

PLEIADES

DOSSIER D'INFORMATION

Duo de satellites optiques
pour mission duale



Sommaire

p.4

En bref

La complémentarité Spot-Pléiades
Pléiades en chiffres

p.6

1. Pléiades : de nouvelles capacités d'observation depuis l'espace

Une coopération européenne
Le pari de la dualité

p.8

2. La très haute résolution avec le système Pléiades

Deux satellites optiques pour une forte capacité d'acquisition
Une agilité exceptionnelle
L'instrument haute résolution : le cœur du système
Le segment sol : trois composantes, trois opérateurs

p.14

3. Retour sur une année en orbite de Pléiades 1A

Les premières images
Une recette en vol très créative
L'ouverture du système opérationnel

p.18

4. Le CNES, maître d'œuvre de l'ensemble du système Pléiades

Une organisation industrielle sous la responsabilité du CNES
Des « premières » technologiques en Europe

p.22

5. Au plus près des besoins des utilisateurs

Les applications militaires
Les applications civiles (exemples)

- Nouvelle-Calédonie : concilier exploitation minière et gestion du patrimoine naturel
- Pléiades et les situations d'urgence
- Le Référentiel géographique à Grande Echelle de l'IGN mis à jour
- Prévenir et cartographier les feux de forêt
- Protéger la biodiversité : la cartographie de la trame verte et bleue

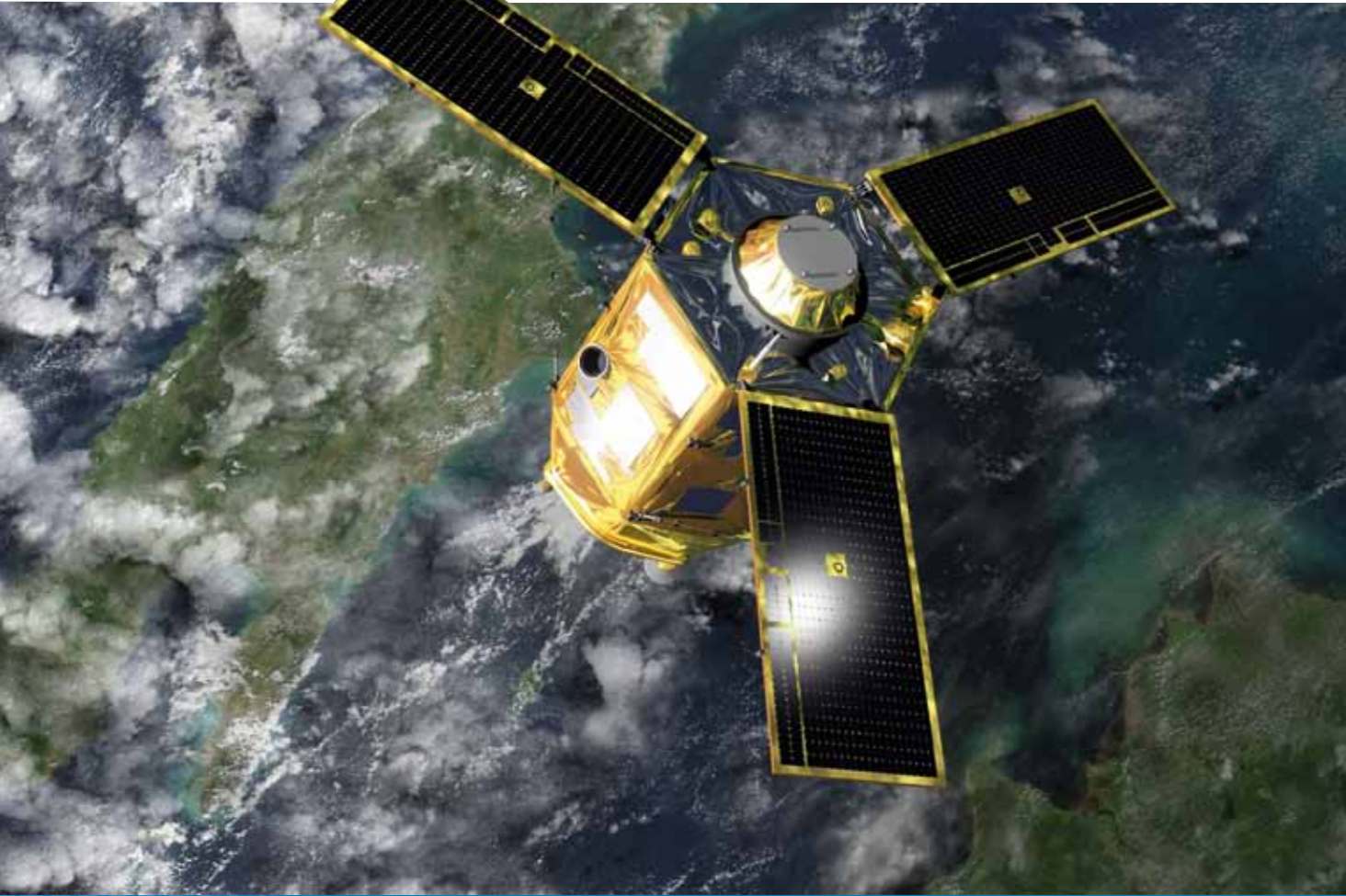
p.30

6. L'organisation de l'exploitation du système : un modèle économique original

p.32

Contacts

Les utilisateurs d'images satellitaires disposent avec le système Pléiades d'une source d'information géographique de nouvelle génération.



© CNES/Mira production 2012

Pléiades en chiffres ▶

5 ans
Durée de la mission
90 %
Part du financement assurée par le CNES

450 images/jour/satellite
Capacité d'acquisition
submétrique
domaine
nce
du champ de vue
orbite

La complémentarité Spot-Pléiades

Le système Pléiades n'est pas destiné à remplacer le système Spot 5 mais à compléter l'offre en permettant aux utilisateurs, qu'ils soient militaires, d'accéder à une grande quantité d'images, donc mieux adaptées à la variété de leurs besoins.

Pléiades fournit des images à haute résolution (champ de vue de 60 km) que Spot 5, mais avec une précision, les images étendues à bord à 70 centimètres au sol à 50 centimètres au sol, les produits robustes aux besoins informatiques.

5 ans
Durée de la mission
90 %
Part du financement assurée par le CNES
450 images/jour/satellite
Capacité d'acquisition
Résolution submétrique dans tout le domaine de performance
20 km
Dimension du champ de vue
694 km
Altitude de l'orbite

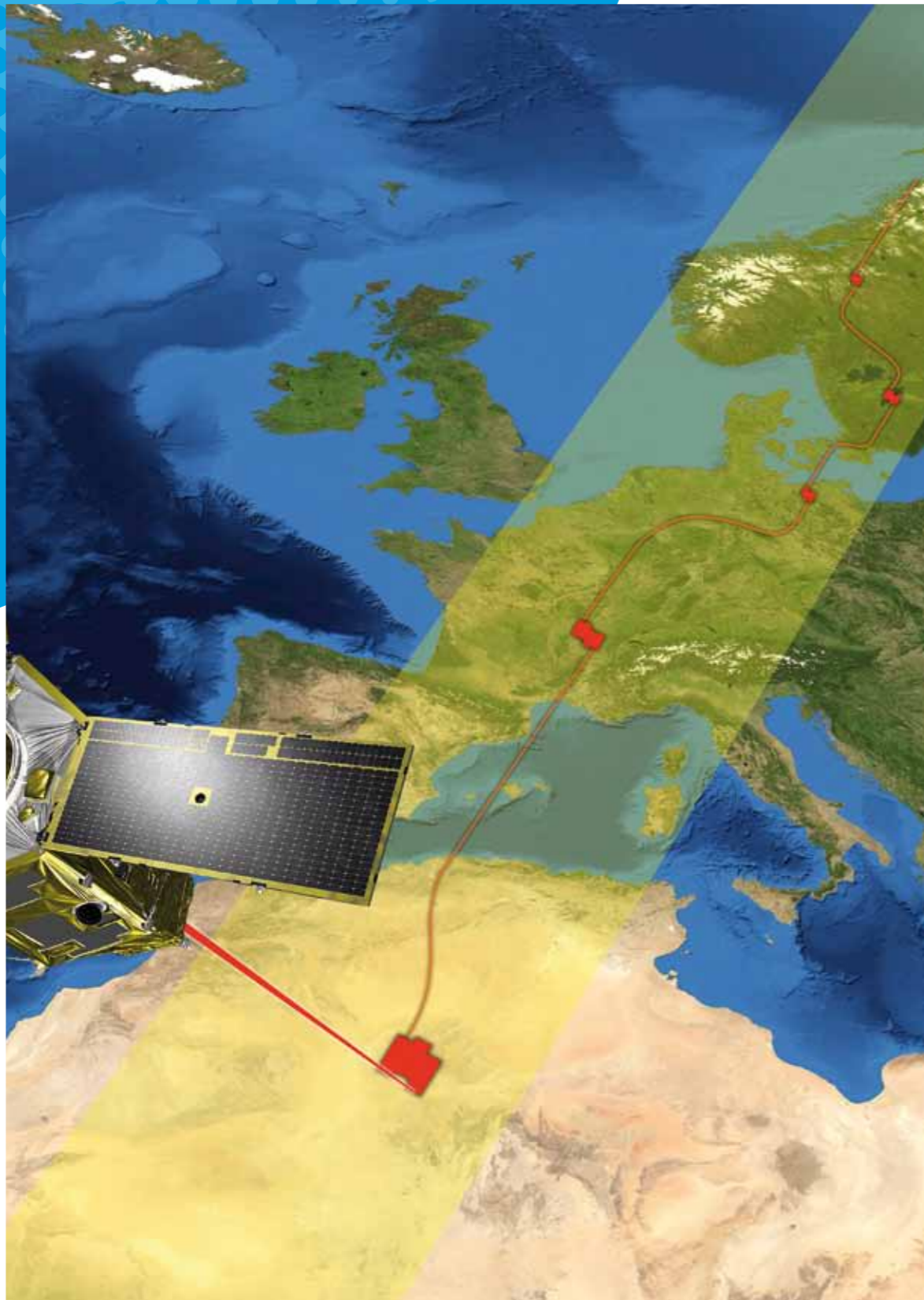
EN BREF

Qu'ils soient civils ou militaires, les utilisateurs d'images satellitaires disposent, avec le système Pléiades, d'une source d'information géographique de nouvelle génération. Ses caractéristiques : agilité pour accéder quotidiennement à tout point du globe, qualité des images et précision de localisation. Ce système dual d'observation de la Terre fournit des images optiques à résolution submétrique qui satisfont à la fois les nouveaux

