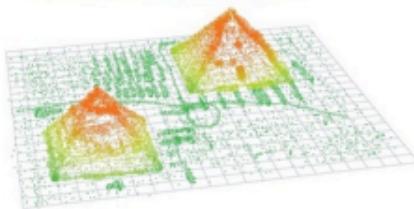


Deux paires d'yeux dans l'espace

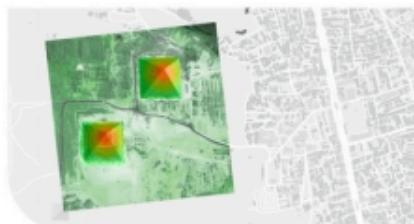
La mission CO3D utilise le principe de stéréoscopie pour mesurer les altitudes de la surface terrestre.

Au sein d'une paire, les deux satellites sont séparés d'une centaine de kilomètres. Cet écartement leur permet de voir une même scène sous deux angles légèrement différents, comme le font nos yeux. Ce couple d'images stéréoscopiques est ensuite recombiné pour en extraire l'altitude de chaque point du sol. Il est même possible de synchroniser les deux acquisitions avec une précision de seulement 20 millisecondes d'intervalle, soit le temps d'un battement de cil, afin de figer en 3D des objets mobiles. On peut ainsi visualiser les fumées d'un volcan ou les flux de voitures sur un axe routier.

4 Projection du nuage de points 3D obtenu sur une grille régulière



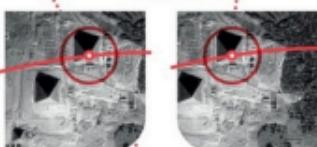
5 Obtention d'un Modèle Numérique de Surface superposable à un fond de carte



1 Acquisition stéréo



2 Mise en correspondance des pixels



3 Calcul du point 3D par intersection des lignes de visées



Le résultat est donc un nuage de points qui prend la forme du sol, mais aussi du sursol, c'est-à-dire la végétation et les infrastructures. L'altitude de chacun des points est stockée dans un tableau, le « Modèle Numérique de Surface » (MNS). C'est le produit final de la mission : une représentation en deux dimensions d'un espace en trois dimensions. Sa résolution dépend de la taille de ses cases, appelées pixels. Dans le cas de la mission CO3D, les MNS seront obtenus par la combinaison d'images de résolution 50 cm et leur pixel mesurera un mètre de côté, soit deux fois plus. La précision sur les altitudes de chaque pixel est de l'ordre d'un mètre également.

Une constellation de 4 satellites compacts

Les satellites CO3D tournent autour de la Terre à 502 km d'altitude, le long d'une orbite descendante côté jour. Ils sont répartis en deux paires de part et d'autre de la Terre, afin de maximiser la revisite de la mission sur un même site. Au sein d'une paire, les satellites sont écartés d'une centaine de km.



3 modes d'acquisitions



Acquisition stéréo

Les deux satellites capturent la photo d'une même cible avec un angle légèrement différent. Possibilité de stéréo synchrone avec seulement 20 millisecondes d'écart pour figer en 3D des scènes mobiles, comme un panache de fumée ou la circulation routière.



Mode vidéo

Les satellites CO3D sont agiles, ils peuvent donc modifier leur angle de vue en vol afin d'acquérir 5 images par seconde pendant 60 secondes de la même cible, tout en poursuivant leur course.



Mode de nuit

Grâce à leurs capteurs très sensibles et leur agilité, les satellites peuvent obtenir des images de nuit de très bonne qualité. Pour y parvenir, un long temps de pose est observé sur une même cible ou les images en rafale d'une même cible sont combinées.

Qui fait quoi ?

Imaginée par le CNES et développée conjointement avec Airbus Defence and Space (ADS), cette mission a été conçue avec l'implication de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) pour la définition et la qualification des produits 3D. Elle bénéficie d'un financement dual car ses usages sont à la fois civils et militaires.

Pour ce programme, Airbus Defence and Space est propriétaire du système, mais aussi responsable du développement et de la construction des satellites ainsi que du segment sol. Il prend en charge le coût du lancement et pilote les opérations de mise à poste et de maintien en condition opérationnelle de la constellation pendant les 8 ans de durée de vie du système.



Intégration chez Airbus Defence and Space. © Airbus DS, 2023

Le lancement est suivi d'une phase de calibration/validation de 6 mois. Ensuite démarre une phase de démonstration de 18 mois dont les 4 premiers sont dédiés à la qualification des produits 3D. Puis débute la production massive de chantiers couvrant la France ainsi qu'un surface d'environ 26 Mkm^2 d'intérêt pour la défense. Les institutionnels peuvent aussi commencer à recevoir les produits qui les intéressent. À l'issue de cette phase, Airbus Defence and Space démarre sa phase commerciale.

