

Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =
Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =
Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und
Landmanagement

Band: 110 (2012)

Heft: 9

Artikel: Pléiades : un impressionnant nouvel arrivant dans l'imagerie spatiale

Autor: Kasser, Michel

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-309308>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Pléiades: un impressionnant nouvel arrivant dans l'imagerie spatiale

L'histoire de Pléiades a commencé dans les années 90. À cette époque, après trois satellites SPOT de performances quasi-identiques avec un pixel panchromatique de 10 m, beaucoup d'usagers scientifiques souhaitaient de bien meilleures performances en matière de taille de pixel et de temps de revisite. Ils étaient même étonnés de voir que SPOT 4 avait été programmé (il sera lancé en 1998) avec encore les mêmes spécifications. La communauté scientifique sur ce point se démarquait largement de celle des autres usagers civils, qui étaient globalement satisfaits de ce type de produits à relativement gros pixels mais à large fauchée et à temps de revisite compatible avec beaucoup de besoins, en particulier en agronomie. Ce n'est en 1998 que le CNES¹, incité par ses tutelles (qui comprenaient désormais aussi le Ministère chargé de la Recherche), a lancé une réflexion nationale sur les attentes de l'ensemble de la communauté française en matière d'imagerie spatiale.

Die Geschichte der Pleiaden begann in den 90er Jahren. Damals, nach drei SPOT-Satelliten quasi identischer Leistung mit einem panchromatischen Pixel von 10 m, wünschten viele wissenschaftliche Nutzer bei weitem bessere Leistungen bezüglich Pixelgröße und Wiederholungsraten. Sie waren sogar erstaunt zu sehen, dass SPOT 4 noch mit den selben Spezifikationen programmiert war (er wurde 1998 gestartet). Die Wissenschaftergemeinschaft hob sich diesbezüglich bei weitem von den anderen zivilen Nutzern ab, die insgesamt zufrieden waren mit dieser Art von Produkten mit relativ grossen Pixeln aber breiter Streuung und für viele Bedürfnisse, vor allem die Landwirtschaft angemessenen Wiederholungsraten. Erst 1998 hat das von seinen Unterstellten (zu denen neuerdings auch das Forschungsministerium gehörte) ermunterte CNES¹ nationale Überlegungen angestellt bezüglich der Erwartungen der französischen Gemeinschaft für räumliche Bildgebung.

La storia delle Pleiadi ha avuto inizio negli anni '90. A qual tempo, dopo tre satelliti SPOT con prestazioni praticamente identiche con un pixel pancromatico di 10 m, molti utenti scientifici auspicavano migliori prestazioni a livello di pixel sensibilità. Essi erano addirittura meravigliati di vedere che SPOT 4 era stato programmato (sarà poi lanciato nel 1998) con le stesse identiche specificazioni. Su questo punto la comunità scientifica si contraddistingueva fortemente dall'utenza civile che era nel complesso soddisfatta da questa tipologia di prodotto con pixel relativamente grandi, ma ad ampio corridoio e con sensibilità compatibili con molte esigenze, specialmente in agronomia. Si è dovuto aspettare il 1998 fino a quando il CNES¹, sollecitato dall'utenza (che includeva ormai anche il Ministero incaricato della ricerca) ha avviato una riflessione nazionale su cosa si aspettava l'insieme della comunità francese dalle immagini spaziali.

M. Kasser

La genèse du projet Pléiades

La démarche était orientée d'une façon toute nouvelle. Jusque-là, dans ce domaine, les contraintes technologiques di-

mensionnaient complètement les capteurs, et les usagers n'étaient consultés que sur des aspects relativement mineurs de l'outil proposé qui était donc au moins autant démonstrateur technologique que réponse à un besoin précis des usagers (*technology-push*). En outre, la photogrammétrie était devenue numérique par