besoins des missions de Défense et ceux des acteurs civils. Pléiades s'inscrit dans la filière d'observation de la Terre initialisée par le CNES en 1986 avec le premier satellite Spot. Grâce à son savoir-faire et à son expérience acquise dans le domaine civil, le CNES est ensuite devenu un partenaire privilégié du ministère de la Défense et de la Direction Générale de l'Armement (DGA). Pléiades fait la synthèse entre les deux mondes, tout en respectant les exigences fortes de chacun.

Le CNES est maître d'ouvrage et architecte du système Pléiades. Les demandes de la Défense sont toutefois prioritaires avec une allocation de 50 images par jour. La ressource restant disponible est mise à disposition d'un opérateur civil au titre d'une délégation de service public allouant 40 % de cette ressource aux besoins institutionnels. Le système Pléiades est constitué d'une constellation de deux satellites optiques d'environ une tonne chacun, conçus pour le domaine

visible et le proche infrarouge et positionnés sur une orbite héliosynchrone à 694 km de la Terre. Le premier satellite Pléiades a été lancé par Soyouz dans la nuit du 16 au 17 décembre 2011, depuis le port spatial européen en Guyane. La mise à poste et la gestion du satellite est assurée par le CNES. Le deuxième satellite doit être lancé, également par Soyouz depuis la Guyane, fin 2012.



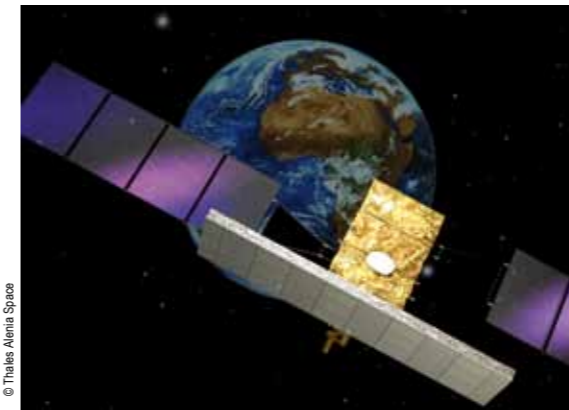
© CNES/EADS Astrium - Master images filmé / I.M. Regy

Pléiades : de nouvelles capacités d'observation depuis l'espace

Une coopération européenne

Le projet Pléiades a été engagé dans le cadre d'un accord intergouvernemental fixant les objectifs et principes généraux d'une coopération entre la France et l'Italie en matière d'observation de la Terre. Signé le 29 janvier 2001 à Turin, cet accord prévoit en particulier la réalisation d'un système dual d'observation, ORFEO, à résolution métrique, comprenant une composante optique développée par la France et une composante radar, Cosmo-SkyMed développée par l'Italie.

Des coopérations concernant Pléiades ont été mises en place avec l'Autriche, la Belgique, l'Espagne et la Suède. En retour, ces pays reçoivent un droit à la programmation et à l'accès à l'archive du système, équivalent à leur participation au développement selon des schémas proches de ceux retenus pour la filière Spot.



© Thales Alenia Space

Le système d'observation radar Cosmo-SkyMed est la contribution italienne au programme ORFEO (Optical and Radar Federated Earth Observation).

Le pari de la dualité

Le système Pléiades est le premier système d'observation optique véritablement dual. Complémentaire du système français d'observation spatiale militaire Hélios 2 et des satellites Spot, il a été conçu pour répondre aussi bien aux besoins des utilisateurs de la Défense qu'à ceux des utilisateurs civils, essentiellement institutionnels mais aussi commerciaux.



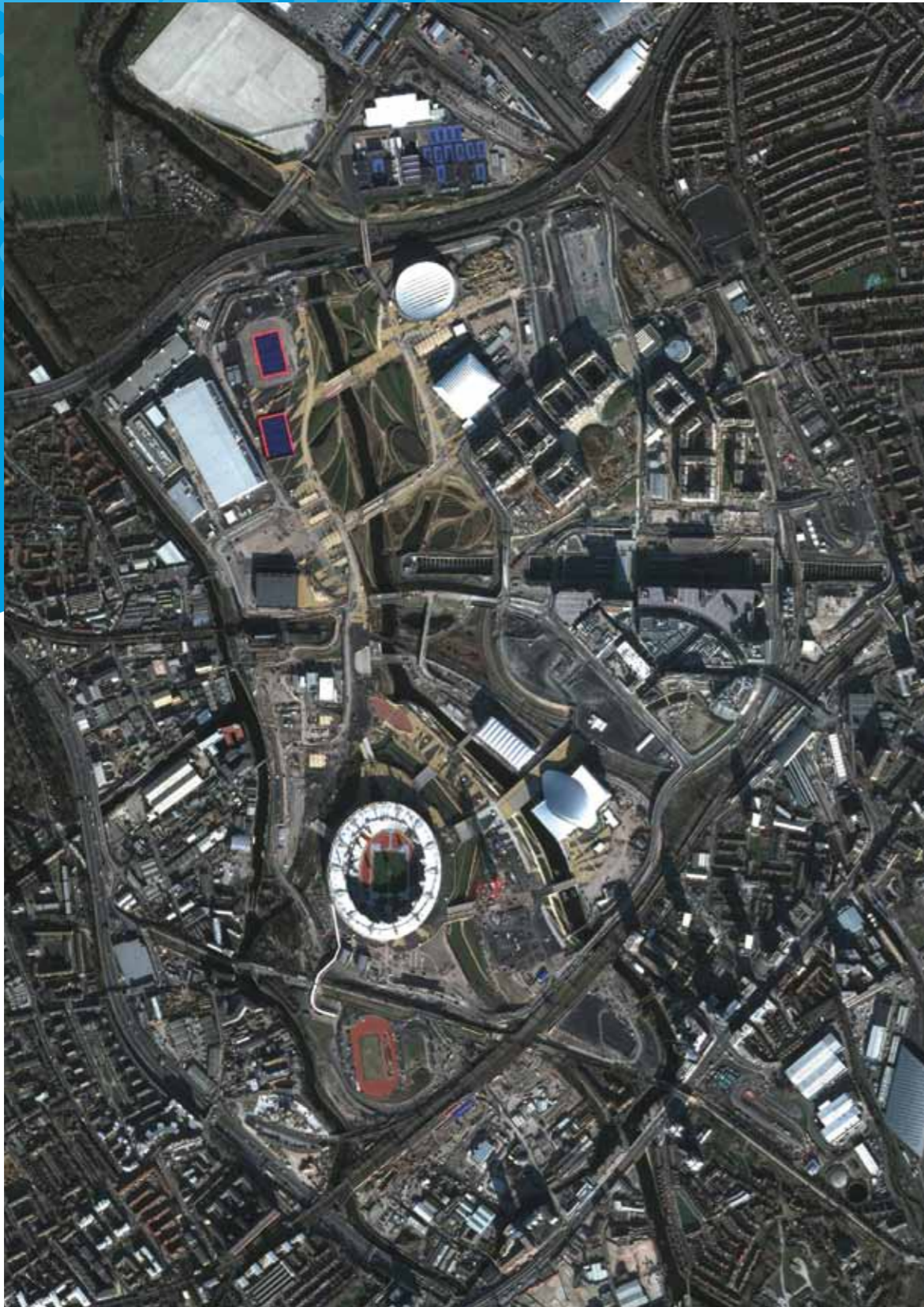
Cinquante images haute priorité sont allouées à la Défense quotidiennement.

La finalité de Pléiades est de délivrer des images optiques à résolution submétrique à ces deux catégories de clients tout en respectant les exigences fortes de chacune : celles de la Défense en termes de priorité (50 images haute priorité lui sont allouées tous les jours) et de confidentialité des demandes, et celles des utilisateurs civils en termes de capacité d'acquisition et de couverture.

Compte tenu du caractère dual de ce système, deux types d'accès sont prévus pour programmer les tâches des satellites :

- **Le canal Défense** utilisé par les ministères de la Défense « ayants droit » pour les demandes de programmation Haute Priorité Défense.

