

Le système d'observation de la **Terre Pléiades**

Jacques BERTHON, Thierry BRET-DIBAT
CNES

Le système dual d'observation de la Terre Pléiades 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 est constitué d'une constellation de deux satellites optiques d'environ une tonne chacun, conçus pour imager dans le spectre visible et le proche infrarouge et positionnés en opposition de phase sur une orbite héliosynchrone à 694 km de la Terre.

Le CNES a assuré la maîtrise d'ouvrage et a défini l'architecture de l'intégralité du système, comprenant les deux satellites, le segment sol de contrôle et le segment sol de mission. La maîtrise d'œuvre du satellite a été confiée à EADS-Astrium, Thalès Alenia Space a assuré la maîtrise d'œuvre de l'instrument haute résolution.

La présence des deux satellites garantit :

- l'accessibilité et la rapidité de prise de vues exigées par les missions de Défense et de Sécurité civile. Le système Pléiades offre avec ses deux satellites une capacité d'accès journalière en tout point du globe ;
- la capacité de couverture nécessaire aux besoins cartographiques et d'aménagement du territoire.

Une coopération européenne

Le projet Pléiades a été engagé dans le cadre d'un accord intergouvernemental



Figure 1. Image du Mont-Saint-Michel prise par Pléiades.



Figure 2. L'instrument PLEIADES en phase d'intégration chez THALES ALENIA SPACE.

Pléiades, une capacité d'acquisition unique

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. Il est capable d'acquisitions quasi instantanées de couples (et même de triplets) stéréoscopiques de 20 km de fauchée jusqu'à 300 km de longueur.

Chaque satellite offre les caractéristiques suivantes :

- un canal panchromatique à 70 cm de résolution en visée verticale ;
- quatre bandes spectrales (bleue, verte, rouge et proche infrarouge), d'une résolution de 2,8 m ;
- un champ de vue de 20 km en visée verticale.

fixant les objectifs et principes généraux d'une coopération entre la France et l'Italie en matière d'observation de la Terre.

Des coopérations bilatérales 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.

L'instrument haute résolution, le cœur du système

L'instrument de Pléiades bénéficie d'importantes innovations technologiques permettant une amélioration de la compacité par rapport aux satellites de la génération précédente. Ces innovations représentent une avancée significative

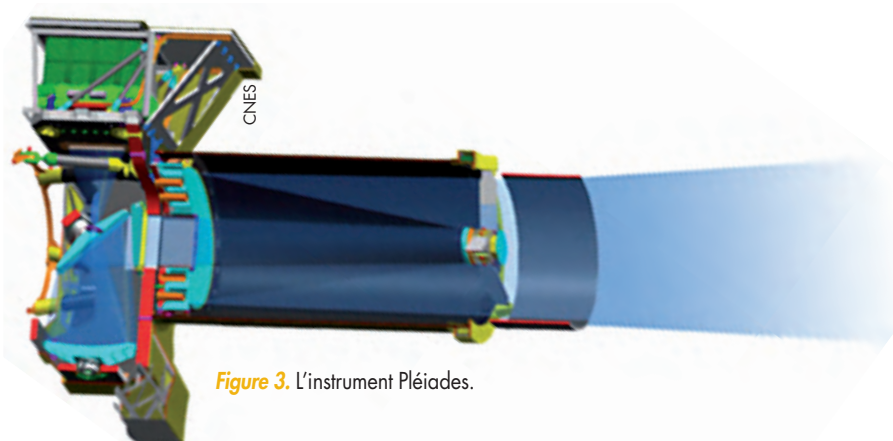


Figure 3. L'instrument Pléiades.



