FOCUS SUR DES ACTEURS DE LA MISSION UVSQ-SAT

Retrouvons André-Jean VIEAU, ingénieur de recherche responsable du développement logiciel, Christophe Dufour, Adrien Finance, Thomas Bouteraon chargés des outils numériques développés pour recueillir et analyser les données scientifiques, Patrick Lacroix et Nicolas Caignard, étudiants stagiaires puis embauchés.

Le développement logiciel sur UVSQ-SAT – entretien avec André-Jean VIEAU

L'intelligence de bord d'UVSQ-SAT est sous la responsabilité d'André-Jean VIEAU, ingénieur de recherche CNRS/LATMOS.

Le logiciel de bord d'un satellite est comme le cerveau du corps humain : il distribue les fonctions de base, il communique avec les différents organes et permet d'échanger des informations avec l'extérieur.

Le logiciel de vol est le cerveau



de l’UVSQ-SAT. Il lui permet de démarrer



automatiquement le satellite après son largage dans l’espace et mais également de d’amo

Le logiciel de bord a-t-il été développé spécifiquement pour UVSQ-SAT ?

"Ce logiciel est un développement spécifique à UVSQ-SAT. Cependant je me suis appuyé sur des briques existantes développées en amont par nos partenaires sur d’ autres missions :

• la bibliothèque PUS (Packet Utilization Standard) gérant les TM/TC via le CNES et l’ESA

• la bibliothèque HAL (Hardware Abstraction Layer),driver des sous-systèmes, via ISIS Space

• le système opérationnel de l'ordinateur de Bord (OBC) via FreeRTOS - Un peu comme un linux pour OBC.

Une fois toutes ces briques récupérées, mon travail a été de les assembler et les faire communiquer entre elles pour s’assurer que le logiciel de bord d’UVSQ-SAT répond correctement aux attendus de l’équipe projet. Un long travail itératif a été nécessaire entre les différentes composantes de l’équipe. Que ce soit avec l’équipe qui a conçu l’ électronique de la charge utile, l’équipe d’assemblage et d’intégration, l’équipe de la salle contrôle-commande ou l’équipe en charge de l’analyse des données scientifiques, il a fallu faire en sorte que le logiciel de vol réponde à de nombreuses fonctionnalités. UVSQ-SAT s’envolera avec la version 409 du logiciel…"

Ce logiciel de vol sera-t-il ensuite utilisé pour le développement de celui prévu sur le prochain petit satellite, UVSQ-SAT + ?

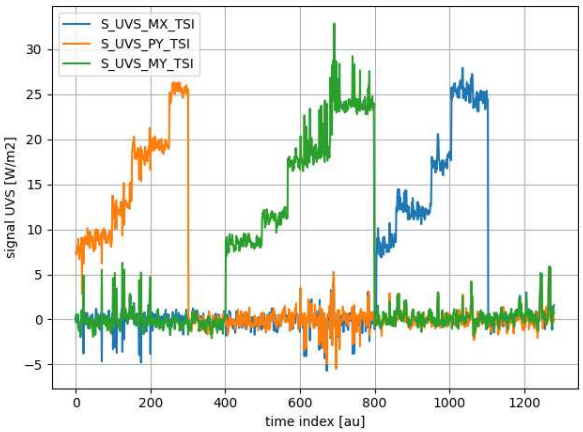
"Oui, effectivement. Tout ce travail et l’expérience acquise sur UVSQ-SAT va me servir non seulement sur UVSQ-SAT+ mais sera également une base pour tous les futurs petits satellites en préparation au LATMOS.

Chaque projet ayant des attendus un peu différents, je pourrais ajouter quelques spécificités. Sans oublier les améliorations grâce notamment aux méthodes d' apprentissage et de recette en vol prévues lorsque UVSQ-SAT sera en orbite. Finalement cette mission UVSQ-SAT n'est que le commencement d'une ingénierie logicielle à perfectionner tout au long des prochaines missions. J'attends la suite avec impatience c'est passionnant…"

Quelles sont les fonctionnalités "originales" de ce logiciel développé pour un nano-satellite ?