- **Le canal civil** utilisé par les utilisateurs civils. Il est opéré par un opérateur civil, Astrium Geo-Information Services (ex Spot Image), par délégation de service public.



Le site olympique de Londres.
Image acquise par Pléiades 1A
le 3 février 2012.

La très haute résolution avec le système Pléiades

Pour répondre aux besoins de cartographie et permettre, par exemple, une mise à jour du Référentiel géographique à Grande Echelle (RGE) de l'Institut géographique national (IGN), le système Pléiades offre de fortes capacités d'acquisition stéréoscopique instantanées et la capacité de couvrir des zones étendues (couverture de la France tous les 4 ans). Pour répondre aux missions de Défense et de sécurité civile, le système Pléiades permet, de plus, d'imager tout point du globe toutes les 24 heures et fournit les informations dans un délai très court, de l'ordre de quelques heures.

Deux satellites optiques pour une forte capacité d'acquisition

Le système Pléiades est constitué d'une constellation de deux satellites optiques (domaine visible et proche infrarouge) d'une tonne chacun, positionnés sur une orbite héliosynchrone à 694 km de la Terre. Ce concept s'impose à double titre :

- Pour garantir l'accessibilité et la rapidité de prise de vues exigées par les missions de Défense et de Sécurité civile.
- Pour assurer la capacité de couverture nécessaire aux besoins cartographiques et d'aménagement du territoire.

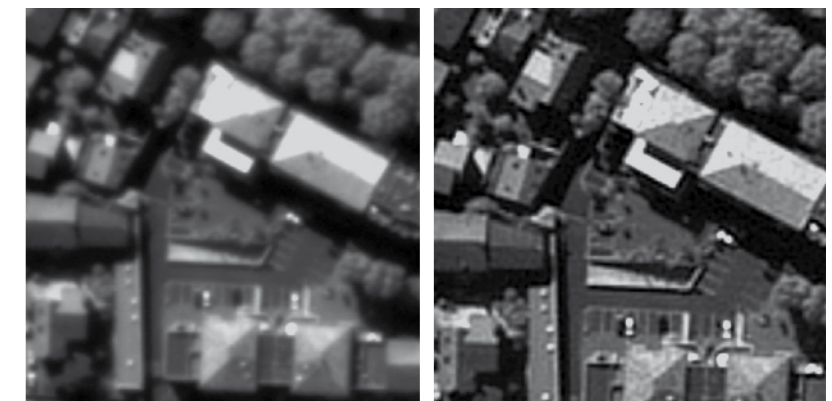
Avec ses deux satellites, Pléiades 1A et 1B, le système Pléiades offre :

- Une capacité d'accès journalière en tout point du globe.
- Un canal panchromatique à 70 cm de résolution en visée verticale.
- Quatre bandes spectrales (bleue, verte, rouge et proche infrarouge) avec une résolution de 2,8 m.
- Un champ de vue de 20 km en visée verticale.
- Une capacité d'acquisition, dans un même passage, d'une mosaïque d'images de 100 km par 100 km.
- Une capacité d'acquisition quasi instantanée de couples (et même de triplets) stéréosco-

piques de 20 km de fauchée jusqu'à 300 km de longueur.

- Une capacité de couverture d'images sans nuages de 2 500 000 km² par an.

Ajoutons une excellente localisation des images (inférieure à 12 mètres sans points d'appuis) qui permet une utilisation optimale des données dans des Systèmes d'Information Géographique (SIG).



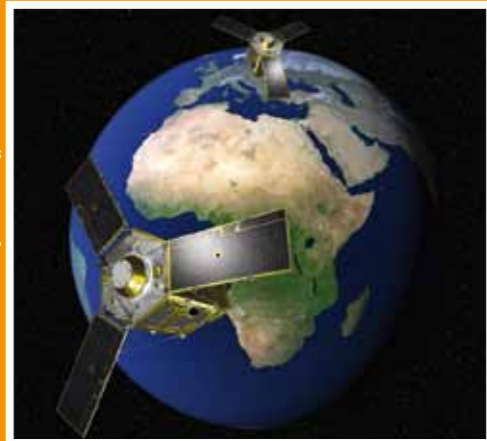
Simulation d'images panchromatiques Pléiades avant et après traitements de restauration effectués au sol.

Les satellites Pléiades ont été conçus pour une durée de vie théorique de 5 ans. Cependant, l'exemple des satellites Spot et Hélios montre que cette durée peut être dépassée en orbite.

Une capacité d'acquisition unique : pourquoi ?

- Chaque satellite Pléiades peut acquérir, en un seul survol d'une zone de 1000 km sur 1000 km, environ 20 cibles avec une résolution métrique. Sur un théâtre d'opérations plus restreint (100 km sur 200 km), 16 cibles peuvent être acquises.
- Le système Pléiades offre aussi une capacité de couverture stéréo à haute résolution.
- Des prises de vue dans n'importe quelle direction permettent, par exemple, de suivre des traits de côte ou des fleuves, capacité qui pourrait s'avérer très utile pour optimiser la programmation en cas de crise (inondation, tsunami, etc.).
- La grande agilité des satellites permet de minimiser les conflits de programmation dans le cadre de l'utilisation duale, et ainsi de répondre au mieux aux besoins simultanés de tous les utilisateurs.

Cette forte capacité d'acquisition s'accompagne d'un délai de revisite inférieur à 24 heures afin de satisfaire à la fois les besoins civils et militaires.



© CNES/EADS Astrium - Master images films H.M. Regy

Chaque satellite Pléiades peut acquérir, en un seul survol d'une zone de 1000 km sur 1000 km, environ 20 cibles avec une résolution métrique.

Une agilité exceptionnelle

Dire que Pléiades est un système agile, c'est souligner sa capacité à fournir le service attendu aux utilisateurs. Comment ? Notamment en assurant un **dépointage rapide** des satellites et ce dans toutes les directions : Est, Ouest, Nord, Sud. Il est également capable d'effectuer des prises de vues unitaires et d'élargir le champ de vue jusqu'à 100 km x 100 km.

Cette grande agilité est rendue possible grâce à un design très compact, ce qui se traduit par :

- des panneaux solaires fixes et rigides ;
- des équipements encastrés dans le satellite pour réduire l'inertie du véhicule. L'instrument haute résolution est intégré au bus ;
- une motorisation puissante grâce à une nouvelle génération d'actionneurs gyroscopiques.



© EADS Astrium Dominique MARQUES, 2011

L'instrument haute résolution : le cœur du système

L'instrument d'optique multi-spectral, haute résolution (70 cm) et grand champ (20 km) produit des images dans le visible et le proche infrarouge. Il bénéficie d'importantes innovations technologiques qui ont permis d'améliorer la compacité du satellite par rapport aux générations précédentes. Ces innovations représentent une avancée significative en termes de miniaturisation dans le domaine de l'électronique vidéo et de performance.

L'instrument est basé sur un concept à très haute stabilité dimensionnelle qui associe une structure en carbone/carbone (matériau insensible à l'humidité et présentant un

coefficient de dilatation extrêmement faible) et des miroirs en Zérodur. Pour présenter la meilleure performance en vol, l'instrument intègre un dispositif original de refocalisation thermique évitant un mécanisme complexe.

Par ailleurs l'accroissement des performances du satellite (capacité de pointage et de basculement, transmission au sol des informations à 450 Mbits par seconde) améliore très sensiblement les performances de la mission.



Intégration de l'instrument optique FMI du satellite Pléiades chez Thales Alenia Space à Cannes.

© CNES/ThalesAleniaSpace/GBRENOVITCH Yoann, 2008



© CNES/ThalesAleniaSpace/GBRENOVITCH Yoann, 2008

L'instrument optique intègre un dispositif original de refocalisation thermique.

La très haute résolution : pour quels usages ?

Avec le système Pléiades, l'Europe et la France en particulier entrent dans le cercle fermé des organismes qui maîtrisent la très haute résolution. De quoi s'agit-il ? De la capacité des systèmes spatiaux d'observation de cette catégorie à distinguer un objet au sol inférieur à un mètre. La vraie question est alors celle de l'adéquation entre la performance intrinsèque des systèmes spatiaux d'observation de la Terre et l'usage que les utilisateurs veulent faire de ces données. Pléiades, avec sa résolution submétrique, son champ de vue de 20 km et son agilité, est compétitif. Il permet notamment de couvrir efficacement toutes les grandes capitales européennes.



© CNES/Distribution Astrium Services Spot Image, 2012

Dubaï, premier port des Emirats arabes unis, vu par Pléiades 1A le 21 décembre 2011.

Le segment sol : trois composantes, trois opérateurs

Si le CNES assure la maîtrise d'œuvre du segment sol, ce dernier est implanté sur différents sites et géré par plusieurs opérateurs.