OPTIQUES LASERS

vous aimez



Optiques Lasers

Technologies de Traitements Optiques
 IBS – Ion beam sputtering
 IAD – Ion assisted deposition
 E-beam PVD – Physical vapour deposition

Optiques Lasers Fortes Puissances
 Traitements pour $\lambda = 193 - 3000$ nm
 Produits spécifiques clients
 Made in Germany

www.lasercomponents.fr

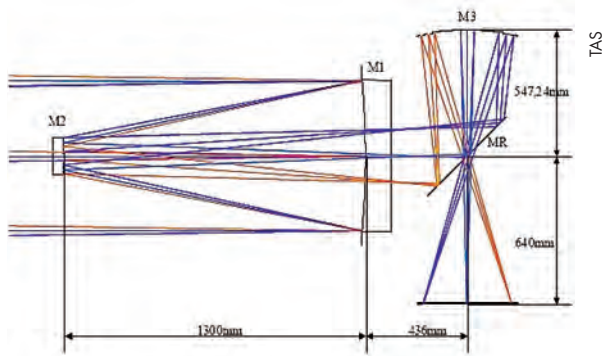


Figure 4. Configuration optique du télescope Pléiades.

en termes de miniaturisation dans le domaine de l'électronique vidéo et de performance.

L'instrument est basé sur l'emploi :

- d'un télescope TMA centré de type Korsch avec miroir de renvoi afin de compacter la cavité arrière. La pupille, localisée sur le miroir primaire a un diamètre de 650 mm ;
- d'un sous-système plan focal composé de :
 - 5 détecteurs CCD e2V multi-spectraux (chacun pourvu de 4 rétines de 1500 pixels de $52 \mu\text{m}^2$) juxtaposés optiquement par des prismes miroirs pour couvrir le champ de vue. Chaque détecteur est positionné dans un boîtier en AIN très rigide, fermé hermétiquement par une grande fenêtre sur laquelle des filtres allumettes sont déposés. Il s'agit d'une lame de verre (BaK50) de faible épaisseur (1mm) collée sur la fenêtre CCD et comportant sur sa face d'entrée (en réalité il y a des couches minces des 2 côtés de la lame), les 4 filtres eux-mêmes (environ 100 mm x 3 mm) séparés par un masquage noir qui délimite les domaines utiles.
 - 5 détecteurs CCD e2V amincis fonctionnant en mode TDI sur environ 15 lignes d'intégration pour la détection panchromatique (6000 pixels de $13 \mu\text{m}^2$). Le transfert des charges entre les lignes est synchronisé avec le déplacement du satellite. La performance radiométrique S/B, difficile pour des satellites défilants (temps d'intégration se raccourcissant avec la résolution) est ainsi optimisée via le nombre d'étages TDI utilisés et non plus par la dimension du télescope, désormais dimensionné sur la

performance de FTM. C'est un gain déterminant sur le volume et la masse de l'instrument, et par voie de conséquence, du satellite.

- d'un concept à très haute stabilité dimensionnelle associant notamment une structure en carbone/carbone (matériau insensible à l'humidité et présentant un coefficient de dilatation extrêmement faible) et des miroirs en zérodur, le tout contrôlé thermiquement. L'instrument dispose également d'un système de refocalisation thermique spécifique finement réglé, sur la structure de support du miroir secondaire.

Par ailleurs, les experts en qualité image du CNES ont su tirer parti des capacités de dépointage de la ligne de visée de l'instrument pour proposer des méthodes d'étalement extrêmement innovantes (en utilisant par exemple des prises de vues sur étoiles, pour refocaliser l'instrument et

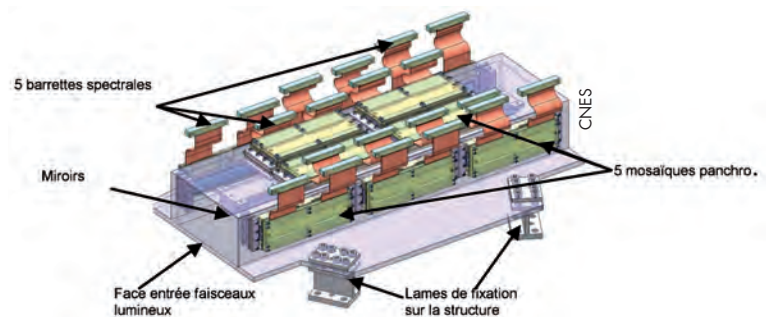


Figure 5. Illustration du plan focal Pléiades réalisé par ADS SODERN.

qualifier le comportement microvibratoire du satellite, ou sur la Lune, pour étalonner la réponse des détecteurs).

