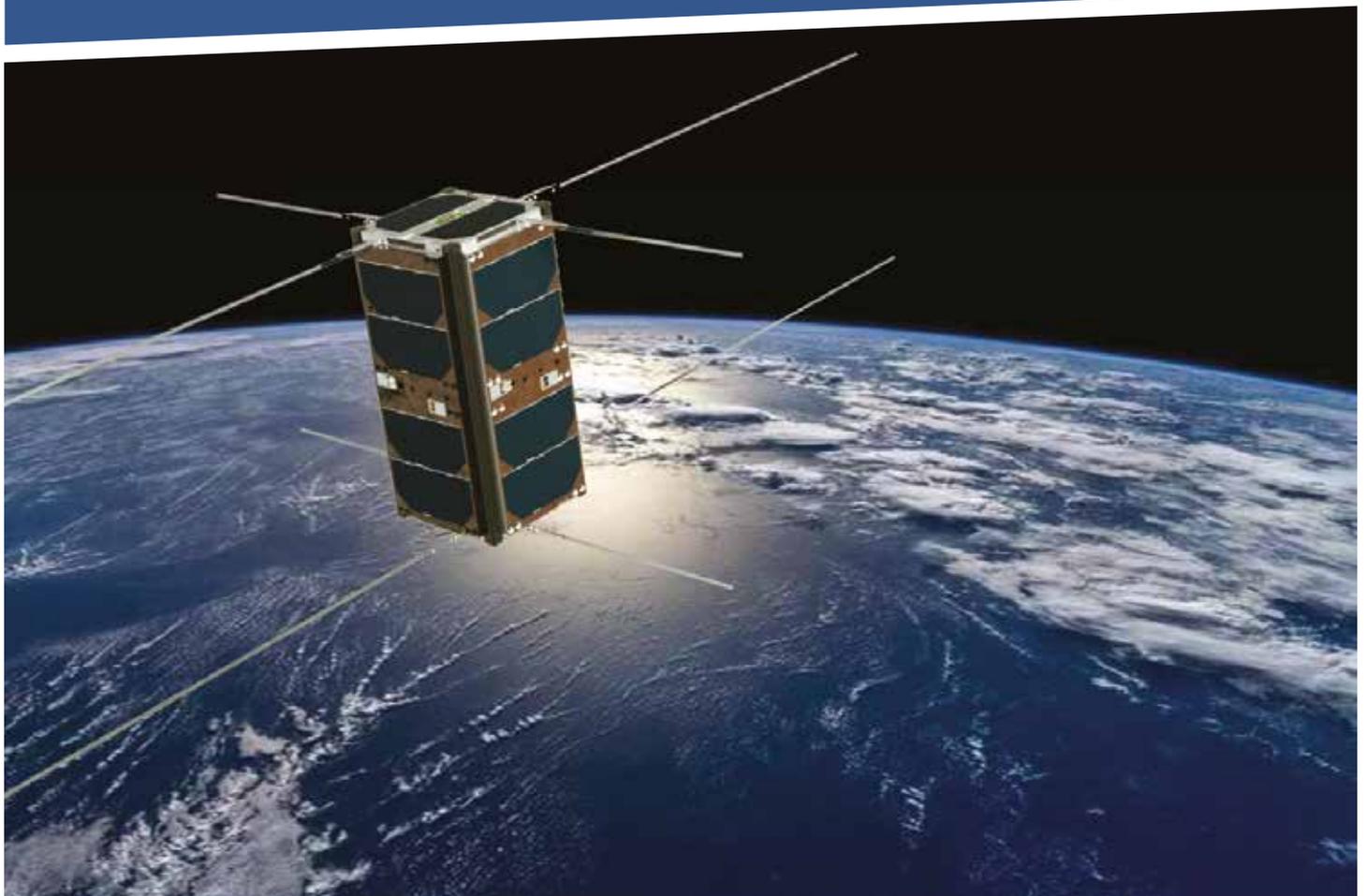




inspire.sat 7  
MONITORING THE EARTH

# INSPIRE-SAT 7

Une nouvelle mission spatiale  
d'observation de la Terre pour 2023



INSPIRE-SAT 7 est un nano-satellite français conçu pour observer le Soleil et la Terre. Ce satellite est mis en orbite en 2023. INSPIRE-SAT 7 a rejoint UVSQ-SAT, qui est techniquement et scientifiquement opérationnel depuis janvier 2021.