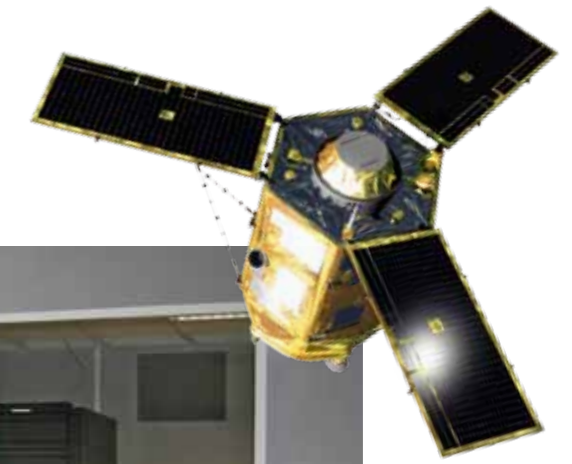
- **Le centre de contrôle dual est hébergé par le CNES à Toulouse. Son rôle est de :**

- réaliser l'ordonnancement de l'ensemble des requêtes de programmation, en rassemblant les programmations demandées par les utilisateurs du canal civil et celles demandées par les utilisateurs du canal défense ;
- gérer le satellite au quotidien, en recevant la télémesure qui permet de s'assurer de sa bonne santé, et en téléchargeant sur le satellite l'ensemble des commandes qui vont lui permettre de remplir sa mission ;
- assurer une fonction de calibration du satellite et de son instrument, au profit de l'ensemble des utilisateurs.

- **Le centre de mission de l'opérateur civil, Astrium Geo-Information Services (ex Spot Image), permet de répondre aux demandes des utilisateurs institutionnels des pays coopérants ainsi que des utilisateurs commerciaux. Son rôle est de :**

- recueillir et gérer les demandes des utilisateurs ;
- générer, trois fois par jour, la demande de plan de travail vers le centre de contrôle dual ;
- recevoir, archiver et traiter la télémesure image ;
- gérer un catalogue d'images.

- **Les centres de mission des défenses française, à Creil dans l'Oise, et espagnole, à Torrejon, près de Madrid, servent les utilisateurs Défense de chaque pays. Leurs fonctions de base sont analogues à celles du centre de l'opérateur civil, avec quelques différences au niveau des interfaces et de la sécurité.**



Centre Pléiades dans les locaux d'Astrium Geo-Information Services.



Centre de contrôle Pleiades au CNES à Toulouse.

© CNES/JALBY Pierre, 2010



Centre de mission Défense à Creil.

© CNES/Heris/Prieud 2011



Le Pont de la Baie d'Oakland et le quartier des affaires à San Francisco observés par Pléiades 1A.

Retour sur la première année en orbite de Pléiades 1A

Le 17 décembre 2011 à 2h 03min 38s (en temps universel) le lanceur Soyouz décollait du Centre spatial guyanais avec le satellite Pléiades 1A à son bord en tant que passager principal, 4 microsattellites Elisa de la Direction Générale de l'Armement et le microsattellite chilien SSOT.

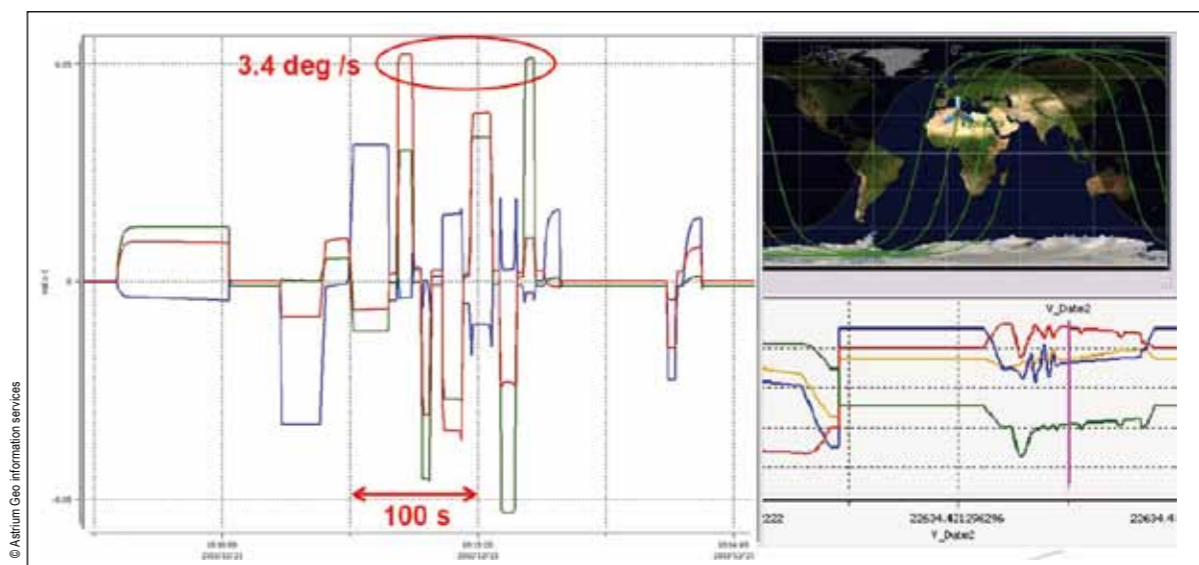
Moins d'un an après, le deuxième satellite - Pléiades 1B - doit rejoindre son aîné en orbite. Le système pourra alors travailler à pleine capacité d'acquisition et avec une revisite quotidienne pour tout point du globe. Retour sur cette première année d'exploitation en orbite de Pléiades 1A.

Les premières images

Les opérations de début de vie sont suivies depuis la salle de contrôle principale du CNES. Très rapidement après la séparation de l'étage Fregat de Soyouz, les trois panneaux du générateur solaire se déploient et le système de contrôle d'attitude du satellite réduit les vitesses angulaires et oriente les panneaux vers le Soleil : c'est le mode dit de « survie ». Les deux jours qui suivent sont critiques puisque tous les nouveaux équipements du satellite vont être mis sous tension et initialisés. Tout se déroule parfaitement, le satellite passe en mode « normal », son attitude est alors pilotée par les actionneurs gyroscopiques. Trois jours après le lancement, les premières images sont acquises et immédiatement des-

centues sur la station de réception de Toulouse. A la satisfaction générale, la qualité image est déjà très bonne comme l'atteste l'image acquise au-dessus du pont de la baie d'Oakland à San Francisco.

A peine 4 jours après le lancement, l'autorisation de passer en pleine agilité est donnée. Pour valider les capacités de dépointage de Pléiades, le satellite est programmé pour enchaîner, en visibilité de la station de Toulouse, une série de prises de vue sur la région Provence-Alpes-Côte d'Azur et le nord de l'Italie. Le résultat est spectaculaire : le satellite atteint des vitesses angulaires de 3,4°/sec, conformes aux performances attendues, avant de stabiliser sa ligne de visée et fournir des images toujours aussi précises.



Les prises de vue réalisées sur le nord de l'Italie (ici Venise) ont montré des résultats spectaculaires : Pléiades 1A atteint des vitesses angulaires de 3,4°/sec, conformes aux performances attendues.

Une recette en vol très créative

La recette a duré deux mois et demi, nécessaires pour qualifier en orbite toutes les fonctions du satellite, ainsi que les performances des centres de missions civils et des défenses française et espagnole. Début mars 2012, l'ensemble du système Pléiades est déclaré opérationnel. En parallèle et jusqu'à mi-juin 2012, se sont déroulées les opérations de recette en vol de la qualité image. Plus longue et com-



Des prises de vue de la Lune ont permis d'étalonner la réponse radiométrique des détecteurs de Pléiades 1A.

© CNES/Distribution Astrium Services/Spot Image, 2012



Salle de contrôle principale au Centre spatial de Toulouse.

© CNES

L'ouverture du système opérationnel

Dès la fin de recette en vol, le système a été transféré aux équipes opérationnelles. Il est depuis lors utilisé et donne entière satisfaction aux utilisateurs. L'agilité et les capacités d'acquisition de Pléiades 1A couvrent pleinement les besoins opérationnels civils et de défense. A titre d'exemples fournis par Astrium Géo Information Service, on peut citer l'acquisition d'une mosaïque en une seule passe sur la grande barrière de corail au large du Queensland en Australie (ci-contre), ou l'avancement de la couverture de l'Afrique du Sud réalisée en 3 mois avec une nébulosité inférieure à 15 %.

La disponibilité du système avoisine les 100 %, ce qui est remarquable pour un satellite embarquant de telles innovations et utilisant un segment sol entièrement nouveau. Le deuxième

satellite, Pléiades 1B doit permettre de doubler la capacité d'acquisition, mais aussi d'améliorer la revisite : tout point du globe sera dès lors accessible quotidiennement.

