et efficace d'avoir à nos côtés un expert du spatial réactif comme le CNES.

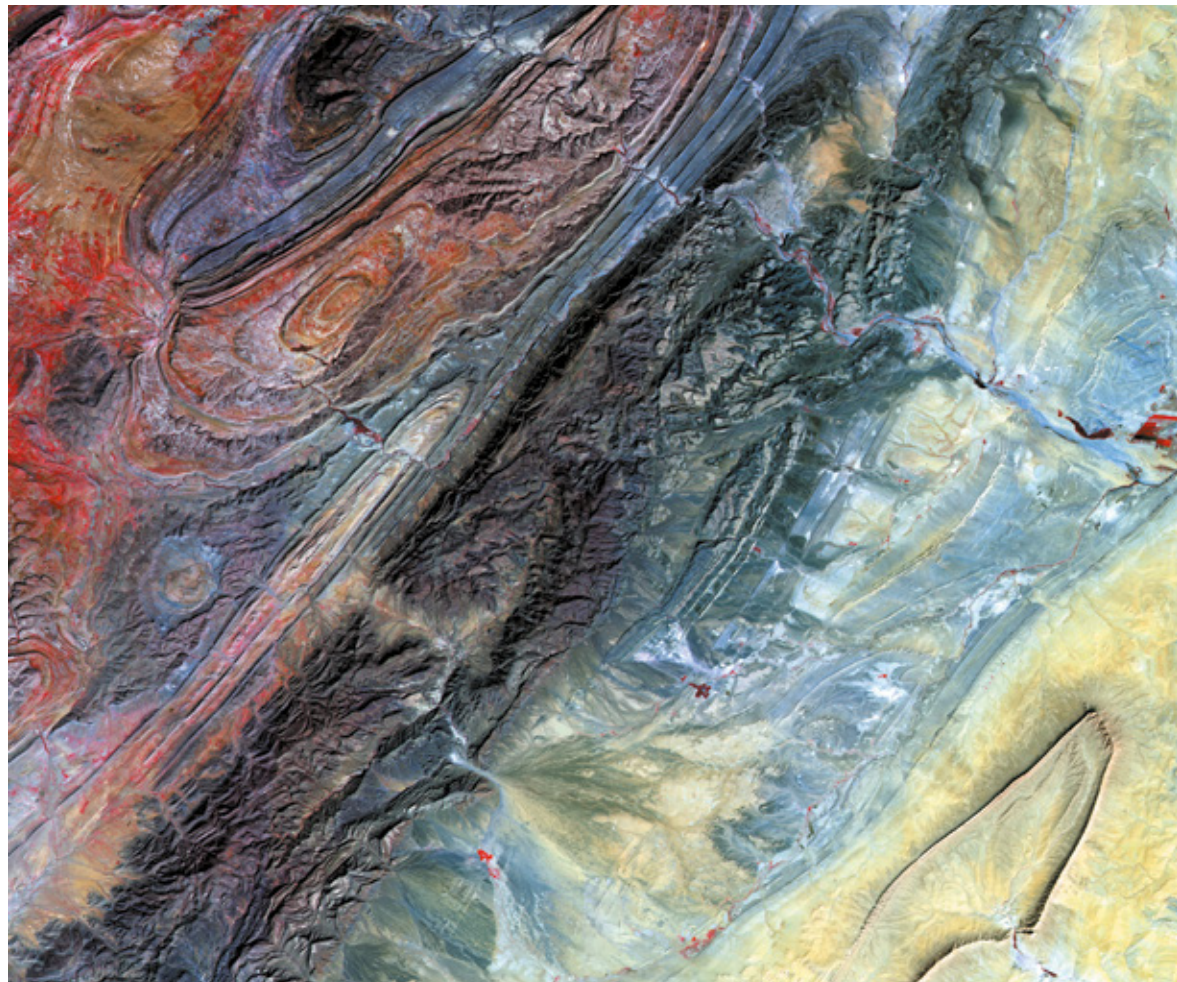
## Profil

**2015**  
Nommé directeur général de CCR  
**2006**  
Directeur des affaires économiques et financières de la Fédération française des sociétés d'assurances (FFSA)  
**1999**  
Expert national détaché à la Commission européenne  
**1996**  
Responsable de l'international au bureau entreprises d'assurances de la direction du Trésor





EN IMAGES



### LE DJEBEL AMOUR IMMORTALISÉ

*C'est une vue historique : en février 1986, cette première image de Spot 1 qualifie la technologie pushbroom (« pousse balai »), très proche de celle utilisée pour les photocopieurs. Elle permet d'obtenir une résolution (20 m) et une qualité géométrique jusqu'alors inégalées. Le choix du site de l'Atlas saharien s'est imposé par sa luminosité exceptionnelle en hiver. De plus, sa situation géographique a favorisé la réception directe de l'image au Centre spatial de Toulouse. Les fausses couleurs sont utilisées par les scientifiques pour leur sujet d'étude. La végétation en rouge est révélée par le proche infrarouge.*



EN IMAGES



### LE DÉSERT PERD DU TERRAIN

*Khéops, Khéphren et Mykérinos. C'est dans cet ordre que l'on apprend les noms des pyramides qui constituent, avec le Sphinx, le site de Gizeh. « Rendez-vous, vous êtes cernées ! » semble leur crier cette image qui révèle l'avancée inexorable de la ville vers les pyramides. Avec une résolution de 70 cm, rééchantillonnée à 50 cm, cette image spatiale a contribué à la recette en vol du premier satellite Pléiades, lancée en décembre 2011. Elle a servi à qualifier les instruments et constitue un témoignage fort de l'avancée de la ville sur le désert. À tel point que pour protéger le site de Gizeh, une clôture est envisagée par les autorités locales.*



EN CHIFFRES

# N°1

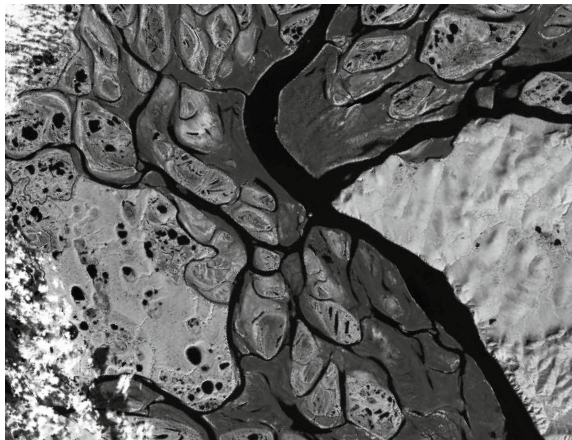


Avec plus d'un millier de clients répartis dans une centaine de pays et plus d'un milliard et demi d'utilisateurs chaque jour, Airbus Defence and Space maintient sa position de leader du marché de l'imagerie spatiale.

# 7 pétaoctets

C'EST LE VOLUME QUE REPRÉSENTERONT LES DONNÉES DE SENTINELLE D'ICI À 2017.