Le déploiement de ce deuxième satellite marque la seconde étape de la constitution de la première constellation de CubeSats dédiée à l'observation de variables climatiques essentielles.

Ce nouveau démonstrateur technologique spatial est placé sous la responsabilité du LATMOS (Laboratoire Atmosphères, Milieux, Observations Spatiales - UMR8190 CNRS, UVSQ, Sorbonne Université). Une étroite collaboration a été mise en place avec l'ONERA, des partenaires académiques nationaux & internationaux, et des industriels de la région Ile-de-France.



Observatoire de Versailles  
Saint-Quentin-en-Yvelines  
CAMPUS DE SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES



La mission INSPIRE-SAT 7 fait partie d'un axe stratégique de recherche spatiale porté par l'Université, le CNRS et l'ONERA. Ce programme, à visée tant scientifique que pédagogique, s'appuie sur l'utilisation des CubeSats. Grâce aux nano-satellites, il est possible de révolutionner le domaine spatial en réduisant les coûts et les cycles de développement. Simples, performants, et beaucoup moins chers que les satellites traditionnels, les CubeSats ambitionnent de jouer un rôle disruptif pour mener à bien des missions d'observation de la Terre, et bien plus encore. Les satellites, véritables observatoires en orbite, sont seuls capables de fournir de longues séries de mesures précises, homogènes et globales. Les performances limitées des CubeSats sont compensées par leur utilisation en « constellation » afin de répondre à des besoins scientifiques que les missions usuelles ne peuvent pas atteindre. INSPIRE-SAT 7 est un démonstrateur en orbite nécessaire pour voir comment évolue un simple CubeSat d'observation de la Terre vers une constellation de CubeSats efficace.

## INSPIRE-SAT 7, une sentinelle pour le climat

Imaginé par des chercheurs du CNRS, INSPIRE-SAT 7 est un nano-satellite français principalement dédié à l'observation de la Terre. La mise en œuvre de ce CubeSat est le fruit d'une étroite coopération entre le LATMOS, l'ONERA, l'Observatoire de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, des industriels, et la communauté « radioamateurs ».

Ce nouveau programme spatial s'inscrit dans la continuité de la mission UVSQ-SAT qui a mis en orbite et fait fonctionner avec succès le premier CubeSat français dédié à l'observation de variables climatiques essentielles. Depuis le 24 janvier 2021, une équipe du LATMOS assure la gestion d'UVSQ-SAT, notamment le suivi des instruments, la planification des séquences de mesure, la collecte des données et leur traitement.

Le développement, le lancement et la gestion en orbite d'un nano-satellite par l'équipe du LATMOS, membre à part entière de l'OVSQ et de son Université de rattachement représentent l'aboutissement d'un long processus porté par une vision qui remonte à plus d'une vingtaine d'années.

Les premiers résultats scientifiques obtenus avec le démonstrateur UVSQ-SAT sont encourageants. Associés à des modélisations numériques, ils montrent l'intérêt de mettre en œuvre une constellation d'une centaine de petits satellites dédiés à l'étude du climat.

Porté par cette vague que l'on appelle « NewSpace », et respectueux du traité de l'espace de 1967, ce projet de constellation de satellites ayant pour vocation l'étude de l'environnement global de la Terre et du climat devient possible.

Si rien n'est fait pour limiter les émissions de gaz à effet de serre, le réchauffement climatique pourrait atteindre +6°C

d'ici à la fin du siècle. Ce qui entrainerait des conséquences désastreuses pour les espèces et les écosystèmes.

Il est plus que nécessaire de développer de réelles stratégies de lutte contre les émissions de CO<sub>2</sub> et d'adaptation aux dérèglements climatiques.

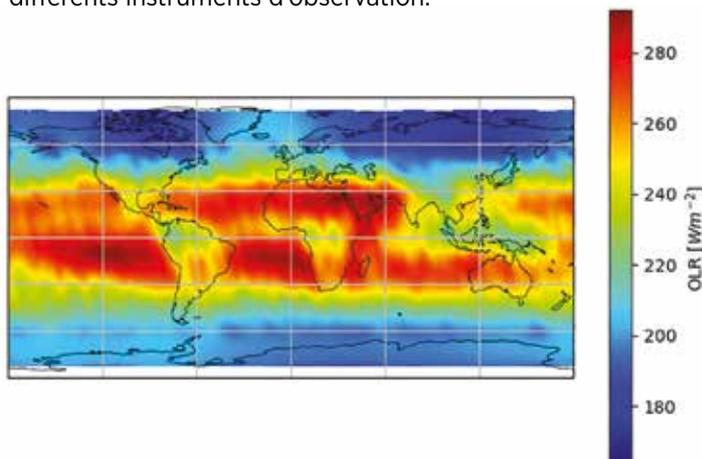
Par ailleurs, pour inverser la tendance du réchauffement climatique, surveiller ces changements fait aussi partie de la solution. Avec une constellation de satellites, il est possible d'observer ces changements avec un niveau de détail sans précédent, en termes d'échelles spatiales et temporelles.