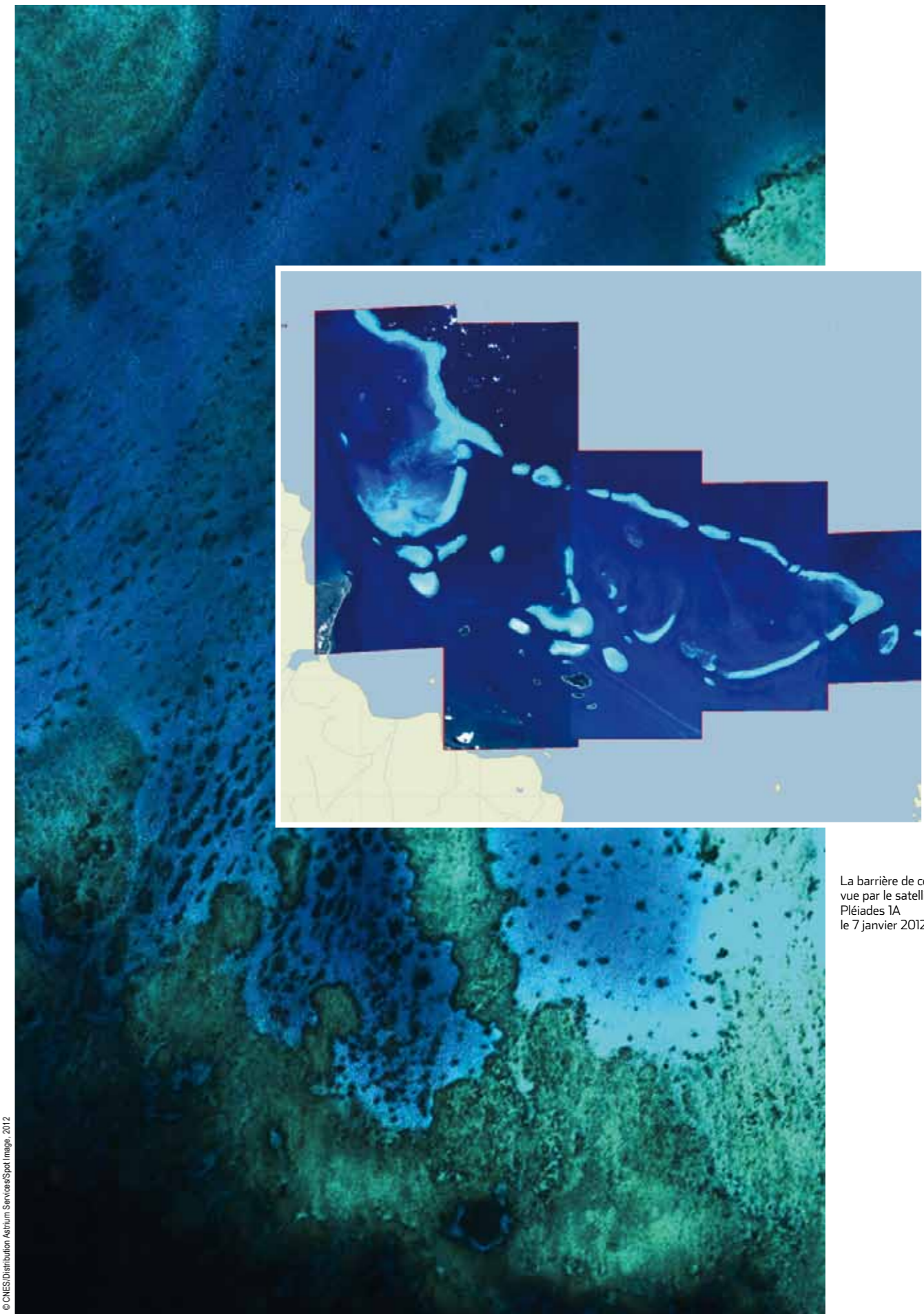


La couverture de l'Afrique du Sud réalisée par Pléiades 1A.

© CNES/Distribution Astrium Services/Spot Image, 2012

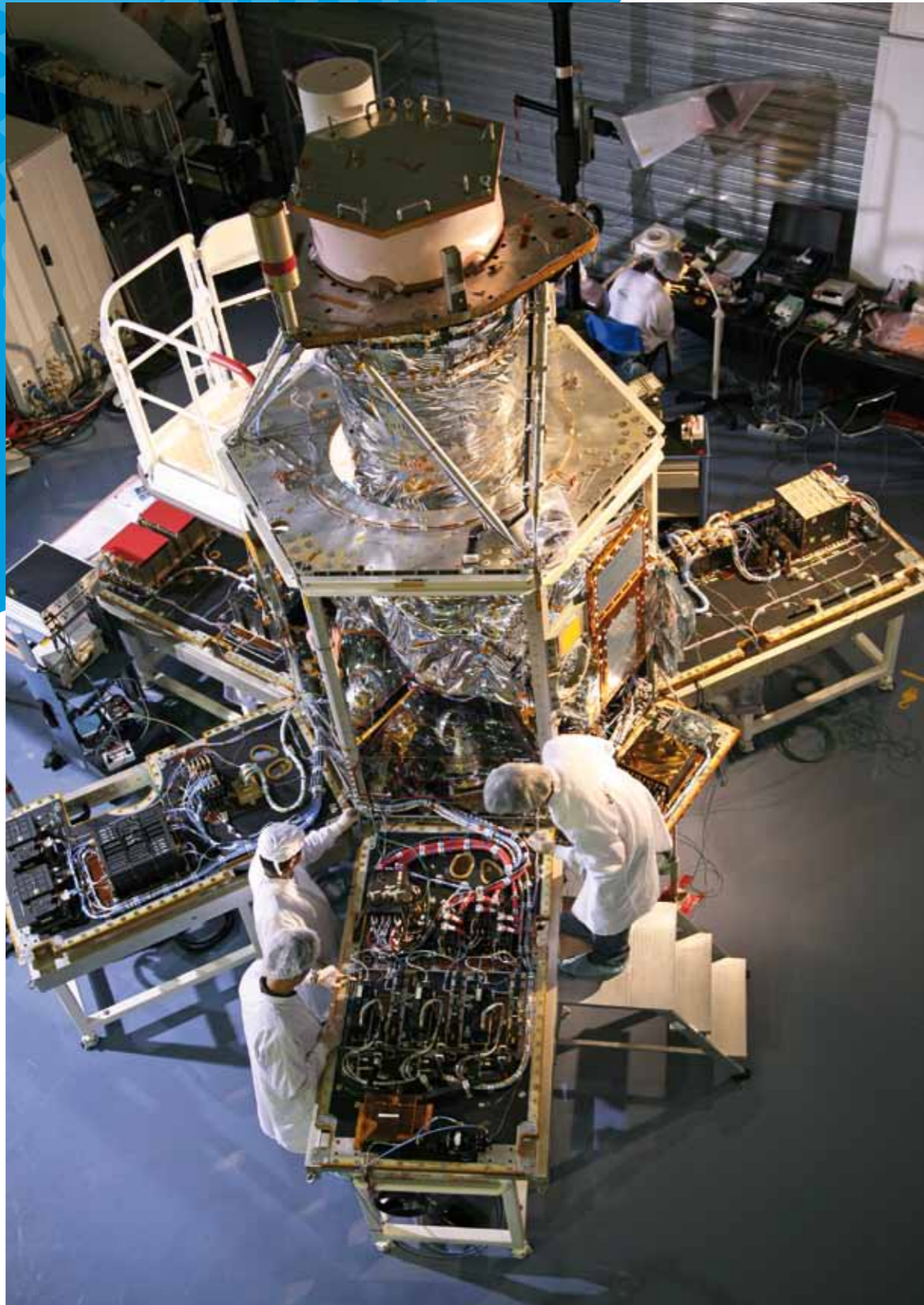
plexe, cette phase consiste à régler finement l'instrument de prises de vue et à étalonner l'ensemble des performances radiométriques et géométriques de Pléiades. Les experts en qualité image du CNES ont su tirer partie des capacités de dépointage de la ligne de visée de l'instrument, pour proposer des méthodes d'étalonnage extrêmement innovantes. Ils ont par exemple utilisé des prises de vues d'étoiles pour refocaliser l'instrument et qualifier le comportement micro-vibratoire du satellite, ou encore de la Lune pour étalonner la réponse radiométrique des détecteurs.

Les performances se révèlent être excellentes et, sur plusieurs points, bien meilleures que les spécifications.



La barrière de corail vue par le satellite Pléiades 1A le 7 janvier 2012.

© Astrium Géo information services



Intégration du satellite Pleiades chez EADS-Astrium.

Le CNES, maître d'œuvre de l'ensemble du système Pleiades

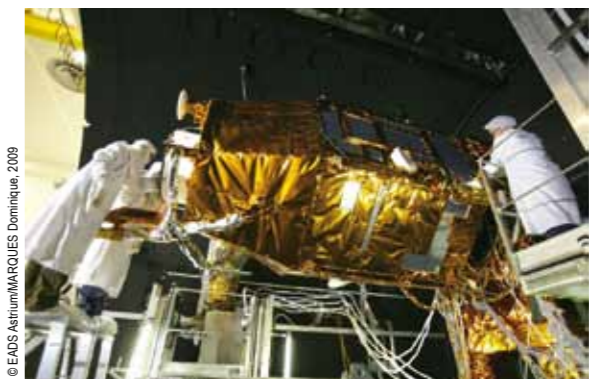
Le programme Pleiades fait pleinement appel aux compétences du CNES en tant qu'agence spatiale française. Chargé de développer les systèmes spatiaux du futur pour le compte du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, et du ministère de la Défense, le CNES a assuré la maîtrise d'ouvrage et défini l'architecture de l'intégralité du système, comprenant deux satellites, le segment sol de contrôle et le segment sol de mission. Outre la mise à disposition du système clé en main à ses partenaires français et étrangers, le CNES a conçu « l'intelligence » de Pleiades. La chaîne de programmation repose sur des algorithmes d'ordonnancement des prises de vues et sur des interfaces parfaitement maîtrisables qui permettent au système d'assurer les fonctions attendues. Il en va de même de la chaîne de traitement d'images, qui utilise des algorithmes sophistiqués de compression/décompression des images, de reconstruction de l'image pleine fauchée, ainsi que de corrections géométriques et radiométriques.