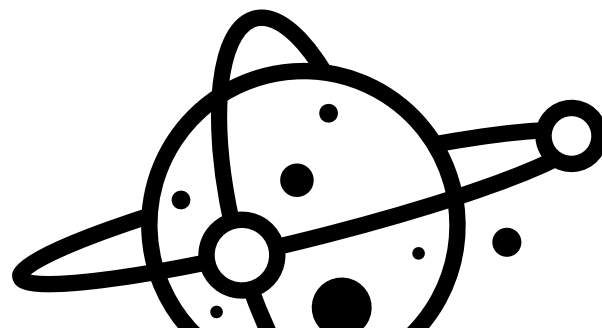
En prévision, la Plateforme d'exploitation des produits Sentinelle (PEPS) a été largement dimensionnée : elle peut accueillir jusqu'à 20 pétaoctets, soit 20 000 000 000 000 000 octets ! Conçue au CNES pour stocker les données mondiales de Sentinelle-1/2/3, PEPS entend valoriser ces images radar, optiques et altimétriques auprès d'un panel d'utilisateurs extrêmement large. Avec des données gratuites et fournies clés en main, PEPS pourrait cibler par exemple les industriels susceptibles de stimuler la création de nouvelles applications. Sur le modèle d'un *cloud computing*, elle leur fournirait les images et le mode d'emploi : traitement activé directement, en ligne et à la demande, y compris sur smartphone.



# RÉSEAU

Fille du Ciel et de la Terre, Theia veille sur les surfaces continentales. Créé en 2012, ce pôle de données et de services regroupe 11 institutions publiques. Impacts du climat, biodiversité, cycles de l'eau et du carbone, évolution des activités humaines... Theia livre des données et des produits thématiques à l'échelle locale comme mondiale. Le pôle met également en réseau plus de 400 laboratoires. Liés par une convention renouvelable tous les 4 ans, les membres de Theia sont principalement des scientifiques et des acteurs publics. D'autres pôles sont en construction et pourront potentiellement utiliser l'imagerie optique, notamment le pôle Océan et Form@ter pour la forme et les mouvements de la Terre.

1 8



# 4,1 milliards

C'est le poids, en dollars, de la filière mondiale d'observation spatiale. Cette économie est portée par une trentaine de fabricants et lanceurs de satellites, huit opérateurs commerciaux, près de dix fabricants d'équipements au sol et environ 300 fournisseurs de services.

(Source : L'Usine nouvelle)



LE CNES EN ACTIONS



# IMAGERIE

## EXPERTISE HAUTE RÉOLUTION

À TRAVERS LA SÉRIE DES SATELLITES SPOT, QUI FÊTE SES 30 ANS LE 22 FÉVRIER 2016, LE CNES A ÉTÉ PRÉCURSEUR DANS L'AVENTURE DE L'IMAGERIE SPATIALE. UNE VÉRITABLE SAGA, MARQUÉE PAR DES SAUTS TECHNOLOGIQUES MAJEURS, DES SYSTÈMES PLUS PERFORMANTS ET TOUJOURS PLUS VERTUEUX. AVEC, À LA CLÉ, UNE NOUVELLE VISION DE NOTRE PLANÈTE.

Simulation THR-NG de Port-de-Bouc en région Provence-Alpes-Côte d'Azur.

DOSSIER WEB



Imagerie spatiale :  
la Terre vue de l'espace  
[cnes.fr/cnesmag67-imagerie-spatiale](http://cnes.fr/cnesmag67-imagerie-spatiale)



## LE CNES EN ACTIONS

**D**écidé en 1977 par la France, Spot est le premier programme européen dédié à l'observation de la Terre. D'où son nom : « Satellites Pour l'Observation de la Terre ». Entre 1986 et 2002, 5 satellites sont envoyés dans l'espace depuis Kourou. À son lancement en 1986, « Spot 1 relevait du défi, rappelle Éric Boussarie, sous-directeur charges utiles scientifiques et imagerie au CNES. *Il ne répondait à aucun besoin exprimé, à aucune commande d'utilisateur. Entièrement "fait maison", il a été lancé en mode technology push! D'emblée, ses concepteurs avaient l'ambition d'en faire un outil opérationnel, poursuit-il. Nous avons les technologies innovantes. Spot 1 nous a permis de les mettre en situation et de prendre de l'avance sur un marché potentiel dont nous ne savions rien.* » La création d'un service de diffusion des images s'est donc imposée comme une logique... de nouveaux métiers spécifiques aussi. Rompus au décryptage des images aéroportées, les ingénieurs IGN ont apporté connaissance et compétence à ce nouveau service. Spot 2 et Spot 3 ont confirmé la maturité des technologies et renforcé les relations avec les partenaires historiques, Belgique et Suède. « *Le made in CNES a évolué vers un transfert de maîtrise d'œuvre progressif aux industriels* », constate Christophe Valorge, sous-directeur projets orbitaux au CNES. Une cinquantaine d'industriels belges et suédois ont collaboré avec les grands noms du spatial français Matra (devenu depuis Airbus Defence and Space) et Aérospatiale/Satellites (devenu depuis Thales Alenia Space).

### DE LA TERRE AUX ÉTOILES

L'imagerie spatiale était sur orbite. Spot 4 a donné un souffle nouveau, prouvant qu'on pouvait faire mieux : les mémoires flash ont préparé le remplacement des ancestrales bandes magnétiques. L'instrument Doris couplé au navigateur autonome Diode a amélioré la localisation des images. Avec Spot 4, l'évolution s'est aussi écrite ailleurs, dans l'organisation industrielle. Matra, Alcatel, Dassault, Thomson... portent la maîtrise d'œuvre



La construction du viaduc de Millau a été suivie étape par étape par Pléiades.



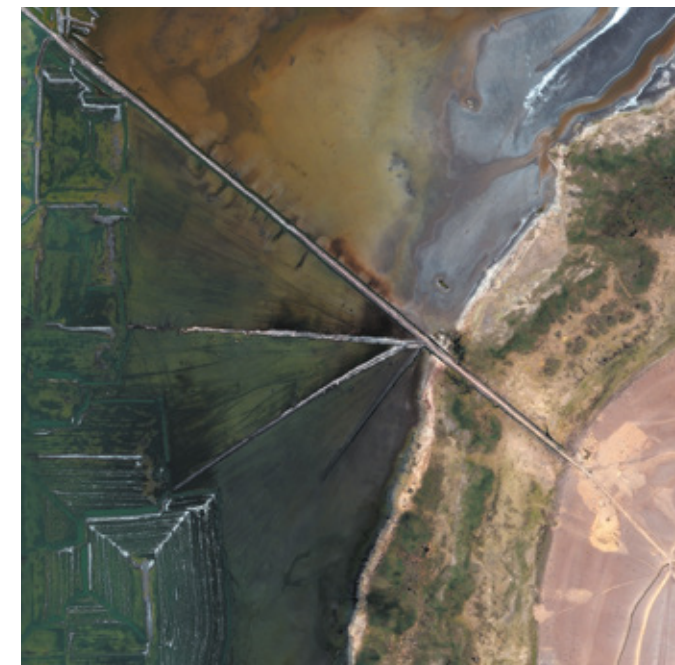
## LE CNES EN ACTIONS

des principaux sous-ensembles : plateforme, charge utile, télémesure. Dans le même temps, la commercialisation s'accélère. Créée en 1982, sous forme de société anonyme, par le CNES, IGN et l'industrie spatiale, Spot Image était en mesure de se charger de distribuer les produits.

