

## **Des chercheurs de l'ISAE-SUPAERO travaillent à une présence durable de l'Homme sur la Lune**

Alors qu'était fêté l'année dernière le 50<sup>e</sup> anniversaire de la mission Apollo 17, dernier voyage habité vers la Lune, le développement du "New Space" a permis de relancer l'attrait du secteur spatial pour l'exploration lunaire. Prévue pour novembre 2024, la prochaine mission lunaire Artemis II de la NASA marquera le retour des missions habitées vers la Lune, après plus de cinquante années de vols en orbite basse, dont les projets devraient se multiplier ces prochaines années. L'engouement récent pour la conquête de l'Espace conduit par ailleurs à repenser les missions spatiales en tenant compte de nouveaux enjeux : fiabilité des bases spatiales habitées, présence d'équipages sur du long terme, cohabitation des systèmes spatiaux ou pollution générée par ces missions.

Afin d'amorcer ce virage vers un développement rapide de l'exploration de la Lune, l'ISAE-SUPAERO mène de nombreux travaux de recherche devant permettre de mieux connaître celle-ci, de faire évoluer les vaisseaux spatiaux et les systèmes de vie, d'optimiser l'utilisation des ressources disponibles in situ, et de limiter l'impact des missions lunaires d'un point de vue environnemental. Tour d'horizon de ces recherches.

### **S'impliquer dans le renouveau de la sismologie lunaire**

Afin d'anticiper les effets potentiels d'un impact de météorite ou d'un séisme à la surface de la Lune, **des recherches en sismologie sont menées autour du développement d'instruments visant à sonder les vibrations du sol lunaire mais aussi les premiers mètres sous la surface de la Lune.** Le groupe de recherche Systèmes Spatiaux pour la Planétologie et ses Applications est notamment impliqué dans le renouveau de la sismologie lunaire au travers de la suite instrumentale "Farside Seismic Suite" (FSS), fournie par le JPL/NASA, qui déploiera, des capteurs sur la face cachée de la Lune d'ici 2025. Le groupe de recherche dont fait partie Raphaël Garcia est également impliqué dans le "Lunar Quake Service" qui sera chargé de détecter les séismes et les impacts de météorites grâce aux données collectées et réalisera également une imagerie de l'intérieur de la Lune à partir de ces données.

Les sismologues travaillent à ce que de tels instruments puissent être installés par les futurs astronautes lunaires, mais également par les futures missions robotiques de l'ESA pour lesquelles un instrument de sondage de la proche surface (LASSIE - LunAr SeiSmIc Experiment) a été récemment présélectionné. Les données issues de ces dispositifs devraient permettre de **répondre à de nombreuses questions quant à la taille du noyau de la Lune, la présence de silicates fondus à la base du manteau lunaire ou encore la quantité de glace piégée sous la surface.** Ces informations donneront également la

possibilité d'évaluer la dangerosité de micro-impacts de météorites pour les futurs habitats lunaires.

## **Préparer une présence durable sur la Lune**

Si les vols habités vers la Lune ne sont aujourd'hui envisagés que pour quelques jours, des recherches sont néanmoins menées afin de permettre, un jour, une présence permanente sur la Lune. **Parmi les points faisant obstacle à une présence sur du long terme, la question des radiations fait l'objet d'une thèse de l'ISAE-SUPAERO**, étudiant les différentes solutions de protection envisageables.

Financée par l'European Space Agency (ESA) et TRAD Tests & Radiations, en coopération avec l'INSERM, Yulia Akisheva étudie dans le cadre de sa thèse - dirigée par Yves Gourinat - la capacité de matériaux disponibles sur le sol lunaire à protéger les astronautes des rayons cosmiques. Le régolithe en particulier a été identifié comme ressource privilégiée pour la construction de revêtements d'habitacles capables de protéger des radiations. D'autres types de matériaux, métaux ou liquides, notamment riches en hydrogènes sont également étudiés.

Ces travaux de recherche visent, à travers différentes simulations, à comprendre comment se déposent les particules radioactives et à évaluer les doses ingérées par l'organisme afin de mesurer l'efficacité des matériaux étudiés en termes de protection.

**Une simulation en accélérateur de particules aura lieu début 2024 pour tester les prototypes issus de ces recherches au plus proche des conditions réelles.**

## **Limiter l'impact environnemental des missions lunaires**

Au-delà de la sécurité des équipages se pose également la question de l'impact environnemental des missions spatiales, et notamment celle de la gestion des objets spatiaux dans l'espace cislunaire. Il n'existe aujourd'hui aucun système de suivi et de surveillance des débris en orbite lunaire. Or, la multiplication des missions lunaires pourrait rapidement mener à une forte pollution d'autant qu'un nettoyage naturel est à exclure, l'atmosphère près de la Lune étant trop fine pour le permettre.