Une organisation industrielle sous la responsabilité du CNES

Des agences spatiales, des industriels européens et des laboratoires scientifiques ont collaboré et mis en commun leurs savoir-faire et leurs ressources. Le CNES a confié la réalisation des deux satellites à EADS-Astrium (maître d'œuvre du satellite) et à Thales Alenia Space (maître d'œuvre de l'instrument haute résolution). Les segments sol ont été notamment délégués à Cap Gemini et CS-SI (chaîne de programmation), Thales IS (chaîne image) et à un consortium réunissant EADS-Astrium, Cap Gemini, CS-SI et Thales SI (intégration des centres utilisateurs) et INDRA (centre de mission de la Défense espagnole). Les stations de réception ont été développées par Zodiac. Le CNES s'est réservé la gestion du réseau de stations de télémétrie/télécommande.



Préparation du satellite Pleiades pour des essais de vide thermique dans le Simmer par les équipes d'intégration et d'essai d'EADS-Astrium chez Intespace.



Pleiades en essais chez Intespace.

Des « premières » technologiques en Europe

Dans le même ordre d'idées, le CNES a pour vocation de développer, valider et qualifier des technologies et concepts innovants spécialement adaptés aux missions des nouveaux programmes spatiaux – en l'occurrence, pour Pléiades, fournir une cartographie de grande qualité – et de les mettre à la disposition de la communauté spatiale. Ces technologies ou concepts peuvent ainsi être réutilisés pour d'autres programmes institutionnels, pour des initiatives privées, comme le programme Spot 6-7 d'Astrium Geo-Information Services (ex Spot Image) par exemple, ou dans le cadre des ventes de systèmes satellitaires à l'export par l'industrie française.

La mise au point d'un satellite aussi agile que Pléiades, avec la capacité d'ajouter de nombreuses prises de vues lors d'un seul passage, pour composer une image avec une empreinte au sol beaucoup plus large que la couverture native de l'instrument, repose sur des technologies qui étaient tout juste émergentes en Europe quand le projet a démarré :

- les **filtres « allumettes »** qui sont un élément clé de la compacité de l'architecture du télescope et permettent néanmoins l'augmentation du nombre de bandes spectrales d'observation ;
- les **détecteurs TDI** (Time Delay Integration) en silicium aminci éclairé par l'arrière et fonctionnant en mode multilignes. Ces spécificités leur apportent une sensibilité largement supérieure à celle des détecteurs classiques et permettent des temps de pose très faibles, ce qui accroît la capacité d'acquisition d'images ;
- les **gyromètres à fibre optique** permettent de déterminer l'attitude des satellites avec une très grande précision.
- les **actionneurs gyroscopiques** qui remplacent les roues à inertie. Ces équipements contrôlent l'attitude des satellites tout en autorisant une grande capacité de manœuvre.

La grande précision de la localisation de l'image est obtenue grâce à une architecture très compacte du satellite, à l'intégration de l'instrument haute résolution dans le bus et à la fixation de capteurs d'attitude à proximité immédiate du grand miroir de l'instrument



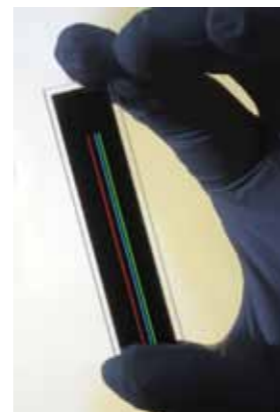
Démonstrateur du module vidéo principal.

© CNES/HUET Anne-Laure, 2002



Actionneur gyroscopique.

© CNES



© CNES/E Grimaud

Filtre « allumette » ou multispectral.



© EADS Astrium/Dominique Marques, 2012

Le satellite Pleiades 1B en préparation chez EADS-Astrium à Toulouse.

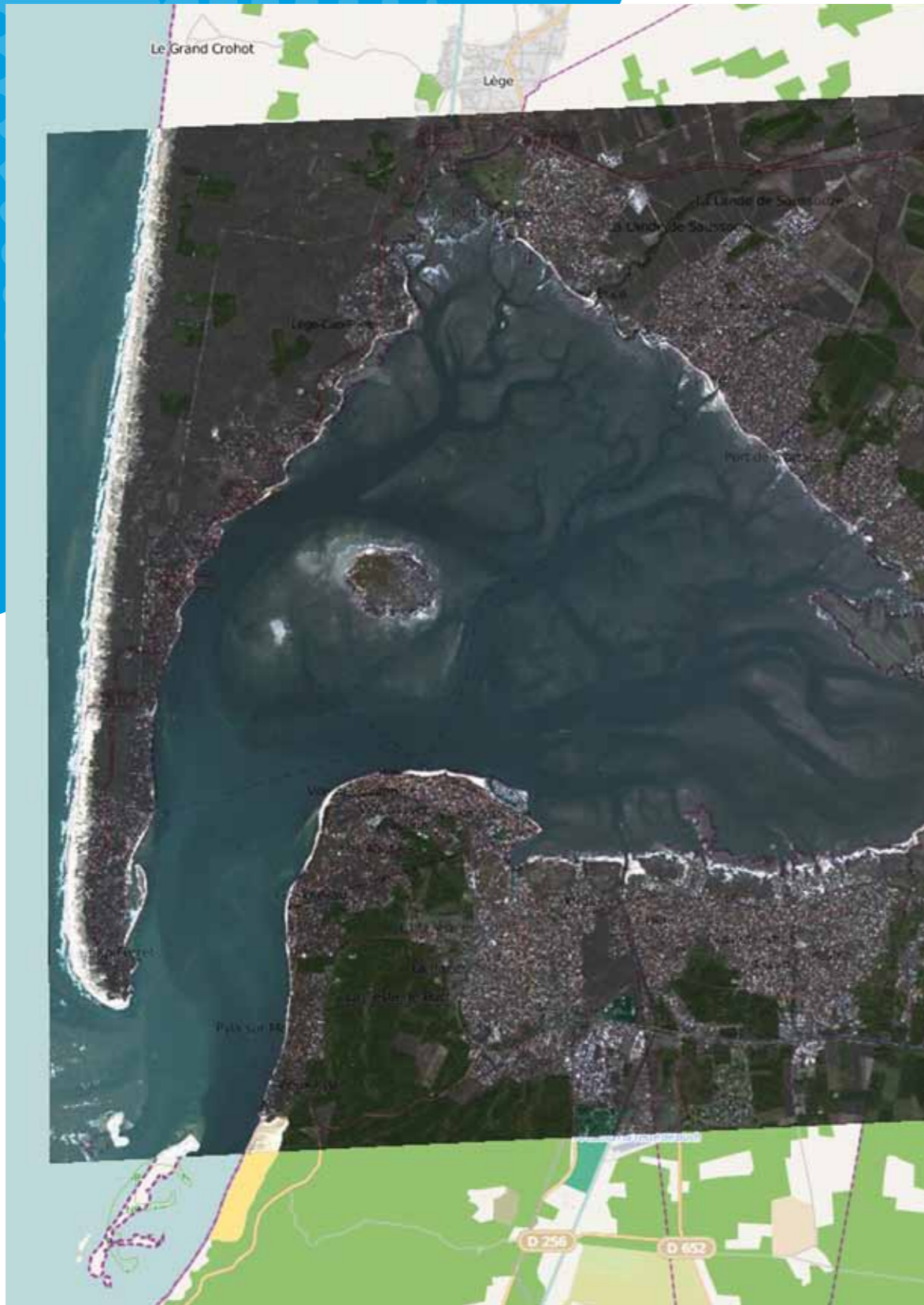


Image Pléiades acquise sur Arcachon et superposée à un fonds cartographique

Au plus près des besoins des utilisateurs

Très attaché à satisfaire la communauté des utilisateurs scientifiques et institutionnels, le CNES a sollicité les principaux acteurs de l'observation de la Terre pour évaluer leurs besoins et les nouveaux enjeux auxquels ils doivent faire face. Plusieurs organisations utilisatrices (IGN, BRGM, INRA, CNRS, Cemagref, CIRAD) et fournisseurs de services (Astrium Geo-Information Services, ACRI, SERTIT) ont ainsi apporté leur contribution. Des résultats et recommandations issus de forums organisés par les ministères de l'Éducation nationale et de la Recherche dans le cadre des rencontres « Espace et Société », ont également été pris en compte, comme les besoins la Commission européenne en matière d'information géospatiale et environnementale, et plus particulièrement ceux exprimés à travers GMES, le programme européen de surveillance de la Terre. De cet ensemble est ressortie la nécessité de disposer d'un système d'observation à résolution métrique optique pour détecter, reconnaître et identifier les cibles ou objets d'intérêt et leur évolution.

Les applications militaires

Pléiades est un système dual. Il répond aux besoins des utilisateurs civils, avec un service où les images sont largement diffusées et partagées, mais il garantit aussi à la Défense rapidité et confidentialité dans la mise à disposition des images.

Le système Pléiades s'inscrit dans 20 ans de collaboration entre le CNES et ses partenaires de la Défense, qui ont permis aux forces militaires françaises de disposer d'une capacité de surveillance d'origine optique parmi les meilleures au monde. Le système Pléiades vient en complément des trois satellites militaires des filières Hélios 1 et 2. Il offre à la Défense française une capacité d'observation complémentaire des moyens militaires déjà existants, en augmentant la fréquence de visite des zones d'intérêt stratégique.



Pléiades offre à la Défense française une capacité d'observation supplémentaire.