"Même si je me suis appuyé sur des briques existantes, l'originalité développée pour ce logiciel de vol est justement l'interfaçage et l'utilisation de ces différentes briques. Nous avons fait appel à nos partenaires pour capitaliser un maximum sur leurs retours d' expériences. Nous avons également travaillé étroitement avec l'équipe IGOSAT (autre projet de nanosatellite 1U) de l'université Paris-Diderot, qui utilise les mêmes briques logicielles. Grâce à nos échanges et beaucoup de travail, nous avons pu utiliser cette dernière version de logiciel pour l'envoi d'UVSQ-SAT en janvier prochain. Certes il reste des améliorations mais il intègre un maximum de possibilités pour faire fonctionner le satellite comme nous le souhaitons."

Les outils numériques développés pour recueillir et analyser les données scientifiques de la mission UVSQ-SAT – Christophe Dufour, Adrien Finance, Thomas Bouteraon

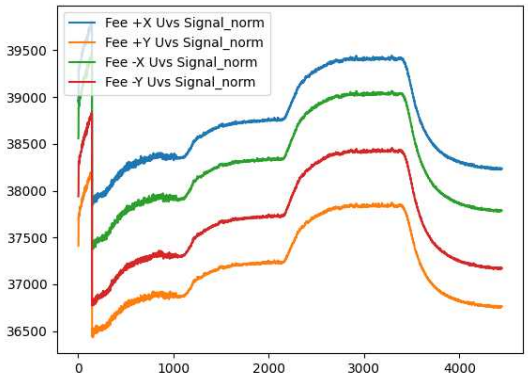


L'un des objectifs de la mission UVSQ-SAT est de mesurer le déséquilibre énergétique de la Terre qui permet de mieux comprendre le réchauffement climatique. Pour cela des capteurs UV et Infrarouge (IR) ont été intégrés sur les six faces du satellite.
En orbite, les mesures effectuées par le satellite sont ensuite envoyées au centre de mission via une antenne radio.
En vue de la future exploitation des données transmises par UVSQ-SAT, de nombreux tests de transmission, de simulations des observations ont été effectués. En effet, ce projet étant le premier d'une série, tout est à développer et à mettre en place. Même si l' équipe s'appuie sur des solutions existantes, il faut à chaque fois adapter les concepts technologiques et scientifiques pour obtenir des résultats exploitables.

Une grosse partie de travail a consisté à étalonner les capteurs et à évaluer la

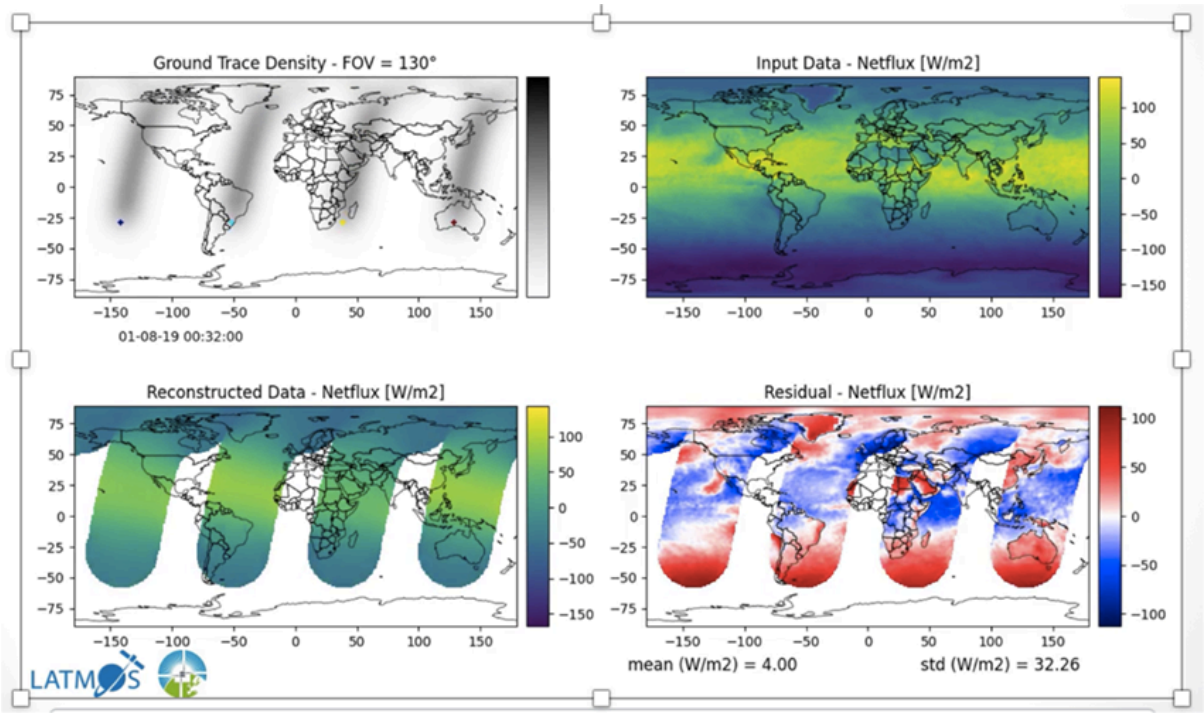
performance lors de tests au sol.
Pour cela, l'équipe fait fonctionner le satellite, puis récupère les données transmises selon des critères précis établis en amont.
UVSQ-SAT n'est pas équipé d'un système de pointage vers la Terre, cela signifie que l'on ne peut pas contrôler précisément son orientation une fois dans l'espace. Cela complique la tâche de notre équipe car il faut être capable de déterminer ce que les capteurs observent une fois en orbite. Grâce aux mesures de flux solaire pour différentes positions du satellite pendant les essais, l'équipe sera en mesure de déduire l'orientation du satellite par rapport au Soleil.

