



# Assemblée générale

Distr. limitée  
17 novembre 2022  
Français  
Original : anglais

**Comité des utilisations pacifiques  
de l'espace extra-atmosphérique**  
**Sous-Comité scientifique et technique**  
**Soixantième session**  
Vienne, 6-17 février 2023  
Point 7 de l'ordre du jour provisoire\*  
**Débris spatiaux**

## **Recherche sur les débris spatiaux, la sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaires et les problèmes relatifs à leur collision avec des débris spatiaux**

Note du Secrétariat

### **I. Introduction**

1. À sa soixante-cinquième session, le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique est convenu qu'il faudrait continuer d'inviter les États Membres et les organisations internationales dotées du statut d'observateur permanent auprès du Comité à soumettre des rapports concernant la recherche sur la question des débris spatiaux, la sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaire les problèmes relatifs à la collision d'objets de ce type avec des débris spatiaux et la façon dont les lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux étaient appliquées (A/77/20, par. 102). À cette fin, une communication datée du 19 août 2022 a été envoyée aux États Membres et aux organisations internationales dotées du statut d'observateur permanent pour les inviter à soumettre leurs rapports avant le 28 octobre 2022, de sorte que les informations puissent être communiquées au Sous-Comité à sa soixantième session.

2. Le présent document a été établi par le Secrétariat à partir des informations reçues de 10 États Membres, à savoir l'Algérie, l'Allemagne, l'Autriche, la Bolivie (État plurinational de), l'Inde, l'Italie, le Japon, le Mexique, le Myanmar et la Slovaquie. Les informations complémentaires fournies par le Japon, y compris les chiffres relatifs aux débris spatiaux, seront mises à disposition sous la forme d'un document de séance à la soixantième session du Sous-Comité.

\* [A/AC.105/C.1/L.405](#).



## II. Réponses reçues d'États Membres

### Algérie

[Original : Français]  
[11 octobre 2022]

Ces préoccupations revêtent une importance particulière pour l'Algérie en raison de la taille de son territoire, de la densité de sa population et du nombre croissant d'objets spatiaux en orbite au-dessus de son territoire.

Cependant, notre pays n'a jusqu'à présent pas entamé de recherches sur les débris spatiaux, ni adopté aucun mécanisme national pour la réduction de ces débris, ce qui s'explique par son activité récente dans le domaine spatial et le faible nombre de satellites algériens en orbite.

À ce titre, l'Algérie qui salue les efforts déployés par le Bureau des affaires spatiales pour promouvoir la collaboration internationale et encourager les progrès dans ce domaine, réitère son soutien à la communauté internationale pour ce qui est de réduire les débris spatiaux et préserver l'environnement orbital et suborbital.

En ce qui concerne la sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaire l'Algérie, qui participe activement aux travaux du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique et de ses deux organes subsidiaires et souscrit aux principes y afférents, est préoccupée des conséquences que pourrait avoir l'utilisation de telles sources d'énergie dans l'espace, qui viendrait compromettre toute forme de viabilité à long terme des activités spatiales et la préservation de l'espace comme patrimoine commun de l'humanité pour les générations futures.

C'est pourquoi elle rappelle les dispositions de l'article IV du Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes, qui stipule que « [l]es États parties au Traité s'engagent à ne mettre sur orbite autour de la Terre aucun objet porteur d'armes nucléaires ou de tout autre type d'armes de destruction massive, à ne pas installer de telles armes sur des corps célestes et à ne pas placer de telles armes, de toute autre manière, dans l'espace extra-atmosphérique ».

L'Algérie juge nécessaire que les États prêtent davantage attention aux conséquences potentielles de l'utilisation de sources d'énergie nucléaire et encourage toutes les initiatives tendant au transfert de savoir-faire dans ce domaine afin que tous les États désireux de faire usage de sources d'énergie dans l'espace puissent le faire dans des conditions de sûreté.

### Allemagne

[Original : anglais]  
[27 octobre 2022]

L'Allemagne mène des activités de recherche sur les questions liées aux débris spatiaux dans tous les domaines concernés. Il s'agit notamment de la modélisation de l'environnement des débris spatiaux, de l'observation de ces débris, du développement de technologies d'observation, de l'étude des effets de l'impact à hypervitesse sur les engins spatiaux, de la protection des systèmes spatiaux contre l'impact des micrométéorites et des débris spatiaux, ainsi que des technologies de conception pour la désintégration. Des experts allemands participent activement aux forums internationaux qui traitent de la recherche sur les débris spatiaux et de la sécurité spatiale, notamment au Comité de coordination inter-agences sur les débris spatiaux et à l'Académie internationale d'astronautique, aux activités internationales de normalisation des débris spatiaux et à certains aspects de la coordination du trafic spatial. L'industrie et les universités allemandes participent également au

développement de technologies au service d'une utilisation durable à long terme de l'espace et de la protection de la Terre.

L'Agence spatiale allemande a continué, au Centre aérospatial allemand (DLR), d'améliorer la réduction des débris spatiaux dans les projets de petits satellites menés avec l'appui du DLR dans les universités et les instituts de recherche. Les changements de processus internes opérés à l'Agence spatiale allemande garantissent que les exigences imposées par le DLR en matière de réduction des débris spatiaux sont respectées, car à satisfaire obligatoirement pour bénéficier des subventions de recherche accordées aux missions spatiales. En outre, un dialogue constant a été établi avec l'initiative des universités allemandes relative aux petits satellites. Ce dialogue a pour but de maintenir un niveau élevé de durabilité des activités spatiales des universités, qui connaissent une croissance rapide, et de faciliter le partage des connaissances et des meilleures pratiques au sein du monde universitaire. L'Agence spatiale allemande apporte son soutien aux projets en cours, a proposé des ateliers d'experts en ligne sur des sujets liés à la réduction des débris spatiaux et a conduit une enquête sur le fonctionnement des missions spatiales dans les universités allemandes. Un rapport sur les résultats de cette enquête a été publié en mars 2022.