Les applications civiles

L'usage de l'imagerie spatiale se développe d'autant plus en France et en Europe que la résolution des images s'améliore.

Avec Pléiades, deux grandes catégories de besoins sont satisfaites :

- les besoins institutionnels nationaux et régionaux : application de la loi Littoral, mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement et du Grenelle de la Mer, mise à jour des bases de données cartographiques de l'IGN, contribution aux plans de prévention des risques, etc. ;
- les besoins liés aux réglementations et initiatives communautaires : directives européennes Eau, Nitrates, politique agricole commune, problématiques inter-frontalières, etc.



© Laurent Mignaux/MEDD



© Laurent Mignaux/MEDD



© Laurent Mignaux/MEDD



© Fotolia/RHODES Ludovic, 2007



© Pheor



© Thierry Degen/MedD

Plusieurs domaines d'application ont été définis dans le cadre du programme préparatoire à l'utilisation des données Pléiades :

- mer et littoral,
- risques et aide humanitaire,
- cartographie, aménagement du territoire,
- géologie et géophysique,
- hydrologie,
- forêts,
- agriculture.

► Nouvelle-Calédonie : concilier exploitation minière et gestion du patrimoine naturel

Peu d'endroits au monde concentrent autant d'enjeux de société que le Grand Sud de la Nouvelle-Calédonie. Les sols ferrallitiques, riches en minerais (nickel, chrome), ont conduit à la formation d'écosystèmes uniques, adaptés à ces milieux pauvres en nutriments. Ces paysages endémiques, fragiles et riches en biodiversité sont exploités par les géants de l'industrie minière et métallurgique.

Le suivi de l'équilibre de l'ensemble du milieu est rendu possible par les données satellitaires à Très Haute Résolution (THR) spatiale et temporelle, dont la précision et l'information radiométrique sont adaptées aux objets d'intérêt (mines, sols, végétaux, récifs) et à leur évolution. Ce suivi s'adresse particulièrement :

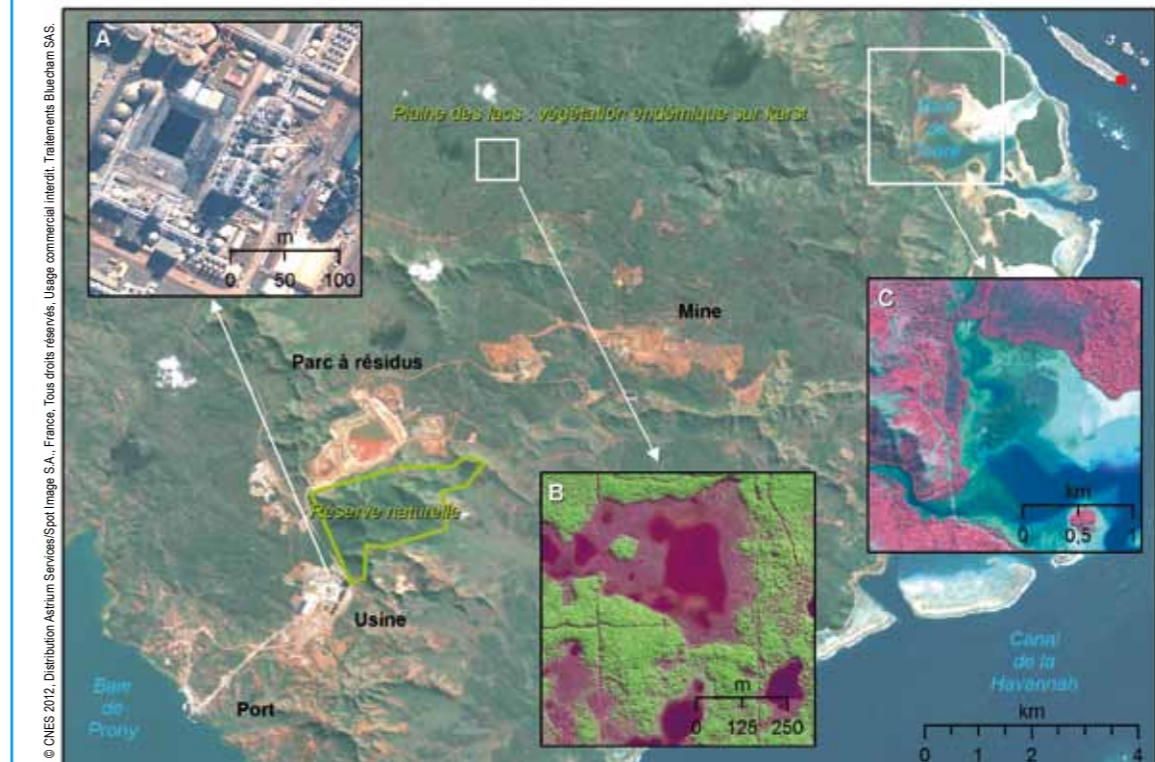
- **à la dégradation des sols, naturelle ou liée à l'activité minière.** Les données THR permettent d'identifier les sols soumis à l'érosion et leur échelle de risque.

Le degré d'érosion des lavakas, formes avancées de démantèlement des sols, peut être

estimé avec précision grâce à l'apport récent de la tri-stéréoscopie Pléiades.

- **aux transferts de sédiments des bassins versants jusqu'aux mangroves, herbiers et récifs coralliens.** La caractérisation des différentes strates de végétation des mangroves, ainsi que l'évaluation de l'activité photosynthétique appréhendées par la THR, permet de comprendre l'état de ces milieux. Ceux-ci jouent en effet un rôle fondamental de filtre à particules et de nurserie pour les poissons du lagon.

- **à l'évolution de la végétation.** L'évolution de la végétation est directement liée à la dégradation des sols et aux modifications de la circulation en eau dans le karst latéritique. La combinaison de la THR, de l'infrarouge et de la vision tri-stéréoscopique de Pléiades ouvre un champ prometteur de caractérisation fine des groupements végétaux, de leur degré de développement et de leur état de santé. Cette caractérisation permet d'opérer des indicateurs indirects de l'état de la ressource en eau du sol et de la circulation de l'eau dans le karst, au sein de plateformes Internet d'aide à la décision alimentées par le spatial (ex. <http://www.yate.nc>).



© CNES 2012, Distribution Airbus Services/Spot Image S.A., France. Tous droits réservés. Usage commercial interdit. Traitement Buecham SAS.

Grand-Sud de la Nouvelle-Calédonie.
A. Usine métallurgique.
B. Végétation endémique et dolines du plateau karstique.
C. Baie de Taaré au débouché de la Kwé Binyi où les sédiments des rivières traversent les mangroves et les herbiers avant d'atteindre les récifs coralliens.

► Pléiades et les situations d'urgence

Qu'il s'agisse de situations de grande urgence nécessitant l'activation de la Charte internationale « Espace et catastrophes majeures » ou du volet « Urgence » du programme européen GMES, les images de Pléiades sont utiles, voire indispensables, à deux titres :

- contribuer à l'organisation des opérations de secours,
- permettre un suivi efficace à long terme de la reconstruction post-crise.

Un système comme Pléiades s'inscrit par exemple pleinement dans la démarche de reconstruction durable prônée par l'Agence nationale de recherche (ANR) suite au séisme qui a touché Haïti en janvier 2010. Le projet KAL-Haïti a pour objectif d'acquérir des données afin d'analyser l'événement sous tous ses aspects, optimiser l'utilisation des

ressources disponibles pour rétablir durablement le cadre de vie et tirer les leçons de la catastrophe. Pléiades, avec sa résolution submétrique, est l'un des éléments clés pour l'aide à la planification et la reconstruction.

Dans des cas aussi exceptionnels, un autre constat s'impose : disposer en Europe de son propre système d'observation de la Terre submétrique est un avantage considérable. Il n'est plus besoin de faire appel aux systèmes spatiaux américains équivalents qui ne sont pas nécessairement disponibles à l'instant « t ». Même évidence dans le cadre de la préparation des grands sommets internationaux comme les derniers G8 et G20 organisés en France. L'accès direct à une imagerie satellitaire de grande précision est un atout pour les services chargés d'assurer la sécurité (police, gendarmerie, pompiers, protection civile, etc.). Sans oublier la question des droits d'utilisation, frein manifeste à l'usage des systèmes étrangers.



Intervention des Nation-unies au Sud-Soudan.

© UN Photo/Isaac Billy



Bas gauche : Distribution de l'aide alimentaire au Sud-soudan.

© EUECHO/Martine Chabartortou



© IRD/Sébastien HARDY

Bas droite : Glissement de terrain à la Paz (Bolivie).

Août 2012 : de violentes inondations frappent l'Afrique de l'Ouest

Dans la soirée du 28 août 2012 la Protection civile française, en lien avec les autorités locales nigériennes, déclenche la Charte Internationale "Espace et catastrophes majeures" pour des inondations au Niger. Selon le dernier bilan gouvernemental nigérien daté du 4 septembre transmis à l'AFP, ce sont près de 500 000 personnes sinistrées et au moins 68 personnes qui ont été tuées par ces inondations dues à des pluies diluviennes qui se sont abattues en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale depuis juillet. Niamey, la capitale du Niger, n'a pas été épargnée en raison d'une récente crue exceptionnelle du fleuve Niger.