A cette occasion, un algorithme d'apprentissage automatique (deep learning) a été développé au LATMOS.



Pour compléter le dispositif scientifique, il faut également connaître le moment où le satellite passera au-dessus de la salle contrôle-commande du LATMOS mais également au-dessus de celles de nos partenaires (à Singapour et aux États-Unis). C'est indispensable pour pouvoir récupérer les données d'observations stockées dans le satellite. Pour cela on s'est appuyé sur des méthodes classiques de prédiction d'orbite que l'on a interfacées avec le logiciel de réception de données.
La grande nouveauté de la mission est le développement d'outils numériques divers, en interne et complètement adaptés à nos besoins. L'expertise du LATMOS sur la récupération et la gestion des données s'en trouve renforcée. Quelque part c'est l'émergence d'une mini-agence spatiale à l'OVSQ.

Enfin un logiciel d'archivage, de visualisation et de distribution des données a également été développé. Le LATMOS mettra à disposition les données décommutées pour des chercheurs qui produiront des travaux expliquant les mécanismes de réchauffement climatique à une échelle plus locale.



Le groupe d'étude et de validation des performances UVSQ-SAT :

• Christophe Dufour, CNRS/LATMOS

• Thomas Bouteraon, Ingénieur de recherche CNES/CNRS/LATMOS

• Adrien Finance, doctorant UVSQ/LATMOS, bénéficiant d'une bourse de thèse CIFRE (ACRI-ST) dont le sujet est : préparation scientifique de la mission UVSQ-SAT

Légende graphique 1 : Flux étalonnés mesurés par les photodiodes UVS TSI lors des tests