### Mesures

Il est nécessaire de développer les capacités de production et d'utilisation de données de capteurs pour établir une compétence nationale en matière de surveillance de l'espace, par exemple, pour générer un catalogue d'objets spatiaux et effectuer des déterminations d'orbites. Ce catalogue constitue l'ossature des activités de connaissance de la situation spatiale. C'est pourquoi l'Agence spatiale allemande a lancé, par le biais de son programme national financé par le Ministère fédéral allemand des affaires économiques et de l'action climatique, le développement du radar expérimental allemand de surveillance de l'espace et de suivi des objets en orbite (GESTRA). Ce système a été développé par l'Institut Fraunhofer pour la physique des hautes fréquences et la technologie radar. Il s'agit d'un système expérimental qui permet d'étudier et de déterminer l'orbite d'objets spatiaux qui circulent en orbite terrestre basse. En 2020, les deux abris radar ont été transportés et mis en service sur leur site opérationnel, et d'autres activités d'intégration, d'essai et de vérification y ont été réalisées depuis. Le système peut être exploité entièrement à distance par le Centre allemand de surveillance de l'espace (GSSAC). Le GESTRA est également destiné à servir de plateforme expérimentale pour le fonctionnement des radars bi- et multistatiques et à fournir des données aux institutions de recherche d'Allemagne pour la poursuite des recherches dans ce domaine.

Il a été mis en place une base de données qui est hébergée et exploitée par le GSSAC depuis 2019 pour la collecte et le partage des mesures de l'initiative de l'Union européenne pour la surveillance et le suivi des objets et débris spatiaux (EU SST), servant de principale plateforme de partage de données pour cette dernière. Dans un second temps, il a été entrepris l'élaboration d'un catalogue européen précurseur fondé sur cette base de données.

De multiples options ont été identifiées pour accroître les performances des mesures radar de surveillance au sol des débris spatiaux. Une option prometteuse est l'utilisation de plusieurs radars de surveillance sur des sites distincts fonctionnant dans des configurations bi- et multistatiques. Un tel réseau de radars devrait non seulement accroître la taille de la zone de surveillance, mais aussi permettre de mieux mesurer les objets individuels. Une étude visant à analyser plus en détail ces modes de fonctionnement est menée actuellement dans le cadre d'une collaboration entre deux instituts Fraunhofer. Il a été conçu un cadre de simulation qui permet de modéliser diverses configurations de systèmes radar de surveillance multistatique.

Un réseau international de télescopes optiques appelé « Small-Aperture Robotic Telescope Network » (SMARTnet) se compose actuellement de quatre stations qui comprennent, au total, neuf télescopes. Ces stations sont situées en Suisse, en Espagne, en Afrique du Sud et en Australie, le DLR exploitant celles d'Afrique du

Sud et d'Australie. Une troisième station DLR devrait être déployée en Amérique du Sud en 2023. Le réseau est organisé par le DLR en étroite collaboration avec l'Institut astronomique de l'Université de Berne, et est ouvert au public. Les stations se composent de plusieurs télescopes d'ouvertures allant de 20 à 80 cm. Le réseau surveille la région géostationnaire et les orbites connexes pour appuyer la recherche sur l'évitement des collisions et l'étude d'autres sujets scientifiques, englobant les données d'objets de plus d'une trentaine de centimètres circulant sur les orbites géosynchrones. Des objets de grandeur inférieure à 18,5 cm ont déjà été détectés, leurs positions mesurées et leurs orbites calculées. Il a été prouvé une amélioration significative de la précision des informations orbitales dérivées en orbite terrestre géosynchrone. Des satellites en grappe ont également été mesurés sans ambiguïté.

Le DLR développe également un système d'information avec le Backbone Catalogue of Relational Debris Information, base de données orbitale d'objets en orbite terrestre, qui est au cœur de ce projet. Des fonctionnalités essentielles telles que la corrélation d'objets à l'aide d'observations provenant de différents capteurs (par exemple, SMARTnet), qui fournissent les premières données d'observation à traiter par le système, la détermination de l'orbite et sa propagation, sont actuellement pleinement opérationnelles. Un algorithme de regroupement de graphes est appliqué pour détecter les nouveaux objets spatiaux résidents. Ce système peut traiter différents types de mesures, y compris les mesures radar, optiques et de télémétrie laser par satellite. Les différentes données d'entrée peuvent également être fusionnées et combinées pour les objets afin d'obtenir une meilleure solution de détermination d'orbite. En outre, un algorithme de filtrage complet permettant de détecter les rapprochements entre objets est en cours de développement. Tous les algorithmes sont programmés de manière à pouvoir traiter en temps réel les données d'observation d'un maximum de 100 000 objets. Les sujets de recherche actuellement en cours comprennent la détection des manœuvres et la dérivation d'une planification optimale à partir de la base de données des capteurs afin de maintenir tous les objets dans une précision spécifiée. En outre, il a été développé une interface utilisateur qui permet d'exporter les données de la base vers d'autres logiciels ou d'autres entités.