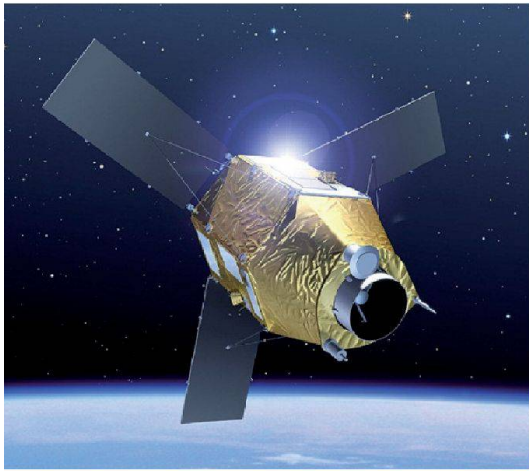
scannage des images argentiques, et les recherches pionnières de l'IGN-France en matière de caméras numériques aéroportées montraient qu'il y aurait bientôt une complète continuité entre photogrammétrie et téledétection: le secteur spatial pouvait donc commencer à s'intéresser au domaine de la cartographie industrielle et institutionnelle, avec des débouchés potentiels plusieurs centaines de fois plus importants que ceux de la téledétection, les seuls bien explorés jusque-là.

Le CNES a donc, dès 1999, procédé à une étude des besoins en imagerie spatiale, mais sans inclure d'office dans sa réflexion préalable les inévitables problèmes technologiques. Et assez rapidement, quatre missions assez différentes ont été identifiées:

- Champ Large (fauchée de l'ordre de celle des SPOT, même type d'applications),
- Hyperspectral, avec une ou plusieurs centaines de canaux d'analyse spectrale et, corrélativement, un pixel relativement gros.
- Radar, avec la possibilité de cartographier au travers des nuages, mais aussi de bénéficier des possibilités de production de MNT (et dans une moindre mesure de mesures de subsidences) fournies par l'interférométrie radar.
- Haute Résolution, avec une recherche de pixels les plus petits possibles, ceci même au prix d'une fauchée réduite. Rappelons que c'est en 1999 qu'Ikonos a été lancé (pixel de 1 m au nadir), profitant évidemment en premier de la fin d'interdiction édictée par l'armée étasunienne sur le monde occidental en matière de pixels petits pour les applications civiles, ceci afin de tenter de reprendre le leadership en matière d'imagerie spatiale civile.

Ensuite, les travaux ont été approfondis avec une série d'enquêtes auprès des différents secteurs industriels concernés, et en tenant compte des diverses missions existantes ou programmées dans les autres agences spatiales, et les grandes orientations suivantes ont été prises:

- pas d'expression de besoin suffisante pour financer une composante Hyperspectrale,



- la composante Champ Large a été considérée comme une poursuite opérationnelle de la série SPOT, ne nécessitant pas de nouveau démonstrateur.
- Les composantes Radar et Haute Résolution méritaient une poursuite des études.

Ensuite, un accord a assez rapidement été trouvé avec l'ASI² (janvier 2001), aux termes duquel la composante Radar était développée par l'Italie (constellation Cosmo-Skyrmed de 4 satellites radar en bande X) et la composante HR par la France (deux satellites Pleiades).

Toutefois les discussions préliminaires étaient encore assez loin de leur conclusion. Que pouvait-on envisager raisonnablement comme taille de pixel ? Quel rôle l'administration militaire voulait-elle jouer ? Les possibilités techniques conduisaient à chercher des arbitrages entre la fauchée et la taille de pixel, le temps de revisite et le dépointage maximum par rapport à la verticale, le nombre d'images accessibles en un seul passage et le taux de compression de celles-ci, etc. Et le Ministère de la Défense avait choisi de ne pas peser directement sur les choix retenus, mais de n'accorder son soutien financier que si ceux-ci l'intéressaient, ceci sans les expliciter: exercice de programmation particulièrement complexe, on le voit.

Mais ce sont les évolutions technologiques qui ont permis de rendre ces arbitrages finalement peu douloureux:

- Les accords passés avec la station de Kiruna, à très haute latitude, permettaient

un vidage de la mémoire de bord à chaque période orbitale, et donc plus de 20 fois par jour au besoin pour cette orbite héliosynchrone et donc quasiment polaire. Ceci évitait de recourir à des algorithmes de compression à taux élevés, ceux-ci étant incompatibles avec la garantie de qualité géométrique de l'image qui était recherchée, nécessaire pour des reconstructions 3D de type photogrammétrique.