L'observation du climat se joue plus que jamais dans l'espace.

L'approche des chercheurs s'articule autour de la modélisation du système climatique et sur le développement des instruments nécessaires à son observation.

### **Observer, comprendre et agir !**

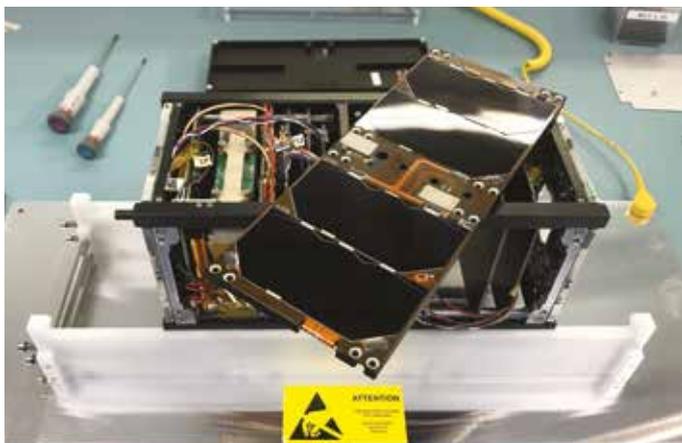
La mission INSPIRE-SAT 7 s'engage dans cette voie avec ses différents instruments d'observation.



## Le satellite

Deux fois plus grand qu'un Rubik's Cube 4x4 et pesant environ 2 kg, INSPIRE-SAT 7 est doté d'une multitude de capteurs, hérités des progrès technologiques de la miniaturisation, pour mesurer des variables climatiques essentielles et tester de nouveaux dispositifs technologiques.

La mission INSPIRE-SAT 7 a donc de multiples facettes ! La petite taille des CubeSats et leur conception flexible en font un moyen attrayant pour les chercheurs afin de recueillir rapidement plus d'informations scientifiques.



INSPIRE-SAT 7 embarque des détecteurs miniaturisés pour mesurer les composantes du bilan radiatif de la Terre durant au moins deux années. L'objectif est de quantifier le déséquilibre énergétique de la Terre, le moteur du réchauffement de la planète qui est alimenté par l'augmentation des gaz à effet de serre.

La mission utilise aussi une nouvelle technologie permettant de mesurer le rayonnement solaire dans le domaine de l'ultraviolet, dont la variabilité impacte directement la couche d'ozone et les températures dans la moyenne atmosphère.

INSPIRE-SAT 7 intègre également une nouvelle charge utile développée par l'ONERA. Elle fournit des informations sur l'état de l'ionosphère. Il s'agit d'observer l'impact des perturbations ionosphériques telles que les éruptions solaires et les orages magnétiques sur les ondes à hautes fréquences

et leur occurrence. Ainsi, un récepteur à haute fréquence embarqué à bord d'INSPIRE-SAT 7 capte les signaux émis depuis le sol par des équipements existants de l'ONERA tels qu'un sondeur vertical et un radar à haute fréquence. Ces mesures permettent de consolider un modèle ionosphérique et de mieux quantifier les perturbations ionosphériques qui ne sont pas prises en compte. Ces perturbations peuvent ensuite être corrélées avec diverses observations effectuées par un réseau de magnétomètres et de satellites en orbite.

INSPIRE-SAT 7 cherche aussi à mettre en orbite le premier module LIFI à bord d'un CubeSat. Il s'agit d'une technologie de communication sans fil reposant sur l'utilisation de la lumière visible. OLEDCOMM et le LATMOS souhaitent ainsi démontrer que la communication sans fil basée sur la lumière est une alternative crédible aux harnais de cuivre traditionnels. Que ce soit d'un point de vue de la masse ou de l'ingénierie, le LIFI offre des perspectives intéressantes pour les applications spatiales de demain.