Un grand télescope Ritchey-Chrétien de 1,75 m de diamètre pour l'observation et l'analyse de petits débris spatiaux de quelques centimètres a été installé par le DLR dans le sud de l'Allemagne, à l'Observatoire Johannes Kepler. Ce télescope est équipé de quatre foyers Nasmyth et d'un renvoi coudé. En outre, il peut être utilisé comme émetteur laser ou récepteur de photons participant à des campagnes de télémétrie laser bistatique, utilisant des émetteurs laser transportables et conteneurisés. En général, le télescope sert de plateforme de recherche pour le développement de technologies optiques laser nouvelles et innovantes aux fins d'applications de sécurité spatiale concernant toutes les orbites terrestres, y compris la gamme d'altitude des orbites terrestres très basses. La technologie laser mise en œuvre se concentrera sur la gamme spectrale du proche infrarouge, y compris, en particulier, la gamme de longueurs d'onde laser sans danger pour les yeux. Outre la mise en œuvre des technologies optiques laser actives, il sera abordé l'analyse spectrale optique passive des objets orbitaux.

Un système de télémétrie laser par satellite (miniSLR) très compact et fonctionnant automatiquement a été mis au point par le DLR. Ce système assure une précision de télémétrie laser de quelques centimètres dans les données de position, à partir de satellites en orbite terrestre basse et moyenne équipés de rétro réflecteurs. Ces données ont de nombreuses applications dans les domaines de la géodésie, de l'observation de la Terre, de l'exploitation de satellites ou de la surveillance de ceux mis hors service. Un composant en orbite correspondant, basé sur un rétro réflecteur céramique athermique, a été développé et peut être utilisé par les opérateurs de satellites comme solution pour la surveillance du trafic spatial par laser. En outre, l'utilisation de nouveaux rétro réflecteurs passifs polarimétriques distinguables permet le marquage de satellites, ce qui est utile, par exemple, dans le cas de lancements groupés de petits satellites et au sein de constellations. La station terrestre

optique laser miniSLR est adaptée en émetteur laser spécifique pour les composants de la charge utile du rétrorefléteur polarimétrique.

### **Modélisation et évaluation des risques en orbite et au sol**

L'objectif principal d'un nouveau projet de l'Université technique de Braunschweig est de concevoir diverses mesures d'évaluation des critères de durabilité pour l'utilisation, notamment, de l'orbite terrestre basse en raison des probabilités croissantes de collision dans cette région. Ces recherches revêtent une importance particulière à l'heure actuelle, les politiques de réduction existantes n'étant pas spécifiquement conçues pour gérer le nombre extraordinairement élevé d'objets attendu avec l'introduction de mégaconstellations. Ainsi, des critères objectifs d'évaluation de l'« état de santé » général de l'environnement orbital des débris spatiaux, similaires, d'un point de vue conceptuel, à ceux de l'indice de santé des océans, par exemple, pourraient fournir des outils qui permettent non seulement de mesurer l'état global de cet environnement, mais aussi de définir des critères objectifs pour ce qui est d'assurer sa durabilité.

L'Allemagne contribue également grandement à l'étude des effets des collisions en orbite et des impacts de débris spatiaux par l'entremise de l'Institut FhG-EMI. La simulation expérimentale d'impacts à hypervitesse s'effectue à l'aide d'accélérateurs à gaz léger et de diagnostics à grande vitesse aux limites actuelles des essais au sol. Des composants d'engins spatiaux tels que les structures en plastique renforcé de fibres de carbone, les matériaux transparents, les récipients sous pression et les propergols de moteurs de désorbitation ont récemment été testés pour non seulement évaluer les effets des dommages et les limites quantitatives de conception, mais aussi établir des modèles qui permettent d'évaluer les conséquences des impacts de débris spatiaux au niveau des systèmes. Les expériences d'impact, principalement réalisées dans le cadre d'un contrat de l'Agence spatiale européenne, sont complétées par des simulations numériques qui permettent d'étendre la gamme de paramètres des conditions de collision et de réaliser des expériences numériques au niveau du vaisseau spatial. Des hydrocodes spécialisés et des méthodes par éléments discrets sont développés et appliqués pour des simulations complexes de collisions à hypervitesse à l'Institut FhG-EMI. Un exemple en est le projet DEM-O récemment achevé, qu'a soutenu l'Agence spatiale allemande. Ce projet démontre la pertinence d'utiliser la méthode des éléments discrets pour simuler un impact à hypervitesse. En utilisant des modèles basés sur les particules, on peut simuler avec précision des scénarios d'impact à hypervitesse, en particulier la fragmentation qui en résulte. La nature discrète de cette méthode lui confère, pour la modélisation de la fragmentation et de la rupture des satellites en orbite, un avantage certain sur les hydrocodes traditionnels. Dans la dernière phase du projet, on s'est employé à améliorer la modélisation des impacts secondaires qui se produisent à l'intérieur d'un satellite immédiatement après un événement d'impact hypervélocé.

L'inquiétude concernant le risque au sol causé par des fragments d'engins spatiaux survivant à une rentrée atmosphérique s'est considérablement accrue ces 10 dernières années, ce qui a donné lieu, de la part de la communauté spatiale, à de nombreuses activités telles que le développement, l'amélioration et la validation d'outils de simulation de rentrée, ainsi que la recherche de conceptions pour la désintégration. Le premier groupe d'activités a pour but d'accroître la confiance dans les prédictions numériques du risque de rentrée dans l'atmosphère, tandis que le second a pour but de développer de nouvelles techniques de conception d'engins spatiaux susceptibles d'en faciliter la désintégration.