Légende graphique 2 : Signal d'obscurité des photodiodes UVS

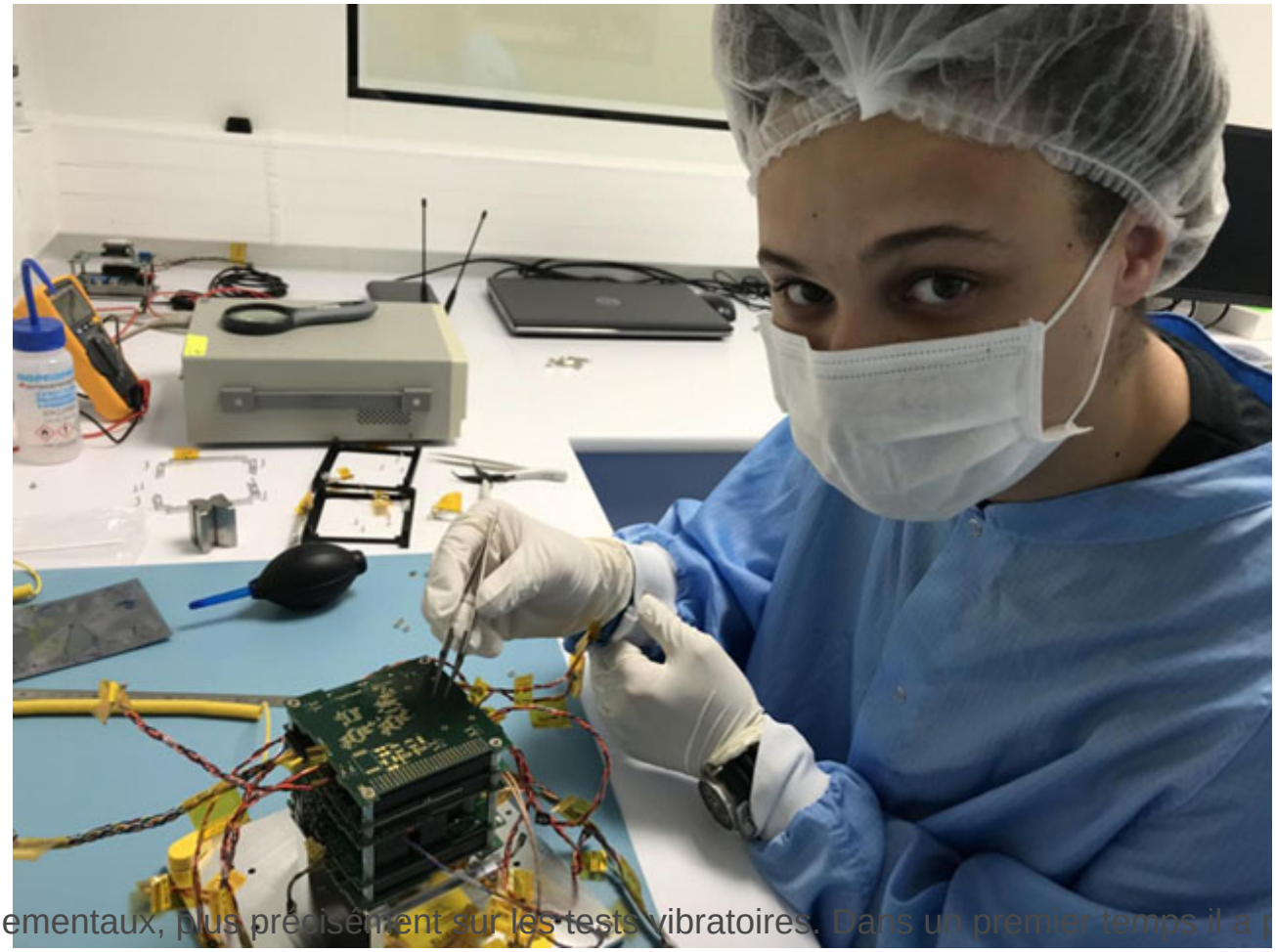
Légende graphique 3 : Simulation des observations du flux net observé par une flotte de satellites

Parcours de 2 étudiants en stage (licence pro SIMIS) puis embauchés CDD sur la mission UVSQ-SAT – Patrick Lacroix et Nicolas Caignard

En septembre 2019, Patrick Lacroix et Nicolas Caignard intégraient la licence professionnelle SIMIS (Systèmes intelligents mécatroniques pour l'industrie et le spatial) proposée par l'IUT de Mantes la Jolie (78). Cette dernière propose notamment une option « spatial » dans laquelle les enseignements sont dispensés par les enseignants-chercheurs du LATMOS.

Dans ce cadre, le laboratoire propose des stages sur les projets du moment. Cette année plus particulièrement, pour palier au déficit d'offres de stages reçues voire aux stages carrément annulés en raison d'un contexte sanitaire exceptionnel, et grâce au projet UVSQ-SAT, de nombreuses opportunités ont pu aboutir. C'est ainsi que Patrick et Nicolas ont rejoint l'équipe projet UVSQ-SAT en mai et juin dernier.