Des images à très haute résolution Pléiades sont acquises sur Dosso et Agadez dès le 30 août, et sur Tillabéri le 9 septembre. Traitées en moins de 7 heures par le Service régional de traitements d'images et de télédétection (SERTIT), elles permettent la production d'un ensemble de cartes des zones affectées dans ces villes. Elles mettent en évidence, encore plusieurs jours après le début des inondations, les régions touchées ainsi que les traces résiduelles d'humidité autour des zones urbaines.



© SERTIT 2012 - Google Maps, OpenStreetMap, IGN, 2012 et Airbus Defence and Space. All rights reserved. - Global Terrain Map



Carte établie par le SERTIT quelques heures après l'acquisition le 9 septembre 2012 de l'image Pléiades sur Tillabéri (Niger). Cette carte montre les zones résiduelles inondées.



© IRD - Amadou Tahiro

En août 2012, de graves inondations causées par de fortes pluies tombées au Niger ont fait 60 morts dans le pays. Près de 300 000 personnes sinistrées ont subi de plein fouet la crue exceptionnelle du fleuve Niger.

► Le Référentiel géographique à Grande Echelle de l'IGN mis à jour

Le système Pléiades permet à l'Institut géographique national d'améliorer la qualité du service rendu par son Référentiel, en particulier grâce à une actualisation plus fréquente de la base de données topographiques BD Topo® et de la production d'orthomosaïques pour la BD Ortho®. L'IGN prévoit de remplacer les prises de vues aériennes à 50 cm par des couvertures Pléiades sur la totalité des départements, régions et collectivités d'outre-mer, et sur une partie significative de la métropole.

Dans le cadre du programme préparatoire à l'utilisation de ces images, l'IGN a mené depuis plusieurs années des études méthodologiques visant à adapter, à la résolution Pléiades, des outils conçus pour des images aériennes de résolution meilleure que 25 cm.

Ces études, couronnées de succès, ont notamment porté sur la reconstruction 3D de scènes urbaines à partir de paires stéréoscopiques et pour la détection de changements du bâti en zone périurbaine. La précision de localisation et la possibilité de programmer la couverture de territoires en forte évolution pour mettre rapidement à disposition des bases de données à jour, incitent l'IGN à utiliser l'imagerie Pléiades.



© IGN - Fond orthomosaic WorldView2 couleur / Digital Globe 2010

Tracé du tramway à Toulouse. Carte prototype au 1:10 000° produite par IGN Espace.

► Prévenir et cartographier les feux de forêts



© El Caro

Incendie à la Jonquera en Catalogne, juillet 2012.

La Très Haute Résolution spatiale permet d'établir l'ampleur des dégâts suites aux incendies de forêts, mais également de suivre temporellement la repousse de la végétation et, en amont, de détecter les zones susceptibles d'être à risque d'incendie. Ainsi, l'école des Mines d'Alès a développé une méthodologie de traitement automatique des données acquises par Pléiades pour cartographier le massif de Maures, selon une nomenclature

commune aux Services Départementaux d'Incendie et de Secours (SDIS) et à l'Office National des Forêts (ONF). Les équipes disposent ainsi des mêmes informations immédiatement exploitables pour localiser les zones à haut risque, réaliser les aménagements indispensables avant l'été (installation de réservoirs d'eau aux endroits propices, élargissement de chemins, débroussaillages, etc.) et préparer l'organisation des moyens de secours (positionnement de réservoirs d'eau par exemple).



© CNES / distribution Aethium Services / Spot Image, 2012

Pléiades 1A a acquis des images des incendies qui ont frappé la Catalogne à partir du 22 juillet 2012. Plus de 15000 hectares de forêt ont été brûlés entre Le Perthus en France et Figueras en Espagne. Cette image du 24 juillet 2012 montre en gris bleu l'étendue des zones touchées.

► Protéger la biodiversité : la cartographie de la trame verte et bleue

Les foyers de biodiversité sont aujourd'hui soumis à de fortes pressions anthropiques. L'action de l'homme ne se limite pas simplement à la réduction du nombre d'espèces mais entraîne aussi une modification de la structure et de la dynamique des communautés végétales, animales et microbiennes. La défense et le renforcement de la biodiversité sont ainsi devenus des enjeux majeurs du développement durable.

L'une des mesures phares engagées en France est la trame verte et bleue qui vise à rétablir des corridors écologiques entre les habitats favorables à la biodiversité. La première étape consiste à cartographier au 1/100 000° les corridors écologiques au niveau de chaque région, avec des zooms au 1/50 000° pour les zones les plus sensibles.

Les images satellitaires très haute résolution sont indispensables lorsqu'il s'agit de cartographier des arbres isolés, haies, fossés enherbés, autant d'éléments fins du paysage indispensables à connaître. Pléiades vient à point nommé.

Protéger le Grand Hamster d'Alsace



© Leumaké

La France doit renforcer ses actions de protection en faveur du Grand Hamster d'Alsace, dont l'espèce est menacée d'extinction. Spot 5 a déjà permis à la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de disposer d'une cartographie de son habitat, afin d'évaluer de façon accélérée l'efficacité opérationnelle des actions de conservation de l'espèce. L'intégration de données Pléiades depuis 2012 est un atout majeur pour la caractérisation de ces biotopes. Le niveau de résolution spatiale répond parfaitement au besoin de finesse pour la cartographie de ce type d'habitat. Elle facilite la détection et la différenciation des cultures favorables, et apporte plus de précision quant aux limites et à la taille des parcelles.

Le SERTIT, qui dresse ces cartographies, a donc vocation à intégrer les données Pléiades dans sa panoplie pour permettre un suivi précis des actions de conservation de ce rongeur.



Cartographie de l'habitat du hamster en avril 2012 et indicateur de répartition des cultures favorables, à partir de données Pléiades, Alsace, Sud Ouest de Strasbourg. Les cercles noirs correspondent à l'emplacement des terriers des hamsters.

© Sercis SERTIT



Le viaduc de Millau vu par le satellite Pléiades 1A le 7 janvier 2012.

Ils partagent une date anniversaire commune : le viaduc de Millau a été mis en service le 16 décembre 2004. Le satellite Pléiades 1A a été lancé depuis la Guyane le 16 décembre 2011.

Permettant à l'autoroute A75 de traverser la vallée du Tarn, le viaduc de Millau est le pont de tous les records : le pont routier le plus haut du monde avec un ensemble pile-pylône atteignant 343 m, un tablier à 270 m au-dessus du Tarn. C'est aussi le pont haubané le plus long, avec 2460 m.

A 694 km au-dessus de la vallée du Tarn, Pléiades 1A a pris cette image du viaduc de Millau le 7 janvier 2012, 3 semaines après son lancement. On peut apprécier l'impressionnante longueur du pont. Les ombres portées, avec un soleil d'hiver assez bas, donnent une idée de la hauteur des piliers.

© CNES 2012

L'organisation de l'exploitation du système : un modèle économique original

Si Pléiades est conçu pour répondre aux exigences des utilisateurs, la dimension économique du programme a fait l'objet d'une étude spécifique. En conclusion, il a été décidé de mettre une partie de la capacité sur le marché pour produire des revenus financiers et couvrir ainsi les frais d'exploitation, sans recours au financement public. L'exploitation du canal civil a été confiée à Astrium Geo-Information Services (ex Spot Image) au titre d'un contrat de délégation de service public :

- *Astrium Geo-Information Services assure sa mission de service public en mettant à la disposition des organismes institutionnels 40 % de la capacité du système à un tarif proche du coût opérationnel.*
- *Les 60 % restants sont mis à la disposition d'Astrium Geo-Information Services, qui vendra les images dans un contexte commercial ordinaire. En contrepartie, l'opérateur civil acquittera une redevance au CNES au prorata de son chiffre d'affaires, le CNES assurant la maintenance technique du système.*

Symposium final de la Recette Thématique Utilisateurs Pléiades

La Recette Thématique Utilisateurs (RTU) Pléiades, démontrant les capacités de Pléiades dans différents grands domaines d'application (cartographie, gestion des risques et sécurité, agriculture, forêts, hydrologie et géologie, mer et littoral) a débuté en mars 2012 pour 18 mois. Le symposium final de la RTU, les Pléiades Days 2013, sera organisé conjointement par le CNES et EADS Astrium fin 2013 à l'intention de la communauté des utilisateurs.



© CNES/Raehel Barranco

En janvier 2012, quelques semaines après le lancement de Pléiades 1A, les Pléiades Days ont rassemblé les utilisateurs de l'imagerie spatiale très haute résolution à Toulouse.

Ccontacts

Service Presse et Affaires publiques du CNES

Alain Delrieu
cnes-presse@cnes.fr
Tel. 01 44 76 74 04 / Fax. 01 44 76 78 40
Centre National d'Etudes Spatiales
2, place Maurice Quentin
75039 Paris Cedex 1
France

Chef de Projet Pléiades

Alain Gleyzes
alain.gleyzes@cnes.fr
Tel. 05 61 27 31 87 / Fax. 05 61 28 19 91
Centre National d'Etudes Spatiales
18 Avenue Edouard Belin
31401 Toulouse Cedex 9
France

Responsable programme Pléiades

Benoit Boissin
benoit.boissin@cnes.fr
Tel. 05 61 27 42 34 / Fax. 05 61 28 34 21
Centre National d'Etudes Spatiales
18 Avenue Edouard Belin
31401 Toulouse Cedex 9
France