Des « premières » technologiques en Europe

Le projet Pléiades a eu également pour objectif de développer, valider et qualifier des technologies et concepts innovants. Ainsi, l'architecture d'un satellite aussi agile que Pléiades, repose sur des technologies qui étaient tout juste émergentes en Europe quand le projet a démarré (c'est le cas des filtres optiques allumettes et des détecteurs TDI, mais aussi des gyroscopes à fibre optique et des actionneurs gyroscopiques).

Ces technologies ou concepts ont pu ainsi être réutilisés directement pour d'autres programmes institutionnels et des initiatives privées, comme le

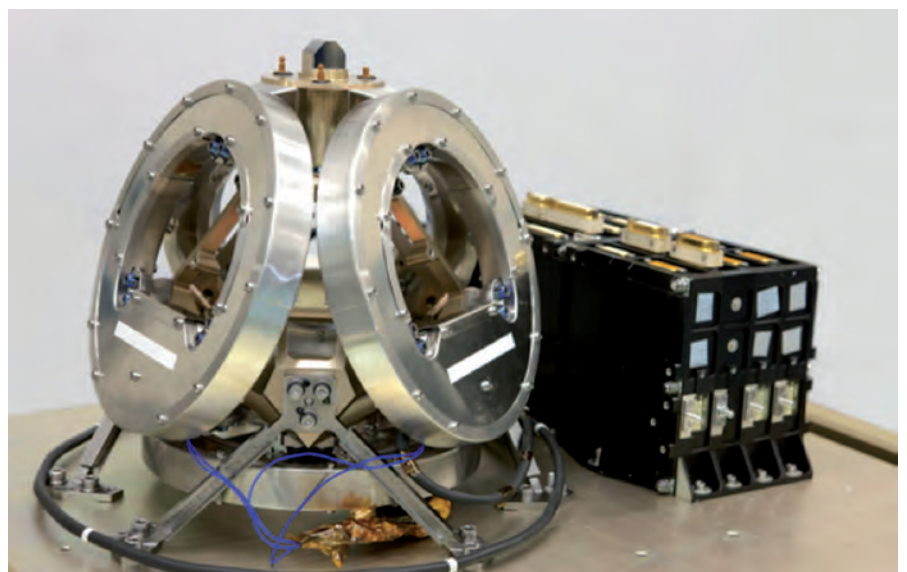


Figure 6. Gyroscopie fibre optique très haute performance réalisé par ADS et IXSEA.

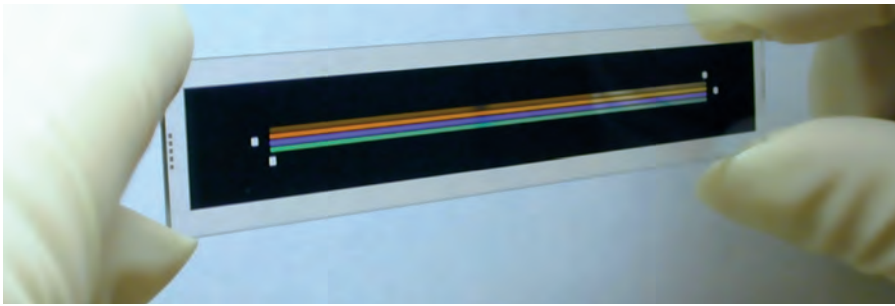


Figure 7. Filtres allumettes réalisés par REOSC.