En 2009, le Centre des activités spatiales allemandes a commencé à développer et à exploiter un système logiciel pour l'évaluation de la conjonction des engins spatiaux qu'il exploite. Depuis, il continue à développer, à entretenir et à exploiter ce système. Outre l'évaluation des conjonctions, ce système permet également de planifier des manœuvres d'évitement des collisions et de générer des produits d'information correspondants. Le Centre aide d'autres entités à évaluer les conjonctions et à éviter les collisions. Il partage les données d'éphémérides des

satellites avec des prestataires de services de conjonction tels que l'initiative EU SST, la Space Data Association et le 18<sup>e</sup> Escadron de défense spatiale de l'Armée de l'espace des États-Unis, et est constamment en contact avec d'autres opérateurs de satellites afin d'harmoniser les mesures d'évitement des collisions lorsqu'il y a lieu.

## **Autriche**

[Original : anglais]  
[25 octobre 2022]

Outre les mesures de routine de la portée des satellites actifs équipés de rétroreflecteurs cubiques en coin, la station de télémétrie laser par satellite de l'Institut de recherche spatiale de l'Académie autrichienne des sciences participe actuellement à plusieurs activités liées à la sécurité spatiale<sup>1</sup>. La conception et l'assemblage de rétroreflecteurs de secours destinés à être utilisés dans les futures missions de satellites joueront un rôle essentiel dans la détermination de l'attitude et les futures missions d'enlèvement. L'Institut développe un outil qui doit simuler les résidus de télémétrie laser par satellite en faisant varier l'orbite, la culbute ou la configuration des rétroreflecteurs cubiques en coin. En outre, la détermination du mouvement de culbute et d'attitude s'effectue en analysant les courbes de lumière à photon unique, qui montrent la lumière solaire réfléchiée par les satellites ou les débris spatiaux. Il a été établi une grande base de données, qui caractérise et mesure plus de 20 débris spatiaux différents. La combinaison de différentes techniques (par exemple, courbes de lumière, télémétrie laser par satellite, télémétrie laser des débris spatiaux et radar d'imagerie) est également étudiée et appelée « traitement synthétique des données ». L'Institut participe également à la conception, à la simulation et au développement d'ensembles laser et de détection pour la mise à niveau des stations de télémétrie laser par satellite existantes ou pour les nouvelles stations de télémétrie laser des débris spatiaux.

## **Bolivie (État plurinational de)**

[Original : espagnol]  
[24 octobre 2022]

Dans le cadre des fonctions que lui assigne le décret suprême n° 423 du 10 février 2010, l'Agence spatiale bolivienne fournit des services de communications par satellite et d'analyse d'images satellitaires. Elle ne mène donc pas de recherches sur les thèmes mentionnés par le Bureau des affaires spatiales.

## **Inde**

[Original : anglais]  
[28 octobre 2022]

L'Inde est en train d'adopter officiellement une politique nationale sur les activités spatiales qui traite, entre autres, des critères à appliquer en matière de réduction des débris spatiaux pour garantir la sécurité et la durabilité de ces activités.

L'Organisation indienne de recherche spatiale (ISRO) a entrepris plusieurs activités de recherche dans les domaines liés aux débris spatiaux, y compris la modélisation de leur environnement, l'analyse de leur rentrée dans l'atmosphère, l'analyse de leur fragmentation et leur retrait actif.

Le Système ISRO pour des opérations sûres et durables (IS4OM) a été mis en place pour assurer la gestion coordonnée de toutes les activités de connaissance de la

---

<sup>1</sup> On trouvera de plus amples informations sur la station de télémétrie laser par satellite sur le site [www.oaaw.ac.at/en/iwf/institute/infrastructure/slr-station](http://www.oaaw.ac.at/en/iwf/institute/infrastructure/slr-station).

situation spatiale et l'établissement d'installations d'observation pour le suivi des objets spatiaux. Le mise en place d'installations d'observation pour le suivi et la surveillance des objets spatiaux en orbite terrestre basse et géosynchrone, y compris le suivi et la surveillance des débris spatiaux dans le cadre du réseau NETRA (Network for Space Object Tracking and Analysis), a déjà débuté. Des projets d'installation de télescopes optiques supplémentaires sont également en préparation.

Il a été mis en place, dans le cadre de l'IS4OM, un centre de contrôle chargé de traiter les observations provenant de diverses installations d'observation en vue de constituer un catalogue national des débris spatiaux, entre autres activités liées à la connaissance de la situation spatiale.

L'ISRO a mené des recherches pour améliorer la prévision de la rentrée atmosphérique des objets spatiaux ainsi que la modélisation et l'analyse de la fragmentation correspondante. L'ISRO participe activement aux campagnes annuelles de prévision de rentrée dans l'atmosphère du Comité de coordination interagences sur les débris spatiaux (IADC). On s'emploie actuellement à améliorer les méthodes existantes d'évitement des collisions entre des biens et des débris spatiaux, à savoir l'analyse de la proximité des objets spatiaux et celle de l'évitement des collisions de lancement.

En tant que membre de l'IADC, du Comité des débris spatiaux de l'Académie internationale d'astronautique, du Comité technique de gestion du trafic spatial de la Fédération internationale d'astronautique, du Groupe de travail 7 de l'Organisation internationale de normalisation et du Groupe de travail sur la viabilité à long terme des activités spatiales du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, l'ISRO contribue activement à diverses activités et études internationales liées aux débris spatiaux.

À l'heure actuelle, l'ISRO ne possède aucun objet spatial à propulsion nucléaire susceptible de constituer une menace pour la sécurité dans l'espace. Si un tel objet devait être envoyé dans l'espace dans le cadre d'une future mission, l'ISRO veillerait aux questions de sécurité et se conformerait aux lignes directrices internationalement reconnues.