Enfin, une charge utile radio amateur est intégrée à bord d'INSPIRE-SAT 7. Elle est destinée à tous les radioamateurs de la planète. ADRELYS et le LATMOS ont décidé de concevoir une carte complète de télémétrie bidirectionnelle « libre » pour les CubeSats. Ce dispositif est associé au transpondeur audio déjà validé à bord d'UVSQ-SAT, et qui offre déjà une possibilité de communication entre radioamateurs.

## Coopération internationale

La mission INSPIRE-SAT 7 (International Satellite Program in Research and Education) s'inscrit dans un programme spatial de coopération internationale. Un accord de coopération a été signé en 2016 entre l'Université de Boulder (USA) et l'UVSQ (France).

## Recherche, éducation et industrie

La mission INSPIRE-SAT 7 est composée de chercheurs, d'académiques, de partenaires industriels et d'étudiants de disciplines et d'horizons divers.



Ce programme couvre ainsi trois domaines interconnectés : recherche, industrie locale et éducation. Sur le dernier domaine, les chercheurs ont déjà formé une cinquantaine d'étudiants à la conception et aux essais d'environnement de systèmes spatiaux.

Des initiatives de sensibilisation et des actions pédagogiques sont mises en œuvre auprès des établissements scolaires du département des Yvelines et dans les milieux associatifs. Le but est de susciter des vocations auprès des plus jeunes.



## Moyens de tests

INSPIRE-SAT 7 bénéficie d'un ensemble d'équipements de tests spatiaux construit autour des années 2010 pour valider les systèmes mis en œuvre. Ces équipements ont été mis en œuvre grâce à un soutien important de la Communauté d'agglomération de Saint-Quentin-en-Yvelines. INSPIRE-SAT 7 bénéficiera du support de la Plateforme d'Intégration et de Tests (PIT) de l'OVSQ.



## Mise en orbite

La Mission INSPIRE-SAT 7 est lancée en 2023 par une fusée SpaceX Falcon9, à partir de la base de Vandenberg (Californie), afin de rejoindre UVSQ-SAT.

## Stations au sol

Une station « sol » LATMOS fonctionnant en bande UHF/VHF pour communiquer avec le nano-satellite de la mission UVSQ-SAT a été installée à l'Observatoire de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (OVSQ). Le centre de contrôle de la mission UVSQ-SAT est mis en place au LATMOS. Il s'agit d'une structure qui rassemble les moyens nécessaires à la gestion opérationnelle des nano-satellites. Une autre station au « sol » a été installée à l'OVSQ pour pouvoir communiquer avec le satellite INSPIRE-SAT 7. Il s'agit de dupliquer les moyens pour sécuriser le téléchargement des données.



## Perspectives

Le spatial est au cœur de la surveillance du climat. Une grande partie des variables climatiques essentielles ne sont accessibles que depuis l'espace. Le développement de constellations de petits satellites permettra de parvenir à des mesures plus fréquentes, plus locales et qui sont tout à fait pertinentes dans les questions liées au changement climatique.

INSPIRE-SAT 7 et UVSQ-SAT représentent les premières briques d'une nouvelle filière spatiale ambitieuse. En effet, dans un monde en rapide évolution, l'avenir semble prometteur pour les systèmes spatiaux qui peuvent être plus petits, plus rapides, et moins chers.

Le NewSpace offre de nouvelles perspectives. Le changement climatique, la sécurité et les télécommunications sont parmi les thèmes clés du boom de l'économie spatiale.

L'observation de la Terre est essentielle pour comprendre et surveiller les problèmes environnementaux et le changement climatique.

**« Nous sommes ravis que le LATMOS ait ouvert la voie en démontrant qu'une science remarquable peut être réalisée avec de petits systèmes spatiaux. UVSQ-SAT, INSPIRE-SAT 7 et d'autres missions CubeSats de nos instituts changent le paysage des systèmes d'observation de la Terre, mais aussi de la recherche fondamentale. Nous avons aussi à notre disposition un outil pédagogique puissant. »**

M. Meftah

Contacts :

CNRS/LATMOS/UVSQ/SU

Mustapha MEFTAH - Principal Investigateur INSPIRE-SAT 7  
T +33 (0)1 80 28 51 79 | Mustapha.Meftah@latmos.ipsl.fr

ONERA

Fabrice BOUST | INSPIRE-SAT 7  
T +33 (0)1 80 38 63 17 | fabrice.boust@onera.fr