AIRBUS IGN INSTITUT NATIONAL DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET FORESTIÈRE

34b



Simulation de modèle numérique de surface (MNS) CO3D sur la ville de Nice. © CNES, 2024

Le CNES est responsable de la qualité des images acquises et des produits 3D qui en résultent. Il développe la chaîne de production de ces données, intégrée au segment sol. Il est aussi responsable du développement du Centre Qualité Image (ou Image Calibration Center, ICC) au CNES à Toulouse, dédié à l'étalonnage des données et des traitements sol. Les logiciels exploités seront mis en œuvre sur un cloud privé afin de bénéficier de la puissance de calcul offerte par ces technologies et de la protection des données. Le CNES est également en charge de mener un programme d'accompagnement scientifique auprès des chercheurs français.



Centre de Calibration Image CO3D au CNES à Toulouse. © CNES, 2025

L'innovation au cœur du projet

La mission est l'occasion d'expérimenter de nouvelles technologies pendant la phase de démonstration. Ces innovations étant encore en phase de test, elles ne sont présentes que sur un sous-ensemble de la constellation.



LASIN

Première option de démonstration, le LASIN* est un laser qui utilise le transfert optique pour envoyer les données à très haut débit, 10 Gigabit par seconde, vers la Terre. Une diode laser est placée au niveau du plan focal, et le faisceau est transmis à travers le télescope jusqu'à une station de réception au sol, c'est-à-dire à rebours du chemin effectué par la lumière du Soleil dans l'instrument.

*LAser through the INstrument.



CALYPSO

La seconde option de démonstration est CALYPSO, un traitement d'images embarqué à bord et basé sur l'intelligence artificielle. Il doit permettre la détection d'objets isolés, mais aussi la compression des données transmises au sol. Par exemple, une application pourrait être la détection de bateaux, et le transfert uniquement de leurs positions au lieu d'une image complète de leur environnement.

Une grande variété d'acteurs et d'usages



Éruption du pic Sarychev - îles Kouriles - 2009. © NASA

Les scientifiques

De nombreux domaines scientifiques tirent parti des données CO3D, comme la glaciologie, l'hydrologie, l'écologie, la sismologie, ou encore l'archéologie. Les volcanologues peuvent par exemple modéliser en 3D les panaches de fumée émis par les volcans, grâce aux acquisitions synchrones.



Système d'information du combat de Scorpion (SICS). © ATOS / D. Pelt

La défense

L'Établissement géographique interarmées exploite les informations acquises par les satellites pour la planification de missions aériennes basse altitude ou le déploiement de troupes et de véhicules sur des terrains accidentés.

Des données accessibles à tous

À partir des données renvoyées au sol par les satellites, le CNES peut construire et distribuer plusieurs types de produits : les images acquises par les capteurs, les ortho-images correspondantes, c'est-à-dire retouchées pour pouvoir être superposées à une carte, et les Modèles Numériques de Surface (MNS). Ces produits sont diffusés via deux plateformes, GEODES et DINAMIS.



GEODES

Ce portail est un projet développé par le CNES et couplé à l'Infrastructure de Recherche Data Terra. En plus de la diffusion des données d'observation de la Terre, ce portail permet de les visualiser et d'effectuer des traitements interactifs ou encore de bénéficier d'un accompagnement spécifique selon les sujets traités par les utilisateurs.



DINAMIS

Le Dispositif Institutionnel National d'Accès Mutualisé en Imagerie Satellitaire est un composant transversal de l'Infrastructure de Recherche Data Terra, créé en 2017 sous l'impulsion de 6 organismes fondateurs, dont le CNES. Il permet de mutualiser l'accès aux données à très haute résolution spatiale (THRS) d'observation de la Terre, mais aussi de faire des demandes de programmation pour les acteurs publics.

Une grande variété d'acteurs et d'usages



Étanglement de falaise - Cauville-sur-Mer. © ULADIS

Les organismes institutionnels

Les collectivités locales peuvent utiliser les MNS pour aménager le territoire, lutter contre les îlots de chaleur et cartographier les zones inondables. Ces données sont aussi particulièrement cruciales dans la gestion de catastrophes naturelles, afin d'évaluer leurs dégâts et aider à l'organisation des secours.



Mine de Hambach - Rhénanie du Nord-Westphalie. © Hansenn

Les acteurs privés

Les données sont vendues à des entreprises désireuses d'opérer un suivi de sites industriels, mais aussi aux compagnies d'assurance, qui les utilisent notamment pour calculer des indices macro-économiques et des statistiques de risques.