## Italie

[Original : anglais]  
[2 novembre 2022]

Les synergies qui existent dans l'étude des risques posés par les objets spatiaux naturels et artificiels sont apparues plus fortes que jamais en 2022. Les communautés scientifique et technologique italiennes possèdent une compétence de longue date en ce qui concerne ces deux types de risques, comme en témoigne leur participation active à certaines initiatives nationales et internationales majeures, qui ont donné les résultats suivants :

- a) Progrès dans la réalisation et le déploiement des télescopes dits « Flyeye », consacrés à l'étude des populations d'objets géocroiseurs et de débris spatiaux ;
- b) Participation à l'initiative de l'Union européenne pour la surveillance et le suivi des objets et débris spatiaux (EU SST) et signature de l'accord de partenariat correspondant, le but étant d'atteindre un niveau élevé d'autonomie dans la surveillance de la population des débris spatiaux ;
- c) Coordination des initiatives de recherche-développement aux niveaux national et international ;
- d) Achèvement réussi de la mission LICIAcube (Light Italian Cubesat for Imaging of Asteroids) vers l'astéroïde binaire Didymos.

Le télescope Flyeye est un capteur à grand champ et à haute sensibilité, doté d'un champ de vision d'une ampleur sans précédent, conçu conjointement par des

institutions de recherche et l'industrie d'Italie. Un réseau de télescopes Flyeye est capable d'observer l'ensemble du ciel visible chaque nuit. Il peut donc être extrêmement efficace pour détecter à temps les « impacteurs imminents » (c'est-à-dire les astéroïdes de classe 50 m sur une trajectoire de collision avec notre planète), ainsi que pour surveiller la région de l'orbite terrestre moyenne, où se trouvent les constellations de navigation, et la région située au-dessus de 1 500 km d'altitude. Le premier télescope Flyeye a été réalisé en collaboration avec l'Agence spatiale européenne à des fins de défense planétaire et sera bientôt déployé au Centre de géodésie spatiale de l'Agence spatiale italienne (ASI), situé à Matera (Italie), pour une phase de mise en service et de vérification scientifique. Une initiative parallèle a été entreprise par l'ASI en 2022 pour l'acquisition de quatre télescopes Flyeye destinés à l'observation des débris spatiaux.

Dans le cadre de l'initiative EU SST, l'Italie fournit des services de rentrée atmosphérique et de fragmentation. En 2022, cette activité opérationnelle a permis de surveiller étroitement les événements de rentrée incontrôlée les plus importants (en coordination avec la Protection civile italienne), ainsi que ceux de fragmentation en orbite.

L'Italie est étroitement associée à deux projets de recherche-développement de l'Union européenne.

Le projet NEOROCKS (Near-Earth Object Rapid Observation, Characterization and Key Simulations), dirigé par l'Institut national italien d'astrophysique, vise la caractérisation physique des objets géocroiseurs, dont la connaissance joue un rôle décisif dans l'évaluation de la gravité d'un impact d'astéroïde. Il a été mené des campagnes d'observation prolongées utilisant des télescopes à grande ouverture, mis en place une base de données affinée des propriétés physiques des objets géocroiseurs et réalisé avec succès une « expérience d'intervention rapide » qui suit toute la séquence, de la découverte au suivi astrométrique et à la caractérisation physique d'un objet nouvellement découvert.

En novembre 2022, le projet de réseau de recherche sur les débris spatiaux et les astéroïdes (Stardust) a organisé la deuxième Conférence internationale Stardust afin de partager les méthodes et les résultats générés par le projet et d'exposer les participants, en particulier les chercheurs débutants, aux recherches menées activement dans le monde dans le domaine des débris spatiaux et des astéroïdes.

Les problèmes des objets géocroiseurs et des débris spatiaux ont ceci en commun qu'ils obligent à utiliser les méthodes avancées du domaine de la mécanique céleste. À cet égard, la communauté italienne de la mécanique céleste a participé au plus haut niveau à de nombreuses réunions organisées tout au long de l'année pour aborder une grande variété de questions, des aspects purement théoriques aux applications spatiales. Il vaut de mentionner la huitième Réunion internationale sur la mécanique céleste, organisée par l'Université de Rome Tor Vergata, l'Atelier international sur le mouvement coorbital, tenu à l'Institut de mathématiques appliquées et de technologies de l'information « Enrico Magenes » du Conseil national de la recherche d'Italie à Milan, et l'Université d'été CELTA (Celestial Mechanics Theory and Applications)-Cortina n° 14, accueillie par l'Université des Highlands et des îles écossaises (Royaume-Uni). La participation enthousiaste d'une nouvelle génération d'étudiants qualifiés et de jeunes chercheurs a été observée dans tous les cas.

Enfin, un résultat exceptionnel a été obtenu grâce à l'étroite collaboration entre les communautés scientifique et industrielle italiennes, coordonnée par l'ASI. Le 11 septembre 2022, le satellite LICIAcube s'est séparé de l'engin DART (Double Asteroid Redirection Test) de la National Aeronautics and Space Administration des États-Unis, qui avait pour objectif de s'écraser sur Dimorphos, satellite de 140 m de l'astéroïde Didymos, dans la toute première expérience de déviation d'un astéroïde. Tous les sous-systèmes de LICIAcube ont fonctionné en mode nominal et, le 26 septembre 2022, la sonde italienne a réussi à visualiser le panache généré par l'impact de DART, fournissant ainsi des données uniques pour améliorer nos

connaissances sur la composition et la structure interne de l'astéroïde et modéliser la dynamique de l'impact sur un petit corps céleste.