En miroir, l'observation de la Terre ouvre un volet « Défense » ; le satellite Hélios 1, premier satellite de reconnaissance militaire, se développe en synergie avec Spot 4. Lui aussi apporte une plus-value technologique : il n'est plus assujéti à un pointage vers le centre de la Terre, mais utilise les étoiles pour connaître son attitude. Premier satellite agile, Hélios contribue ainsi à l'indépendance stratégique de la France.

### LA HAUTE RÉOLUTION : UNE RÉVOLUTION

Si Spot 5 garde une configuration identique à son prédécesseur, la haute résolution révolutionne la qualité image. L'instrument HRG est un bijou de technologie ! Avec 2,5 m, il ouvre la porte aux premiers marchés à l'export. Sur cette gamme de résolution, la fabrication des satellites s'affranchit des financements publics.



Le site péruvien de Santa Lucia de Salinas.

## TRAITEMENT D'IMAGE

### AU PIXEL PRÈS

**La prise de vue satellite n'est jamais parfaite, elle est faussée par le mouvement, les conditions de visée, la réponse des détecteurs, le grain ou « bruit », les conditions météo.** Le résultat, c'est une vue déformée, des rayures, des inégalités de ton. Ces imperfections sont mesurables en vol grâce aux étalonnages (cf. p. 24) ; des algorithmes implantés dans les chaînes de traitement d'image peuvent les corriger. Cette opération est menée au CNES par les ingénieurs du

service Qualité image. Grâce à la connaissance physique précise de l'ensemble du système de prise de vue, ils définissent les modèles de correction qui permettent de passer de l'image brute à l'image corrigée. La première intervention est la correction radiométrique : on lisse les rayures, on rehausse le contraste, on filtre le bruit. La seconde étape corrige la géométrie ; les modèles de localisation rendent les différentes couleurs superposables entre elles, les

déformations internes dues à l'instrument et aux effets de perspective sont supprimées, on assure une localisation de chaque pixel sur la Terre conforme au besoin des utilisateurs. L'image finale contient des pixels corrigés, mais aussi des données complémentaires – conditions de prise de vue, coefficients d'étalonnage, modèles de localisation, masques de qualité – qui seront exploitées automatiquement par les logiciels d'exploitation des utilisateurs.



## LE CNES EN ACTIONS



Simulation THR-NG de Marseille.

70 cm

**L'optique** est l'un des domaines qui a le plus progressé en performance. La résolution des images de Spot 1 était de 10 m. Passée à 2,5 m avec Spot 5, elle est de 70 cm avec Pléiades.

Spot 6 et ses successeurs seront entièrement financés par l'industrie. Après avoir servi la communauté scientifique et le marché institutionnel, par des applications de plus en plus élaborées, l'imagerie spatiale haute résolution stimule le champ économique. La commercialisation des images s'est détachée de la tutelle publique : depuis 2008, le CNES a cédé

ses parts à Airbus Defence and Space qui a intégré Spot Image (cf. « L'essentiel », p. 7). Depuis Spot 5, l'optique spatiale vit une période de mutation. En 2012, Pléiades, premier satellite dual – à usage civil et militaire –, apporte son lot de sauts technologiques, dont l'agilité n'est pas le moindre. L'actionneur gyroscopique est l'un des nombreux « plus » de Pléiades. Le satellite change d'orientation sur commande, le système multiplie les prises de vue tous azimuts ou opère des revisites, et rend possible la production d'images 3D : un service prisé pour le développement d'applications de plus en plus nombreuses. En 2015, le premier satellite d'observation optique, Sentinelle-2, du programme européen de surveillance de la Terre Copernicus initié par l'Union européenne et l'ESA, a été lancé. Avec sa résolution d'une dizaine de mètres, sa très large fauchée (300 km) et sa répétitivité, il ouvre un tout nouveau champ d'utilisation des images spatiales. Avec des résolutions sans cesse améliorées, l'observation de la Terre aurait-elle atteint sa limite ? Non ! CSO<sup>1</sup>, Otos sont déjà sur la bonne trajectoire pour faire aussi leur révolution.

1. Composante spatiale optique

## PLAN DE TRAVAIL

### PROGRAMMÉ POUR « SHOOTER »

**Pour disposer d'images satellites, encore faut-il programmer le satellite ! C'est la mission du service Guidage et programmation mission du CNES.** Mais la programmation d'un satellite est complexe et doit satisfaire à plusieurs critères. Elle commence par la collecte des demandes formulées par les utilisateurs. « À partir de ces demandes, on calcule la séquence optimale d'enchaînement des images que doit prendre le satellite

sur une zone géographique donnée », précise Paola Van Troostenbergh, chef du service. Cette séquence est appelée plan de programmation. Elle s'établit en fonction du nombre, de la localisation géographique des demandes et des priorités associées. La zone accessible sous la trace au sol du satellite est une contrainte au même titre que la capacité de la plateforme à enchaîner les prises de vue. Chaque image occupe, à bord, une

taille mémoire en fonction du taux de compression choisi pour une qualité image donnée. Dans son calcul, le plan de programmation tient compte de l'espace de stockage des images disponible à bord du satellite. Le nombre de stations de réception images, la consommation d'énergie à bord, la couverture nuageuse de la zone à imager, le débit de transmissions d'images viennent complexifier la mise en œuvre du plan de programmation.



## LE CNES EN ACTIONS

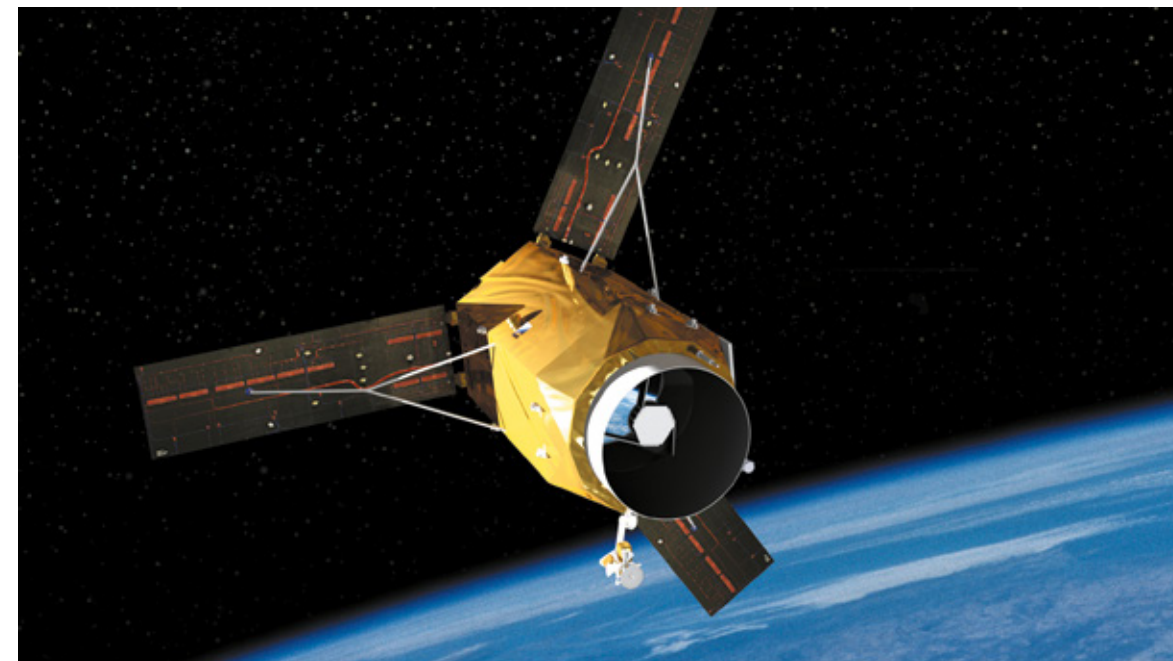


Illustration du démonstrateur Otos.