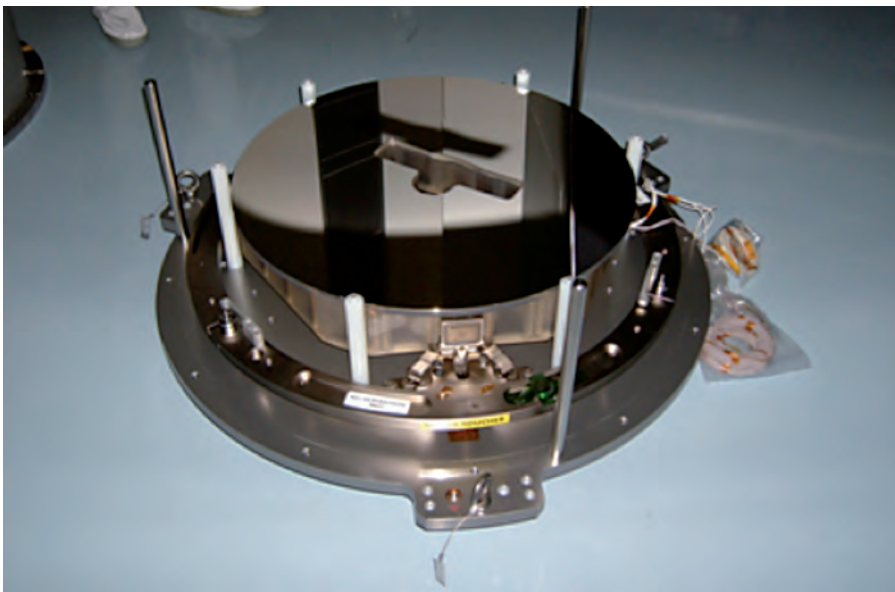


Figure 8. Miroir primaire du télescope PLEIADES en ZERODUR allégé réalisé par THALES SESO. L'usinage des alvéoles de la partie arrière conduit à un gain en masse d'environ 80 %.

programme Spot 6-7 d'Astrium Geo-Information Services par exemple, ou dans le cadre des ventes de systèmes satellitaires à l'export par l'industrie française.

Un an après son lancement, le premier satellite Pléiades en orbite avait déjà acquis plus de 100 000 images, le lancement du deuxième satellite en décembre 2012 est venu compléter la constellation, accroître les capacités d'acquisition tout en divisant par deux les délais de revisite sur une zone d'intérêt.

Toutes les performances requises en matière de qualité image, de volume de production, de réactivité du système ont été validées. Le système Pléiades est entièrement opérationnel. Il est fortement utilisé par la Défense dans le cadre des opérations en cours. Enfin, sur un plan commercial, des stations export ont été déployées avec succès au Japon, en Chine et au Canada par Astrium Geo et les ventes

d'image sont en progression constante. L'agilité, la réactivité, la capacité d'acquisition sont particulièrement appréciées des utilisateurs.

Glossaire

STR : senseur stellaire pour le contrôle d'attitude du satellite. Les têtes optiques sont placées directement sur la structure de l'instrument pour minimiser les distorsions thermoélastiques par rapport à la ligne de visée de l'instrument.

TMA de type korsch: l'optique est un télescope anastigmat de type Korsch à trois miroirs sphériques centrés. Le primaire est quasi-parabolique. Il est percé en son centre par une ouverture de forme rectangulaire longue et étroite (le champ est quasi linéaire). La pupille d'entrée est placée sur ce miroir et son diamètre est de 650 mm. Le secondaire est sphérique et convexe. Après le plan focal intermédiaire, un miroir plan de renvoi, de forme rectangulaire et allongée coude les faisceaux. Ces derniers réfléchis par le miroir M3, repassent juste au-dessus du miroir de renvoi et se focalisent sur les lignes de détecteurs.



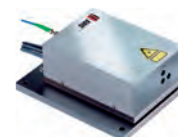
UN UNIVERS DE PRÉCISION

- Solutions complètes en interférométrie et vibrométrie laser
- Mesure ultra-précise de déplacements, d'angles et de spectres vibratoires
- Résolution 0,1 nm
- Têtes de mesure compactes.

Vibromètre interférométrique



Interféromètre à 3 faisceaux



Mesure sur microsystemes



Solution clé en main



Station de mesure nanométrique 3D



SIOS
Mechanical Group

TRIOPTICS France
Tél: 04 72 44 02 03
Fax: 04 72 44 05 06
www.trioptics.fr