## Japon

[Original : anglais]  
[20 octobre 2022]

### Aperçu général

Le présent rapport fait suite à la demande du Bureau des affaires spatiales du Secrétariat et couvre les activités liées aux débris principalement menées par l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA).

Les activités de recherche et développement suivantes, liées aux débris, étaient en cours en octobre 2022 :

- a) Retrait actif des débris ;
- b) État des manœuvres d'évitement et recherches sur les technologies de base pour la connaissance de l'environnement spatial ;
- c) Recherches sur les technologies permettant d'observer des objets en orbite terrestre basse et en orbite stationnaire (orbite géosynchrone) et d'en déterminer l'orbite ;
- d) Système de mesure des microdébris *in situ* ;
- e) Développement d'un réservoir de propergol composite ;
- f) Observation des débris spatiaux à l'aide de la télémétrie laser et développement d'un réflecteur de télémétrie laser par satellite à usage général.

De plus amples informations sont fournies dans les sections ci-dessous.

### Situation actuelle

#### Retrait actif des débris

La JAXA a organisé et structuré un programme de recherche dont l'objectif est d'entreprendre, pour un faible coût, des missions de retrait actif de débris. La recherche-développement sur les techniques clefs de retrait actif des débris suit trois grands axes : l'approche d'objets non coopératifs, les technologies de capture de ces objets et les techniques de désorbitation de débris spatiaux massifs intacts. La JAXA coopère avec des entreprises privées japonaises pour fournir les technologies nécessaires à l'enlèvement actif de débris pour un faible coût.

Elle dirige également un programme de démonstration qui se déroule en deux phases, à savoir la démonstration de technologies essentielles telles que l'approche d'objets non coopératifs, les opérations de proximité et l'inspection du deuxième étage du lanceur H-IIA, qui devrait se dérouler pendant l'exercice budgétaire 2022, et la démonstration d'un retrait actif de débris et la rentrée du deuxième étage du lanceur H-IIA, prévue après l'exercice budgétaire 2025. Astroscale Japan Inc. a été sélectionnée dans le cadre d'un concours ouvert en février 2020 en tant qu'entreprise partenaire pour la première phase.

#### État des manœuvres d'évitement et recherches sur les technologies de base pour la connaissance de l'environnement spatial

La JAXA est régulièrement informée des conjonctions par le Centre combiné des opérations spatiales. En 2021, elle a exécuté deux manœuvres d'évitement de débris pour des engins spatiaux en orbite basse. En tant qu'opérateur de satellites, elle

est consciente du fait que le risque de conjonction posé par les débris spatiaux reste élevé, car l'environnement spatial se détériore d'année en année.

#### *Technologies de base pour la connaissance de l'environnement spatial*

La JAXA a mis au point un nouveau système de connaissance de la situation spatiale, qui est actuellement en phase d'essai pour en vérifier les performances avant qu'il ne devienne pleinement opérationnel en avril 2023. Le système comprend les éléments suivants :

- a) Un nouveau radar pour l'orbite terrestre basse, qui peut observer des objets de 10 cm situés à une altitude de 650 km ;
- b) Des télescopes de classe 1-mètre et 50-cm, reconditionnés afin d'augmenter leur capacité d'observation des débris spatiaux en orbite haute, y compris l'orbite géostationnaire ;
- c) Un nouveau système d'analyse des données d'observation provenant des radars et des télescopes afin d'évaluer les risques et d'élaborer des plans d'évitement des collisions si nécessaire.

La JAXA a également mis au point un outil d'aide à la planification des manœuvres d'évitement après réception d'un message de conjonction du Centre combiné des opérations spatiales et l'a mis gratuitement à la disposition de tous les opérateurs de satellites sur son site Web depuis mars 2021.

Cet outil devrait simplifier les procédures des manœuvres d'évitement et réduire la charge de travail. La JAXA poursuivra cette activité.

#### **Recherches sur les techniques permettant d'observer des objets en orbite terrestre basse et en orbite stationnaire (orbite géosynchrone) et d'en déterminer l'orbite**

En général, l'observation des objets en orbite terrestre basse s'effectue au moyen d'un système radar, mais la JAXA travaille à la conception d'un système optique afin de réduire les coûts aussi bien de construction que d'exploitation. et a mis au point à cet effet un grand capteur CMOS dont les données, analysées à l'aide de technologies de traitement d'images basées sur des réseaux de portes programmables sur le terrain, permettent de détecter des objets mesurant 10 cm ou moins. Afin d'accroître les possibilités d'observation, deux sites ont été établis en Australie, l'un à l'Observatoire Zadko en Australie occidentale et l'autre équipé de quatre télescopes de 18 cm, à l'Observatoire Siding Spring en Nouvelle-Galles du Sud. Ces deux observatoires viennent s'ajouter à l'Observatoire du Mont Nyukasa au Japon. Il sera ainsi possible de déterminer précisément l'orbite et l'altitude d'objets en orbite terrestre basse.

#### **Système de mesure des microdébris *in situ***

Le dispositif spatial de surveillance des débris consiste en un capteur *in situ* qui se concentre sur les débris d'une taille allant du micron au millimètre. L'expérience la plus récente a été réalisée au moyen du véhicule de transfert H-II Kounotori-5 (HTV-5). Les informations basées sur des mesures réelles sont essentielles pour bien connaître la population de petits débris qui gravitent près de la Terre et qui deviennent l'un des principaux facteurs de risque en orbite.