# SPOT, PLÉIADES LA HAUTE RÉOLUTION... JUSQU'OU ?

*Très performante sur le marché des satellites d'observation de la Terre, la France prépare l'avenir pour faire face à une concurrence de plus en plus vive.*

+ 100 %

**Par rapport** à Pléiades, THR-NG devrait multiplier par 2, voire plus, la surface d'observation couverte.

30 cm

**THR-NG** permettra d'atteindre une résolution de 30 cm.



près l'optique haute résolution, l'optique super-résolue avance en coulisses. Elle sera mise en œuvre sur THR-NG, un satellite en cours d'étude de faisabilité. Ce système dédié

aux applications duales – civiles et militaires – sera réalisé sous maîtrise d'œuvre CNES, dans le cadre d'une feuille de route établie conjointement avec la Direction générale de l'armement.

« On pourra gagner encore un facteur 2 sur la résolution, jusqu'à 25 à 30 cm, précise Gilles Chalon, chef du service Observation Défense au CNES. Mais l'essentiel est ailleurs. Pour maintenir notre leadership, il faut être stratégiques sur toute la chaîne, fabriquer plus vite, produire mieux et vendre moins cher. » Pressenti et conçu comme le futur système d'observation de la Terre optique à très haute résolution, THR-NG utilisera les technologies dérivées des deux Pléiades, mais pas unique-



## LE CNES EN ACTIONS

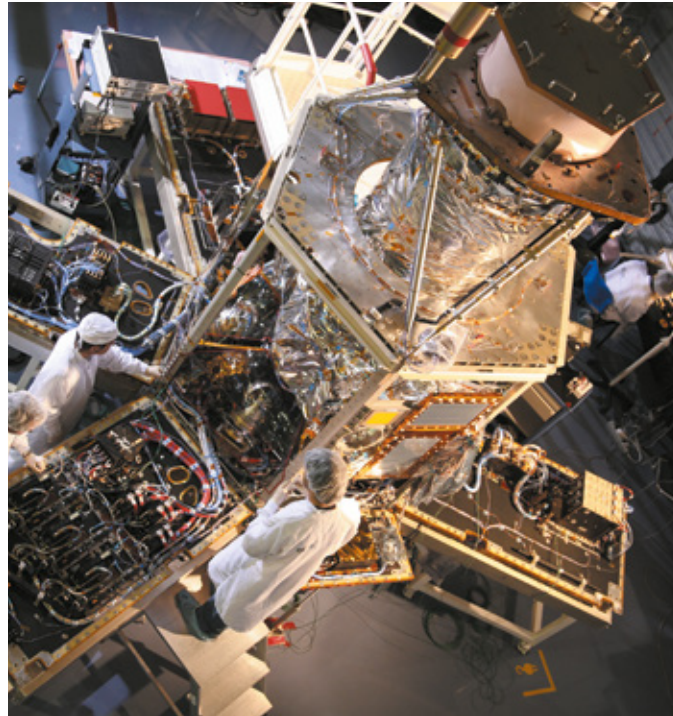
ment. En effet, le nouveau satellite veut faire la démonstration que des caps technologiques peuvent encore être franchis. Il s'appuiera pour cela fortement sur le programme de démonstrateur technologique sol Otos (Observation de la Terre optique super-résolue) en cours de développement, et préparatoire à cette nouvelle génération de système très haute résolution.

### TRAVAIL D'ORFÈVRE

Le secret d'Otos : l'optique active. Dans un satellite d'observation, la précision dépend pour partie des miroirs intégrés aux télescopes. Or, pour l'heure, la fabrication des télescopes est un travail d'orfèvre, long et coûteux. En intégrant un miroir de compensation (cf. « Matière », p. 27), l'optique active corrige les imperfections des miroirs principaux. Ce procédé est déjà utilisé en astronomie classique. En l'adaptant au spatial, il est possible d'industrialiser la fabrication pour en réduire le délai, et diminuer les coûts. L'optique active peut permettre aussi de spatialiser des télescopes de très grand diamètre, donnant ainsi accès à l'ultra-haute résolution optique. En un sens, THR-NG constituera un démonstrateur de la future génération de satellites militaires de renseignement optique.

Ce dernier veut aussi gagner en sensibilité en se dotant de nouveaux détecteurs. À trop zoomer sur un détail, on gagne en résolution géométrique mais on perd en quantité de lumière reçue, et donc en qualité d'images. Conçue par anticipation, la nouvelle génération de détecteurs va s'appliquer à améliorer la qualité des images.

Enfin, par rapport à Pléiades, il devrait multiplier par 2 à 3 la surface d'observation couverte. Ses capacités d'acquisition et de transmission d'images au sol seront accrues d'autant. Les efforts portent également sur l'optimisation de l'architecture d'ensemble du futur satellite THR-NG, avec pour objectif de réduire son poids et son encombrement. « La finalité est de favoriser ainsi l'emport sur des lanceurs plus petits, donc plus économiques de la gamme Vega », commente Gilles Chalon. Une autre manière de rester compétitif sur ce marché mondial hautement concurrentiel.



Intégration du satellite Pléiades chez Astrium.

### ÉTALONNAGE

#### LIRE LES IMAGES : TOUT UN PROGRAMME !

**Sans repères, l'image spatiale brute n'est pas superposable à une carte, et la valeur d'un pixel n'est pas comparable à celle d'autres capteurs ou à la quantité de lumière provenant du sol. Pour la lire, il faut la relier à une valeur connue. Pour ce faire, on utilise des zones de référence (sur terre, mer ou la voûte céleste) choisies à cause de détails remarquables ou des mires artificielles. L'image brute d'une zone de référence permet d'observer finement les imperfections de la prise de vue, de recalculer les angles de visée sur les détails remarquables, etc. Avec Pléiades, l'étalonnage a pris une nouvelle dimension : l'observation des étoiles permet de mesurer la résolution et la stabilité géométrique plus précisément.**



## LE CNES EN ACTIONS

### VIDÉO



Des images aux multiples usages : les POM du CNES [cnes.fr/cnesmag67-applications](http://cnes.fr/cnesmag67-applications)

# APPLICATIONS DE LA SÉCURITÉ... AU BUSINESS !

*L'imagerie optique haute résolution n'est pas seulement une technologie de pointe.*