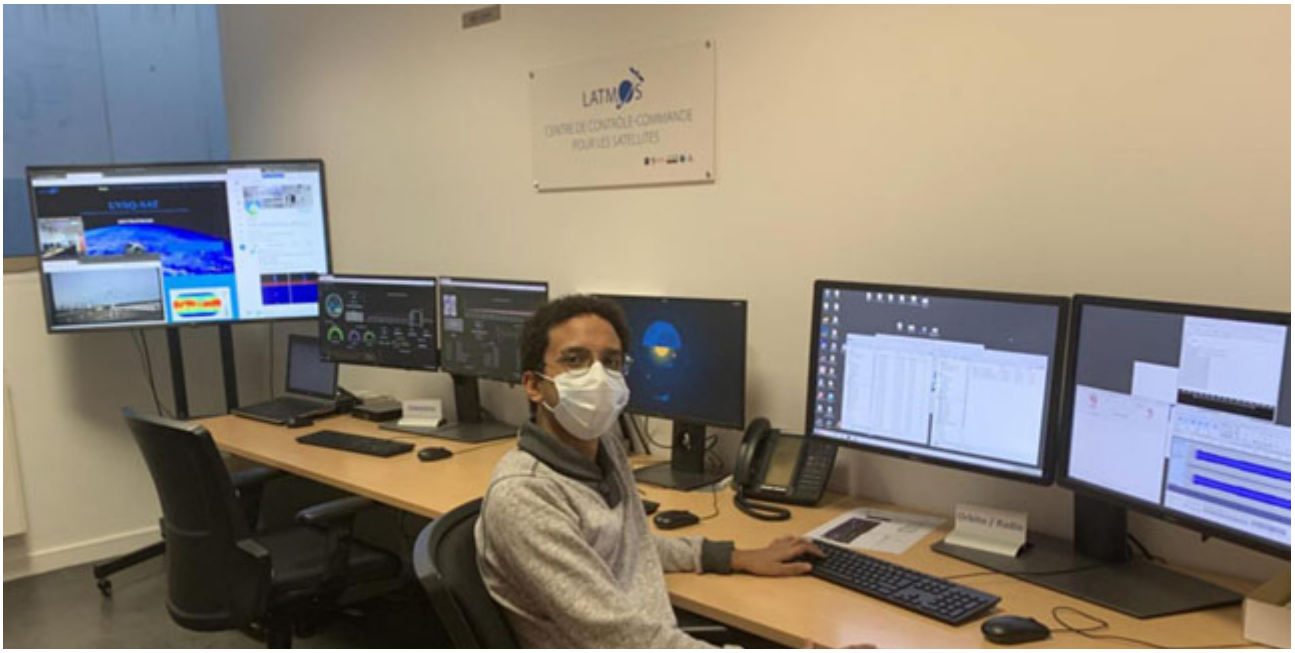
Patrick, stagiaire pendant 5 mois a travaillé sur les essais

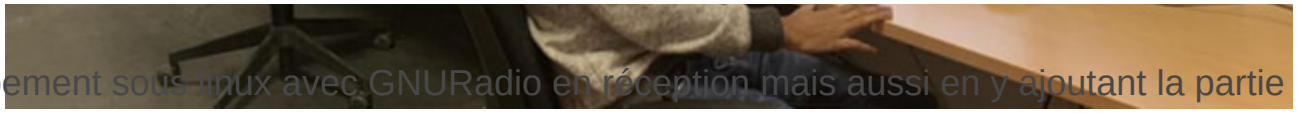


environnementaux, plus précisément sur les tests vibratoires. Dans un premier temps il a p

Nicolas, stagiaire pendant 2 mois a lui développé sous linux avec GNURadio une chaîne de réception qui permettra de décoder le signal émis par le satellite et de le transformer en données brutes qui seront ensuite transmises aux scientifiques pour classification, traitement et analyse.
Après avoir montré de vraies capacités d'auto-formation, et d'investissement sur les missions qui leur avaient été confiées, ils ont été embauchés par le LATMOS en CDD.

Nicolas a continué le





développement sous-linux avec GNURadio en réception mais aussi en y ajoutant la partie

Parallèlement il participe à l'automatisation de l'émission/réception de signaux pour récupérer les données émises par le satellite sans nécessairement avoir besoin de se déplacer dans la salle contrôle commande (par exemple les nuits ou les week-ends…). Patrick lui a rejoint l'équipe optique pour travailler sur un télescope qui servira à observer les corps noirs (étoiles). Il travaille notamment sur la mise au point d'un banc de test qui permettra de certifier le système de protection du miroir. Ce dernier conservera une température stable durant ses différentes phases d'utilisation. En effet ce dernier dans l' espace sera soumis à de fortes variations de températures et pour éviter la casse il est plus prudent de mettre en place ce système de protection.

A la fin de leur CDD, ils envisagent tous les deux de reprendre leurs études et d'intégrer un master. Ils ont le Master E3A de l'Université de Paris-Saclay ou le Master de SUPAERO (dans lequel Monsieur Meftah dispense des cours) en ligne de mire… Mais une certitude : ils continueront dans le spatial !

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

En savoir plus
> LATMOS
> OVSQ
> IPSL