Le dispositif de surveillance se caractérise par son système de détection simple qui ne nécessite aucun étalonnage préalable particulier et la possibilité qu'il offre de collaborer facilement avec d'autres capteurs. Il se compose d'une zone de détection des débris et de zones de circuits. La zone de détection est constituée d'un film polyimide très fin comportant des milliers de grilles conductrices de 50 µm de large, capables de mesurer des débris allant de 100 µm à quelques millimètres.

La JAXA collabore avec le Bureau du programme des débris orbitaux de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) des États-Unis pour développer un nouveau système de mesure *in situ* afin de déterminer le nombre de

petits débris qui gravitent à une altitude inférieure à 1 000 km. Les deux agences spatiales mènent une série de tests d'impact à hypervitesse à l'aide d'un modèle de planche à pain.

### **Développement d'un réservoir de propergol composite**

Les réservoirs d'ergol sont généralement constitués d'un alliage de titane en raison de la légèreté et de la bonne compatibilité chimique de ce matériau avec les ergols. Cependant, il présente un point de fusion tellement élevé qu'il ne se désintègre pas lors de sa rentrée dans l'atmosphère, et risque par conséquent de provoquer des accidents au sol.

C'est pourquoi depuis plusieurs années, la JAXA cherche à mettre au point un réservoir en aluminium, recouvert d'un composite de carbone présentant un point de fusion plus bas. Dans le cadre d'une étude de faisabilité, elle a effectué divers essais, notamment afin de déterminer la compatibilité de l'aluminium et de l'hydrazine de l'ergol ainsi qu'un essai de chauffage par arc.

Après la fabrication et les essais d'un modèle technique de taille réduite (EM-1), la JAXA a fabriqué un second modèle (EM-2) en grandeur nature, de forme identique à un réservoir normal et équipé d'un dispositif de gestion de l'ergol. Des essais de pression, de vibration (dans des conditions humides et sèches), d'étanchéité et de cycles et de rupture sous pression ont été effectués, tous concluants, ce qui a conduit à valider le concept.

Les délais de livraison et les coûts de ce réservoir composite sont inférieurs à ceux d'un réservoir en titane. Des essais et des analyses sont en cours pour déterminer sa capacité de désintégration pendant la rentrée dans l'atmosphère.

### **Observation des débris spatiaux à l'aide de la télémétrie laser et développement d'un réflecteur de télémétrie laser par satellite à usage général**

La JAXA se concentre sur la télémétrie laser par satellite comme troisième méthode d'observation des débris spatiaux après l'observation par radar et par télescope.

La station de télémétrie laser par satellite de Tsukuba devrait entrer en service en avril 2023.

Ces dernières années, il est devenu de plus en plus important d'améliorer la visibilité des objets en orbite. La JAXA a mis au point un réflecteur de télémétrie laser par satellite abordable et compact (appelé Mt.FUJI) qui peut être utilisé universellement en orbite terrestre basse. Elle va en promouvoir l'application au niveau international afin d'améliorer la traçabilité des objets en orbite, contribuant ainsi à l'utilisation durable de l'espace.

## **Mexique**

[Original : espagnol]  
[28 octobre 2022]

La quantité de débris spatiaux en orbite continue de croître en raison des nouveaux lancements et de la fragmentation des objets existants, et la plupart des débris orbitaux potentiellement dangereux ne sont pas régulièrement surveillés. Bien que le respect des lignes directrices existantes en matière de réduction des débris spatiaux se soit amélioré dans une certaine mesure, les taux actuels (entre 40 et 60 %, selon le régime orbital) sont loin d'être suffisants pour prévenir l'augmentation constante des collisions.

Le nombre croissant de petits satellites, la diminution de la durée de vie des satellites et la possibilité de créer de grandes constellations commerciales de milliers de satellites posent de nouveaux défis. Dans le même temps, la place de plus en plus

grande occupée par le secteur privé pour ce qui est de la connaissance de la situation spatiale, la maintenance en orbite des satellites et l'élimination active des débris pourraient présenter certains avantages, bien que ces activités posent des défis d'ordre politique et juridique.

Le Mexique a soutenu l'initiative de l'Allemagne, du Canada et de la Tchéquie de créer un recueil de mesures visant à atténuer ces débris, qui a été soumis à l'examen du Sous-Comité juridique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique à sa cinquante-troisième session et qui constitue le tout premier document contenant des informations de première main provenant des États Membres concernant les mesures réglementaires qu'ils ont prises pour réduire et éliminer les débris spatiaux<sup>2</sup>.

Des débris spatiaux sont déjà tombés sur Terre au Mexique. Jusqu'à présent, ils n'ont pas causé de dommages aux personnes, mais ils constituent un risque majeur, auquel l'Agence spatiale mexicaine a commencé à s'attaquer. L'incident le plus récent de ce type s'est produit le 25 avril 2016, lorsque des débris du vaisseau spatial Soyouz-2-1A de la Fédération de Russie sont tombés à Mahahual, dans l'État de Quintana Roo. La même année, des fragments du lanceur européen Ariane 5 ont été retrouvés au même endroit. Les mesures nécessaires ont été rendues possibles par l'unité de protection civile de l'État de Quintana Roo et les résidents locaux<sup>3</sup>.

La chute de débris spatiaux est une réalité non seulement au Mexique mais partout dans le monde, ce qui rend indispensable la recherche de solutions avant que des conséquences graves ne se produisent.

C'est pourquoi, et compte tenu de l'importance de la question, le Mexique, par l'intermédiaire de l'Agence spatiale mexicaine, a pris des mesures pour devenir membre du Comité de coordination interinstitutions sur les débris spatiaux et a commencé à coordonner, au niveau national, les activités liées aux problèmes des débris spatiaux.