*Elle ouvre également la voie à un secteur industriel aux applications multiples.*

**A**vec ses qualités intrinsèques, Pléiades s'est forgé une réputation d'auxiliaire de sécurité. Avec Copernicus, l'Union européenne se dote d'un système global de surveillance de la Terre, une mission impossible sans l'imagerie spatiale. Dans ce programme, Pléiades complète la flotte des satellites Sentinelle. Il s'est imposé avec sa très haute résolution, sa capacité de revisite quotidienne, son niveau de détail et la transmission des données en temps réel pour certains services exigeants. Le système Pléiades répond parfaitement aux besoins des activations d'urgence. La charte internationale Espace et catastrophes majeures en a fait un contributeur majeur (cf. « L'essentiel », p. 8). L'analyse des images avant/après est également de plus en plus utilisée dans la gestion post-crise. En 2013, un partenariat entre la Caisse centrale de réassurance et le Sertit a placé Pléiades sur une voie où on ne l'attendait pas, celle de l'assurance. Ses données sont utilisées par la CCR dans le cadre de ses travaux de modélisation pour une meilleure connaissance des catastrophes, telles que les inondations (cf. « Grand Oral » p. 13). Mais Pléiades ne se cantonne pas au rôle de secouriste. Il est aussi très convaincant dans des secteurs économiques à l'étranger, comme les industries minières ou pétrolières. Si la résolution de 70 cm a séduit de nombreuses sociétés privées et gestionnaires urbains dans le monde, sa pleine appropriation par les services de l'État ou les collecti-



Extrait de l'image Pléiades du 27/04/2015 sur Katmandou (48 heures après le séisme) montrant la tour Dharahara détruite (en bas à gauche) ainsi que les campements d'urgence dans le parc.

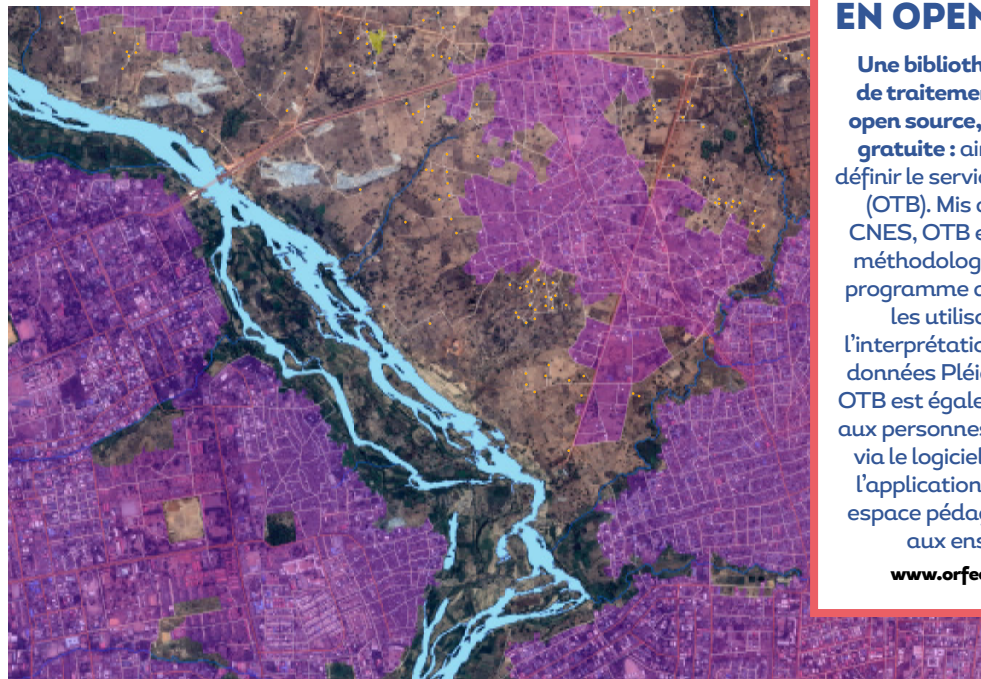
76 %

**C'est le taux d'activation de Pléiades dans le cadre de la charte internationale Espace et catastrophes majeures. En 2015, Pléiades a été mobilisé 29 fois sur 38 activations.**

tivités territoriales françaises reste à consolider, avec à la clé des bénéfices pour la planification urbaine, l'aménagement du territoire ou l'environnement.

### DES MARCHÉS À CONQUÉRIR

D'autres exemples montrent que la haute résolution optique peut soutenir des causes majeures, comme la santé. La lutte contre la poliomyélite est l'une d'entre elles. Au Nigeria, un des pays d'endémie, Pléiades a été utilisé pour établir, en un temps record, une cartographie très précise sur une zone de 100 000 km<sup>2</sup>. La transmission automatique des données d'intervention (nombre d'enfants, nom du village, etc.) a permis de contrôler en temps réel



Cartographie des zones urbaines (en mauve), villages (en jaune) et habitats isolés (en beige) ainsi que des réseaux routiers et hydrographiques utilisée pour planifier et contrôler les campagnes de vaccination contre la poliomyélite.

ORFEO TOOLBOX

— DES IMAGES SPATIALES EN OPEN SOURCE —

Une bibliothèque logicielle de traitement d'images en open source, libre d'accès et gratuite : ainsi pourrait-on définir le service Orfeo ToolBox (OTB). Mis au point par le CNES, OTB est issu du volet méthodologique d'Orfeo, le programme qui accompagne les utilisateurs dans l'interprétation des nouvelles données Pléiades. Le service OTB est également accessible aux personnes moins averties, via le logiciel Monteverdi ou l'application Terr'Image, un espace pédagogique destiné aux enseignants.

[www.orfeo-toolbox.org](http://www.orfeo-toolbox.org)

les opérations de vaccinations réalisées ou celles en cours, et de déterminer les zones prioritaires à traiter.

Un exemple plus insolite, mais illustrant des marchés à conquérir, vient des États-Unis. La société RS Metric fournit à ses clients – investisseurs et entreprises – des informations et analyses exclusives concernant des parkings de zones commerciales. Exploitées et analysées hebdomadairement, les images traduisent la fréquentation des magasins, via le taux d'occupation des parkings. Les images Pléiades apportent de manière indirecte une information sur l'activité commerciale, une aide à la décision pour ces investisseurs.



**Dual,** le système Pléiades est à vocation civile et de Défense. Le quota des images quotidiennes fournies aux services de Défense est de 5%.

« En trois ans de service, Pléiades a dépassé tous les objectifs techniques et commerciaux fixés, et on n'en est qu'au début. De nouvelles applications, sont à attendre notamment grâce à l'information 3D », fait remarquer Hélène de Boissezon, chef du service Analyse et produits image au CNES.

Hors technologie, l'autre atout de Pléiades est d'avoir été conçu comme un système global. Le CNES a réfléchi en amont à un programme d'accompagnement des utilisateurs. Des efforts importants ont été faits et se poursuivent pour ouvrir toujours plus largement l'accès aux utilisateurs institutionnels sur la base de produits standards, livrés clés en main sous licence ouverte.