- L'emploi de roues à inertie permettait d'envisager une agilité sans précédent pour changer de direction de pointé en très peu de temps: 60° en 25 s, avec très peu de consommation énergétique: lorsque un moteur électrique accélère une des roues, la plateforme tend à tourner dans le sens opposé (conservation du moment cinétique), et l'énergie électrique requise pour cette accélération est récupérée lorsqu'on ralentit ce même moteur, qui se transforme alors en génératrice. On a alors changé en quelques secondes l'orientation du satellite avec une très faible consommation d'énergie. Cette méthode étant employée sur les 3 axes, le satellite se trouvait alors en état de scanner des bandes de terrain dans n'importe quelle orientation, et non pas seulement de façon parallèle à la trace au sol de l'orbite comme pour les satellites imageurs précédents.

Les deux satellites Pléiades

Pleiades-HR1 a donc été lancé fin 2011, second lancement depuis le nouveau pas de tir du lanceur russe Soyouz à Kourou en Guyane. Son frère jumeau HR-2 devrait le rejoindre début 2013 sur la même orbite, mais déphasé de 180°, ceci permettant de doubler la capacité d'acquisition.

Comme on peut le voir sur la représentation ci-dessus, le satellite de masse 980 kg est conçu autour de son télescope, une configuration Korsch avec un miroir de 65 cm de diamètre. L'ensemble optique est imaginé pour être extrêmement peu sensible aux grands écarts de température qui règnent en orbite: le tube et le banc op-

tiques sont en fibre de carbone, les miroirs sont en Zerodur. Les panneaux solaires sont fixes, ce qui est rendu nécessaire par l'agilité du satellite et la précision de pointé recherchée: une dizaine de mètres depuis l'orbite d'altitude 694 km, ceci étant obtenu grâce à un capteur stellaire ultra-précis, et grâce aussi à la remarquable stabilité mécanique de la structure. En visée au nadir (verticale), la taille du pixel-sol est de 70 cm en panchromatique, avec une large fauchée de 20 km. L'image est acquise selon deux modes, panchromatique (noir & blanc) et multispectral, dans ce cas le pixel-sol au nadir est de 2,80 m. La fusion (terme d'usage: P+XS) entre les images panchromatique et multispectrale d'une même scène permet d'obtenir une image «couleur» ayant à peu près la qualité d'une image de pixel-sol de 70 cm, le tout avec un excellent rapport signal/bruit.

Sensibilité spectrale, mode Multispectral (couleur)

430 – 550 nm (bleu)

490 – 610 nm (vert)

600 – 720 nm (rouge)

750 – 950 nm (proche infrarouge)

Mode Panchromatique (noir & blanc)

480 – 830 nm

La très grande agilité de ces satellites permet d'obtenir un temps de revisite de 24 h pour une zone donnée, ce qui est évidemment très utile en cas de catastrophe naturelle, mais rend en même temps la programmation des acquisitions beaucoup plus aisée. Par ailleurs, la quantité d'images pouvant être obtenue est telle qu'une surface de plus de 5000 km² peut être observée en un seul passage, ce qui permet une exploitation très efficace des fenêtres météo. Il faut en effet se rappeler que pour nos pays tempérés d'Europe Occidentale, il faut compter en moyenne 6 passages au-dessus d'une zone pour obtenir une image satisfaisante, ce qui rend la prise de vue aériennes encore très avantageuse lorsqu'il s'agit de couvrir des zones importantes. En effet, un avion peut se maintenir sur zone pendant plusieurs heures d'affilée, et donc exploiter

au mieux les périodes sans nuages, alors que par principe, un satellite parcourt son orbite avec une vitesse fixe et très élevée (7 km/s), et que donc seule une extrême agilité permet de compenser la brièveté de chaque passage.

La programmation de Pléiades est dite «duale», c'est à dire que la capacité est partagée entre imagerie civile et observation militaire, la clé de répartition étant de 50% en moyenne pour chaque domaine. L'accès aux images civiles est confié à la société Spot-Image, comme pour les 5 premiers satellites SPOT entre autres.