C'est autour de cette problématique que s'inscrit la thèse de Paolo Guardabasso financée par l'ESA et Thalès Alenia Space et dirigée par Gregoire Casalis et Stéphanie Lizy-Destrez. Ces travaux le conduisent à **simuler l'environnement des débris lunaires et cislunaires, en s'appuyant sur différents scénarios du futur trafic lunaire.**

Parmi les axes proposés, **une première piste consiste à identifier des zones sur la surface de la Lune, où il serait possible de faire impacter ces débris.** Un autre concept consisterait à **faire revenir ces débris dans l'atmosphère terrestre**, afin de les faire atterrir en contrôlant leur trajectoire, ou bien de les détruire. L'enjeu est alors d'identifier les trajectoires de réinsertion les moins coûteuses. En ce sens, une étude menée pour le CNES sur la détermination d'orbite des débris à partir d'observation sur Terre ou dans l'espace a permis de proposer des modèles performants de calcul.

**La troisième alternative se rapproche du concept de « Garage de l'Espace » développée par une équipe de recherche de l'ISAE-SUPAERO pour dépolluer l'Espace.** Le garage vise à assurer la maintenance et le recyclage de ces satellites vieillissants, afin de retarder leur transfert vers une orbite cimetière ou le lancement de nouveaux objets.

Ce concept s'inscrirait dans une économie circulaire, visant à prolonger leur durée de vie. Véritable usine de recyclage de l'Espace, ce concept permettrait notamment de compléter les satellites déjà en orbite avec de nouveaux composants.

Ces travaux de recherche s'inscrivent dans le cadre de la chaire **Concepts Spatiaux Avancés** créé en 2017 à l'initiative de l'ISAE-SUPAERO, Airbus et Ariane Group. L'objectif est le développement de l'étude des concepts spatiaux futurs sous l'aspect système et architecture, grâce à des projets de recherche et d'enseignement au sein d'un Space Advanced Concepts laboratory (SACLab). La chaire a été renouvelée en 2022 pour une durée de 5 ans.

En parallèle, une autre thèse s'intéresse à l'éco-conception d'une base spatiale habitée à la surface de la Lune qui aurait un impact léger d'un point de vue environnemental, notamment à travers l'utilisation de ressources durables.

### **A propos de l'ISAE-SUPAERO**

L'ISAE-SUPAERO, établissement public d'enseignement supérieur et de recherche sous tutelle du ministère des Armées, participe depuis plus de 100 ans à l'excellence de la filière aéronautique et spatiale, et apporte ainsi une contribution significative à la prospérité et à la souveraineté françaises et européennes.

L'Institut est leader mondial de l'enseignement supérieur en ingénierie aérospatiale par la richesse de son offre de formation dédiée au domaine (ingénieur, master, mastère spécialisé et doctorat), par l'employabilité de ses diplômés, qui rayonnent dans beaucoup d'autres secteurs, et par leur nombre (plus de 750 diplômés par an au niveau master ou plus, dont 40 % d'internationaux). Capables de maîtriser la complexité des défis des transitions écologique et numérique, des nouvelles mobilités et nouveaux usages de l'espace, les ingénieurs et docteurs formés à l'ISAE-SUPAERO sont au cœur des évolutions du secteur aérospatial, civil et de défense.

Mobilisées sur les problématiques des domaines aéronautique et spatial, les équipes de recherche de l'Institut se distinguent par la croissance rapide de leur activité scientifique et par la qualité de leur relation avec leurs partenaires industriels (l'Institut figure dans le top 25 mondial pour la proportion de publications scientifiques partagées avec des industriels).

L'ISAE-SUPAERO est membre fondateur du Groupe ISAE et de l'Université de Toulouse, partenaire de l'Ecole polytechnique et de 100 universités dans le monde.

**[www.isae-supaero.fr](http://www.isae-supaero.fr)**

### **Contacts presse**

Agence OXYGEN

Maxime Forgues : [maxime.f@oxygen-rp.com](mailto:maxime.f@oxygen-rp.com) / 06 71 43 41 00

Charline Kohler : [charlinek@oxygen-rp.com](mailto:charlinek@oxygen-rp.com) / 0532119732