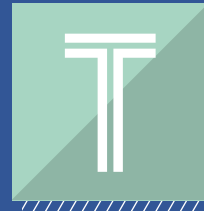
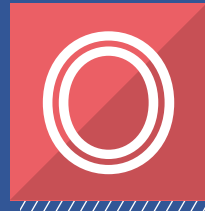
# L'OPTIQUE ACTIVE POUR PLUS DE PERFORMANCE

AU FIL DE SES MISSIONS, LE CNES A FORTEMENT AMÉLIORÉ LA RÉOLUTION DE SES INSTRUMENTS OPTIQUES, passant de 10 m à 70 cm.

À l'avenir, les applications vont tendre vers des résolutions encore plus fines, jusqu'à 30 cm, ce qui nécessite des miroirs plus grands, plus lourds, donc plus coûteux. Pour contourner cet écueil, le CNES travaille sur l'optique active, une innovation majeure. Son principe est simple : disposer de capteurs internes pour évaluer la qualité optique du télescope et la corriger, si besoin à tout moment, grâce à un miroir déformable et un miroir mobile. Ce changement radical d'approche induit une maîtrise totale de la performance de l'instrument, au sol comme en vol. C'est dans le cadre du programme Otos que le CNES met au point ces nouvelles technologies. Son défi est triple : sécuriser le développement d'instruments de très grande taille, les compacter de moitié et maintenir une compatibilité satellite avec un petit lanceur.



## INSTANTS T



1986

### SPOT 1 L'ANCÊTRE

*Spot 1 est le premier satellite européen d'observation optique à prise de vue pushbroom (cf. « En images », p. 16). Imaginé et réalisé par le CNES en partenariat avec les industriels Matra (devenu ADS) et Aérospatiale (devenu TAS), il assure une résolution d'image de 10 m. Après lui, Spot 2, 3 et 4 amélioreront ses performances. Associés dès l'origine, les États français, belge et suédois financent le programme. Créée en 1988, la société Spot Image se charge de la commercialisation des images. Spot 4 et le premier satellite militaire, Hélios 1, seront développés en synergie.*



2002

### SPOT 5 LA RUPTURE

*Spot 5 marque un tournant. L'utilisation des techniques supermode ouvre la voie à la haute résolution (2,5 m). Le satellite embarque le premier instrument stéréoscopique (HRS) et réalise de grands modèles numériques de terrain (MNT) à la surface de la Terre. Le mode de financement évolue lui aussi : des fonds privés rejoignent les fonds publics. Par la suite, Spot 6 et Spot 7 seront entièrement fabriqués grâce aux fonds privés. La commercialisation des produits sera, elle aussi, confiée au secteur privé.*



## INSTANTS T

AVANT MÊME LA HAUTE RÉOLUTION, SPOT 1 AVAIT RÉVOLUTIONNÉ L'OBSERVATION DE LA TERRE. DE SPOT 1, L'ANCÊTRE, À THR-NG, LE SUCCESSEUR EN GESTATION, LA TÉLÉDÉTECTION A MODIFIÉ NOTRE VISION DU GLOBE ET FAIT ÉMERGER DE NOUVEAUX MÉTIERS.



2012

### PLÉIADES LA MUTATION

*Actionneurs gyroscopiques, imageur THR, télémesure image très haut débit... Novatrices, les technologies embarquées sur Pléiades lui assurent une agilité exceptionnelle, une précision extrême et, avec ses deux satellites, un accès quotidien garanti à tout point du globe. La résolution est désormais de 70 cm. Son agilité et sa qualité géométrique ont ouvert la possibilité de réaliser des produits 3D de très haute qualité. Pléiades est le premier satellite dual d'observation de la Terre, utilisé à la fois par les civils et la Défense.*



2020

### THR-NG LA NOUVELLE ÈRE

*Programme en cours de réalisation, le premier satellite de très haute résolution spatiale sera un véritable concentré de technologies innovantes. Parmi elles, l'optique active, un concept prometteur (cf. « Matière », p. 27). Miniaturisation des composants et compacité du satellite doivent jouer un grand rôle dans la diminution des coûts. L'observation de la Terre n'est plus seulement une affaire de technologie mais aussi une affaire d'économie. C'est aussi ça, la révolution.*



RENCONTRES

# JEAN-PAUL GACHELIN

Fondateur de SIRS (Systèmes d'information à référence spatiale).

« Je m'attends à une explosion de la demande dans les dix ans à venir. »



Toute collectivité locale ou régionale européenne peut désormais disposer gratuitement d'une cartographie de 600 villes européennes. Fondateur de SIRS, Jean-Paul Gachelin, géophysicien de formation, était étudiant lorsque Spot 1 a été lancé. **Formé très jeune à la télédétection, il suit le marché de l'imagerie avec une gourmandise de passionné.** Lorsque l'Agence européenne de l'environnement souhaite disposer d'une cartographie satellitaire de villes européennes de plus de 50 000 habitants, c'est avec enthousiasme que SIRS propose ses services pour un atlas urbain européen. Couvrant une superficie d'un million de kilomètres carrés, Urban Atlas a

effectué en 2008 une première livraison d'images. Il livrera prochainement le millésime 2012 à partir d'images acquises par les satellites Spot et Pléiades. Les directions régionales de la Commission européenne mettent les données à disposition de tout gestionnaire d'un territoire urbain, pour analyser l'évolution d'une agglomération, déterminer ses tendances de croissance, évaluer les zones de reconstruction possibles ou encore comparer les indicateurs avec d'autres villes... **« On travaille aujourd'hui sur une résolution de 2,5 m, c'est-à-dire entre la haute et la très haute résolution »,** précise Jean-Paul Gachelin. Le dirigeant de SIRS suit attentivement l'évolution du marché : « Je m'at-

tends à une explosion de la demande dans les dix ans à venir. Le grand marché des années 2015-2020 aura pour axe majeur la surveillance de l'environnement, de l'échelle locale à l'échelle planétaire. De plus, **l'arrivée d'open data, de données libres en haute résolution, la démultiplication de l'offre d'images, y compris dans des zones difficiles, vont générer de nouvelles applications à un coût initial abordable.** Doué de l'optimisme du créateur d'entreprise, Jean-Paul Gachelin a lancé SIRS en 1989, à 26 ans. Aujourd'hui, la PME compte 40 salariés. 20 % de son budget est consacré à la R&D ; 50 % de son chiffre d'affaires est réalisé à l'export.



RENCONTRES

# CAROLINE LAURENT

Directrice de la stratégie à la Direction générale de l'armement (DGA).