Quelques images remarquables ont été très rapidement mises à disposition du public, deux d'entre elles sont présentées ici. Celle obtenue sur Paris montre bien le niveau de résolution obtenue pour ce type

de capteurs, on remarque que ce pixel de 70 cm peut donner d'excellents résultats même en zone urbaine où, progressivement, on prend l'habitude d'aller vers des pixels de 5 ou 10 cm.

Celle obtenue sur la Lune est elle aussi tout à fait remarquable, montrant la qualité de la stabilisation du pointé. Ici deux images panchromatiques ont été assemblées sous forme d'anaglyphes, permettant une vision stéréoscopique avec de simples lunettes avec filtres rouge et bleu. Dans le même registre, celui de l'exploit en matière de pointé, Pléiades HR-1 a pu être orienté sur le satellite Envisat, alors en panne, afin d'observer sa position et son attitude exactes. Il s'agit là d'un véritable tour de force en termes de programmation et de qualité de pointé, même si le résultat en est moins spectaculaire pour le grand public.

Conclusions

Dès la disponibilité des images Ikonos au début de ce siècle, on a assisté à une évolution complète de la situation en matière d'imagerie aérienne et spatiale. Les agences spatiales se sont même demandé si leurs nouveaux satellites n'allaient pas reléguer aux oubliettes les avions photographes, puisque par exemple les missions des Instituts nationaux de cartographie incluent généralement une couverture complète du territoire en images aériennes, avec une périodicité de quelques années, images dont la résolution est compatible avec ce que peuvent fournir ces satellites. Mais les choses ont évolué très rapidement depuis lors. Les caméras numériques aéroportées ont su fournir des images de radiométrie largement comparable à celle des images spatiales, et le public a découvert l'immense intérêt, dans les zones urbaines, des images à pixels-sol beaucoup plus petits (5, 10, 15 cm) qu'on pouvait enfin obtenir en routine à des coûts très modestes. Aujourd'hui, les services techniques de villes ne se satisferaient plus guère de pixels de 50 ou 70 cm...

On a aussi mieux compris les places respectives des images selon leurs tailles de

pixels, et au lieu de rechercher l'image la plus fine, on a désormais bien identifié les domaines optimaux d'usage des différentes résolutions. Par exemple, le suivi de l'état des cultures s'accommode très bien de pixels d'une dizaine de mètres, pourvu que ce soit en multispectral et avec un temps de revisite court. Et pour connaître exactement et sans délai la situation d'une zone qui va être ré-aménagée, l'image spatiale est parfaite, même avec un pixel de 70 cm, pourvu qu'elle soit obtenue sans aucun délai autre que météorologique. Les places respectives de l'avion-photographe et des satellites imageurs sont assez claires, le seul élément nouveau dans ce domaine étant la toute récente possibilité d'emploi de drones ultra-légers, seule ouverture dans un paysage aérien de plus en plus encombré et sécuritaire.

L'ensemble Pléiades tombe donc à point nommé, son extrême manœuvrabilité couplée à sa grande capacité d'acquisition et de transmission de données, et son acquisition systématique des 4 bandes spectrales, dont le proche infra-rouge si utile pour le suivi de la végétation, en font l'outil idéal d'acquisition d'imagerie institutionnelle sur de grands territoires. Idéal aussi pour toutes les images qui doivent être acquises et mises à disposition immédiatement...

Nous sommes donc en présence d'un renouvellement complet de notre outillage, et même si ce domaine spatial ne manque déjà pas de capteurs de grande qualité, on peut parier que nous sommes en présence d'un nouvel acteur de tout premier plan, dont les géomaticiens vont certainement beaucoup avoir à se servir!

Remarques:

- 1 CNES: Centre National d'Études Spatiales Français.
- 2 ASI: Agence Spatiale Italienne.

Michel Kasser
HEIG-VD
Route de Cheseaux 1
CH-1401 Yverdon-les-Bains
michel.kasser@gmail.com