« Les progrès en matière d'agilité et rapidité de traitement nous ont fait passer d'un usage stratégique à un usage tactique. »



Quand elle évoque Spot ou Pléiades, Caroline Laurent sait de quoi elle parle. Sa « bio » est en effet très spatiale ! Cette ingénieure formée à Polytechnique a fait ses premières armes à la Direction des missiles et de l'espace. Dans les années 1995, elle a participé à l'élaboration de la politique spatiale française, puis a dirigé, en 2011, l'unité de management « Espace et systèmes d'information opérationnels ». Nommée directrice de la stratégie le 1<sup>er</sup> décembre 2014, elle est désormais chargée de la préparation de l'avenir et de l'innovation au sein de la Direction générale de l'armement. **Plus qu'un simple fil rouge dans son cursus, l'espace est une passion.**

« Avant même le développement du satellite Hélios, les militaires utilisaient les images Spot. Le CNES et la DGA sont amis depuis trente ans », rappelle-t-elle. Hélios 1 et 2 puis Pléiades, qui a apporté la réactivité et l'agilité, constituent « de réels outils de souveraineté pour la France ». Ils ont révolutionné la connaissance du terrain et permis une meilleure anticipation de l'action : « L'imagerie spatiale THR est un élément clé de la fonction connaissance-anticipation, l'un des piliers du Livre blanc », constate Caroline Laurent. Le Livre blanc, c'est le livre de chevet de la Défense, qui en définit les orientations stratégiques. « La programmation au quotidien d'images sur le

théâtre d'opérations permet à la fois de définir et localiser les cibles et de constater le résultat d'une frappe. Les progrès en matière d'agilité et rapidité de traitement nous ont fait passer d'un usage stratégique en temps très différé à un usage tactique. » Et pour longtemps parce que **« l'observation de la Terre est un vrai domaine d'excellence de la France tant dans ses applications civiles que militaires ».** La DGA et le CNES entendent renforcer cette excellence en s'engageant ensemble dans la très haute résolution nouvelle génération (THR-NG).





RENCONTRES

# MOHAMED HAKIM KHARROU

Responsable de la promotion des techniques d'irrigation à l'Office régional de mise en valeur agricole du Haouz (ORMVAH), à Marrakech (Maroc).

« Les images spatiales haute résolution permettent de gérer la consommation d'eau. »



Enthousiaste, Mohamed Hakim Kharrou est un ingénieur du génie rural marocain. Il a soutenu une thèse au laboratoire mixte international Trema<sup>1</sup> de l'université Cadi-Ayyad (Marrakech), intitulée « L'apport de la télédétection spatiale à l'analyse de la performance des systèmes d'irrigation en zone semi-aride », avec le soutien de l'IRD et du Cesbio. **Depuis 1994, il est responsable, à l'ORMVAH, de la promotion des techniques d'irrigation et du développement d'outils d'aide à la décision.** Selon ce passionné d'espace, « le paysage agricole des environs de Marrakech change. La plaine verdit et se diversifie. Outre les palmeraies, des milliers d'agriculteurs y cultivent maintenant des oliviers, des

agrumes, des abricotiers, des céréales et du fourrage. » **Pour lui, « les images spatiales haute résolution, dans le visible et le proche infrarouge, permettent de gérer la consommation d'eau selon les besoins des plantes. »** Cette région proche de l'Atlas est irriguée par l'eau des oueds, souvent à sec, l'eau des barrages et l'eau des puits. La pluviométrie est faible et irrégulière. L'équipe franco-marocaine a mis en place une campagne d'expérimentation chez un agriculteur. Quatre hectares ont été irrigués de manière classique, et quatre autres hectares, grâce à l'utilisation des images satellitaires. Le résultat est très satisfaisant. Nouvelle étape : utiliser l'outil spatial à plus grande

échelle. Mohamed Hakim Kharrou rythme ses journées entre la gestion de divers dossiers et ses déplacements sur le terrain. **Il attend aussi avec impatience le lancement du satellite Sentinelle-2, qui pourrait révolutionner les pratiques des agriculteurs.** « Avec le Web, ils pourront consulter directement sur leur téléphone la quantité d'eau présente sur leurs parcelles et la date à laquelle il faudra irriguer. » Un nouveau défi attend les agriculteurs : être formé à l'informatique et à la lecture des cartes spatiales. Elles constitueront un précieux outil contre le gaspillage de l'eau.

1. Télédétection et ressources en eau en Méditerranée semi-aride.

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



ESPACE ÉTHIQUE



JACQUES ARNOULD

## RÉVOLUTIONS

*Les satellites Spot ont permis aux Terriens d'embrasser leur planète d'un regard neuf. Plus large, plus libre, plus responsable aussi. S'en souvenir, c'est aussi préparer le futur.*

**R**évolution. Pour les anciens, celle des astres, autrement dit leur retour périodique à un point de leur orbite, était le gage de la stabilité du monde et la condition de sa beauté. Révolution. Au seuil des temps modernes (est-ce la faute à Copernic, Galilée et leurs comparses?), le mot désigne un changement brusque, un bouleversement, qu'ils touchent l'observation du ciel, l'interprétation de la place des hommes au sein de l'univers ou le sort des sociétés qui peuplent notre planète. Révolutions. Lorsque Spot 1 commence les siennes, il résume à lui seul cet enrichissement étymologique : il inaugure la ronde imperturbable d'une famille de satellites dédiés à l'observation de la Terre ; il est le témoin des révolutions qui touchent notre planète, ses milieux, ses habitants. Il en devient parfois lui-même un facteur, un acteur : il est le premier à offrir à tous la preuve par l'image de la catastrophe de Tchernobyl, en avril 1986. Révolutions encore, lorsque, grâce à la Toile informatique, le recours aux images satellitaires entre dans la vie quotidienne et pénètre la sphère économique. Le rêve des militaires et des espions d'antan est la réalité des consommateurs d'aujourd'hui : tous peuvent accéder à l'ultime balcon terrestre pour y scruter finement la moindre parcelle, le moindre habitant de la Terre.

### SE PRÉPARER AUX PROCHAINES RÉVOLUTIONS

Ces révolutions, s'émeuvent certains esprits, ne menacent-elles pas les mœurs des humains, leurs vies privées ? Sans doute ; mais le plus lourd tribut, imposé par ces compagnons de l'espace, ne vient-il pas d'avoir accroché au-dessus de nos têtes l'œil qui, dans le poème de Victor Hugo, poursuivait Caïn ? L'alliance des satellites et des ordinateurs donne une actualité et une vigueur inattendues à l'injonction faite jadis au fratricide : « Qu'as-tu fait de ton frère ? ». Qu'à cela ne tienne, répondent ceux qui prennent au sérieux le traité de l'espace de 1967 et décident de mettre réellement en commun ce patrimoine tout neuf. Accomplie en douceur et avec discrétion, la charte Espace et catastrophes majeures n'en est pas moins révolutionnaire : qui aurait imaginé, au temps des premiers satellites espions, de rendre publiques des images obtenues depuis l'espace ? Nul n'ignore que l'histoire ne s'arrête jamais à cause d'une révolution, pas davantage de révolutions répétées. Nul n'ignore non plus que le chemin parcouru ne se rebrousse pas, que l'observation de la planète bleue par Spot, ses compères, ses successeurs a définitivement modifié la vie des Terriens. S'en souvenir, c'est aussi se préparer aux prochaines révolutions.



EN VUE



### BEAU LIVRE DEMAIN L'ESPACE

Embarquez pour un voyage spatial et futuriste grâce à cette œuvre qui n'offre pas seulement des vues époustouflantes du ciel et de notre planète mais qui invite aussi à réfléchir aux (r)évolutions réalisées ou à préparer par les acteurs du spatial. Le but : aider les humains à mieux habiter la Terre et à découvrir enfin les secrets de l'Univers.

*Demain l'espace*, Jacques Arnould, éd. du Cherche Midi, 2016. Avant-propos de Jean-Yves Le Gall; préface d'Irina Bokova, 155 pages, 29 €.

### DANS LES COULISSES DE L'OBSERVATION SPATIALE



Destiné à nous faire voir l'envers du décor, l'ouvrage écrit par les acteurs du spatial nous plonge au cœur des avancées techniques et des décisions politiques qui ont permis à la France et à l'Europe d'atteindre l'excellence dans le domaine de l'imagerie spatiale. Un témoignage de ces pionniers sans qui Spot, Pléiades ou Copernicus n'auraient peut-être jamais vu le jour.

*Observation spatiale de la Terre optique et radar*, Institut français d'histoire de l'Espace, éd. Tessier et Ashpool, 49,50 €

### ÉDUCATION DE L'ESPACE POUR LA PÉDAGOGIE



L'offre éducative du CNES s'est enrichie en 2014. Terr'Image, destiné à valoriser l'utilisation pédagogique des images satellitaires, rejoint le cadre de l'enseignement secondaire. Le logiciel associé, Terrelmage, permet la lecture et le traitement simplifié de données Pléiades. À la clé, des pistes de séquences pédagogiques en relation avec les programmes scolaires et la possibilité pour les enseignants de recevoir gratuitement des données satellitaires. Par le biais de formations académiques ponctuelles ou lors des universités d'été Espace Éducation organisées par le CNES en juillet, les enseignants acquièrent les bases de la télédétection puis les transmettent à leur tour à leurs élèves.

### COLLOQUE

## ICSO, LE RENDEZ-VOUS INTERNATIONAL DE L'OPTIQUE SPATIALE



Le colloque ICSO est dédié aux développements technologiques dans les domaines de l'optique et de l'optoélectronique pour le spatial. Une des particularités de ce colloque international est de couvrir également les développements instrumentaux (imageurs, spectromètres, lidars, etc.) pour l'observation de la Terre et les sciences de l'Univers, et de présenter les retours d'expériences en vol.



EN VUE



### ÉVÉNEMENT

## SPOT A 30 ANS

De Spot 1 à Spot 5, la fratrie spatiale est devenue l'incertournable témoin du monde contemporain. En guise de célébration, une exposition dédiée aux 30 ans de Spot est organisée du 22 au 24 février 2016, à la Cité de l'Espace. Dans la production pléthorique d'images spatiales depuis trois décennies, celles choisies gravitent autour de trois thèmes : les événements historiques, les avancées technologiques et les paysages mouvants de notre planète.

En miroir, une présentation d'objets appartenant à Spot et Pléiades (composants, détecteurs, etc.) témoigne d'une extraordinaire évolution technologique. Résolument tourné vers le futur, cet anniversaire est aussi celui de toute l'industrie française, devenue l'une des meilleures au monde dans le domaine de l'observation de la Terre. En marge de l'exposition, un cycle de conférences abordera d'ailleurs les nouveaux enjeux de cette filière.

### ENTREZ DANS L'ART NUMÉRIQUE

Quand l'artiste rencontre la technologie du satellite Spot, cela donne des étincelles d'originalité. L'œuvre dite « générative » de Charles Giuliani, ancien ingénieur centralien, sera projetée en avant-première sur grand écran durant

l'événement. Elle témoigne des nouvelles possibilités d'expression permises par le numérique « Ce qui m'intéressait, c'était la création de l'image plus que l'image dans sa finalité, raconte Charles Giuliani. On appelle ce type de création

une œuvre générative. Elle se base sur des algorithmes pour se générer d'elle-même. Plus précisément, un logiciel choisit un nombre prédéfini d'éléments qu'il assemble de manière aléatoire pour produire une œuvre unique. »

1

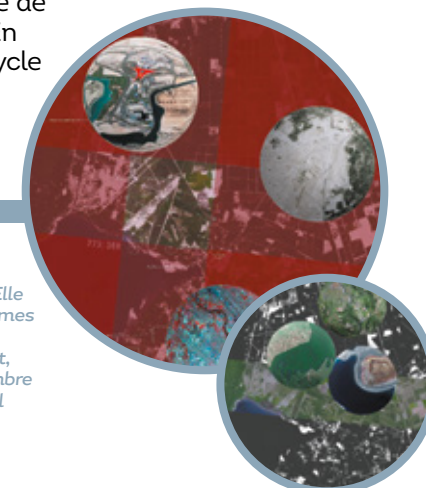
### AGENDA

**22-24 FÉVRIER 2016**  
Exposition  
« 30 ans d'observation de la Terre »  
Toulouse, Cité de l'Espace

**24 FÉVRIER 2016, 18 H 30**  
Les Rendez-vous d'Astronautique  
« 1986-2016 : 30 ans d'observation de la Terre au plus haut niveau »  
Toulouse, Cité de l'Espace

**18-21 OCTOBRE 2016**  
International Conference on Space Optics (ICSO)  
Biarritz  
[www.icso2016.com](http://www.icso2016.com)

**MAI 2018**  
Spaceops  
Marseille





TRANSFERT

VIDÉO



Reportage dans un cabinet dentaire  
cnes.fr/cnesmag67-  
condorscan

# L'IMAGERIE 3D AU SERVICE DES DENTISTES

*Destinée à prendre des empreintes dentaires en 3D, la caméra CondorScan, directement issue des technologies d'imagerie spatiale, sera commercialisée au premier trimestre 2016.*



On voit parfois se développer des applications surprenantes à partir de technologies satellitaires. » Cette réflexion de Didier Lapierre, chargé de la valorisation au CNES, prend tout son sens avec CondorScan, une caméra destinée à prendre l'empreinte

dentaire d'un patient en 3D en vue de réaliser une prothèse. De nature curieuse, le Pr François Duret, odontologiste et président d'Aabam, une société audoise spécialisée dans la R&D en biotechnologie, est allé chercher les voies de l'innovation du côté des technologies spatiales. Pour réaliser un modèle de la Terre en 3D, un satellite comme Pléiades acquiert au moins deux images d'une scène selon deux points de vue différents. La reconstruction du relief est réalisée en combinant des points caractéristiques de ces deux images. Cette opération devient plus délicate avec des surfaces presque uniformes. C'est le cas d'un paysage neigeux par exemple, mais aussi d'une dentition blanche et lisse. Spécialisés dans les algorithmes de traitement d'images, Gwendoline Blanchet et Jean-Marc Delvit, ingénieurs au CNES, ont proposé une solution à Aabam : l'utilisation d'une longueur d'onde capable de faire apparaître des détails pouvant ensuite être combinés. CondorScan permet ainsi d'obtenir de nombreuses images et assure une redondance de l'information. L'algorithme de corrélation et la méthodologie utilisée en stéréoscopie pour extraire le relief, à la base du fonctionnement de cet outil révolutionnaire, viennent tout droit de l'imagerie spatiale. Guère plus grosse qu'une brosse à dents, la caméra a nécessité six ans de développement et sera commercialisée au premier trimestre 2016.

FR

1000

C'est le nombre  
de caméras  
CondorScan  
vendues en pré-vente  
par Aabam.