Dans le but de coordonner l'action menée au niveau national, des universités publiques et privées ont entrepris d'élaborer des modèles pour l'identification et la surveillance des débris spatiaux et des dommages causés aux satellites afin de garantir la sécurité des infrastructures spatiales, mené des activités ainsi que des travaux de recherche et mis au point des méthodes qui se sont révélés efficaces pour réduire la production de débris spatiaux.

L'une de ces activités est le récent projet Colibri, qui est un projet universitaire visant à utiliser un CubeSat pour localiser avec précision la position des débris spatiaux et à faire appel à une série de modèles fondés sur la gravité, l'atmosphère, la vitesse et de nombreux autres paramètres<sup>4</sup>.

Le satellite de la mission Colibri restera en orbite pendant un an. Il est actuellement en phase de conception, au cours de laquelle la mission a été définie techniquement, et le processus de mise en œuvre est en cours.

On trouvera en annexe un tableau indicatif des principales activités et recherches menées par les universités publiques et privées du Mexique en matière de débris spatiaux.

---

<sup>2</sup> [www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/topics/space-debris/compendium.html](http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/topics/space-debris/compendium.html).

<sup>3</sup> De plus amples informations sur l'incident sont disponibles sur le site <https://elquintanaroo.mx/cae-basura-espacial-en-mahahual> (en espagnol).

<sup>4</sup> De plus amples informations sur la mission Colibri sont disponibles sur le site <https://colibrimission.com>.

## Myanmar

[Original : anglais]

[20 octobre 2022]

Comptant parmi les États ayant assisté au débat de haut niveau d'UNISPACE+50, les 20 et 21 juin 2018, le Myanmar a été félicité de sa participation à l'anniversaire historique de la première Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, organisé avec le soutien du Bureau des affaires spatiales. Il restera membre de la communauté spatiale internationale dans le but de renforcer l'utilisation de l'espace aux fins de la réalisation des objectifs de développement durable.

Le Gouvernement de la République de l'Union du Myanmar, pays en développement, continue d'élaborer un programme spatial visant à concrétiser le projet de lancement d'un satellite national et à prendre le contrôle des activités nationales stratégiques de communications et de diffusion. Tout en exploitant ses satellites, le Myanmar mettra l'accent sur les sciences, les technologies, le droit et les politiques spatiales pour le bien des communautés régionales et multirégionales et contribuera également à la mise en œuvre d'initiatives mondiales, telles que le Programme de développement durable à l'horizon 2030.

Le projet national de satellite étant au stade de la planification, le Myanmar n'a pas eu à gérer de problèmes en rapport avec les débris spatiaux, les sources d'énergie nucléaire ou des problèmes connexes. Le Myanmar n'a pas encore envisagé de mener des recherches sur ces questions, et il mettra l'accent sur la coopération avec la communauté et les organisations internationales afin d'assurer l'utilisation sûre et pacifique de l'espace alors que son propre système de satellites est à l'étude.

## Slovaquie

[Original : anglais]

[28 octobre 2022]

### **Observations optiques d'objets qui sont des cibles potentielles pour des missions d'enlèvement de débris et surveillance des conditions avant la rentrée dans l'atmosphère**

Le département d'astronomie et d'astrophysique de l'Université Comenius de Bratislava, qui fait partie de la faculté de mathématiques, de physique et d'informatique, observe régulièrement, à l'aide de son télescope de 0,7 m (AGO70), des objets en orbite terrestre basse qui sont des candidats potentiels pour des missions d'enlèvement de débris actifs, y compris par exemple l'adaptateur Vespa de l'Agence spatiale européenne. En outre, de vastes campagnes ont été menées pour surveiller les propriétés dynamiques et rotationnelles d'objets des mois et des semaines avant leur rentrée dans l'atmosphère, afin de prévoir plus précisément celle-ci.

### **Utilisation du réseau slovaque d'observation des météorites pour la surveillance des rentrées dans l'atmosphère**

La faculté de mathématiques, de physique et d'informatique de l'Université Comenius étudie la possibilité d'utiliser son système de caméra AMOS (Automatic Meteor Orbit System), qui sert à la détection automatique des météores, à la détermination de leur orbite et à l'extraction de leur spectre, pour effectuer des mesures relatives à la rentrée de débris spatiaux. L'Université Comenius exploite en tout 23 caméras AMOS, qu'elle a mises au point, y compris des caméras spectrales, dont 7 sont situées en République slovaque, 3 aux îles Canaries (Espagne), 4 au Chili, 3 à Hawaïi (États-Unis d'Amérique), 6 en Australie et 4 en Afrique du Sud, où le système a été récemment déployé. La détection des rentrées dans l'atmosphère permet de modéliser les trajectoires des fragments créés et d'en analyser les propriétés

spectrales, ce qui devrait conduire à une amélioration des prévisions de leur survivabilité et à une meilleure évaluation des risques pour les populations au sol.

### **Caractérisation des débris spatiaux par photométrie et spectroscopie**

La faculté de mathématiques, de physique et d'informatique de l'Université Comenius mène plusieurs études sur la classification et la caractérisation des débris spatiaux, afin de mieux comprendre d'où ils proviennent et comment ils sont créés. Le télescope AGO70 est utilisé pour acquérir les courbes de lumière qui sont ensuite utilisées pour déterminer les propriétés de réflectance ainsi que la taille et la forme des débris. Elle étudie l'application de méthodes d'apprentissage automatique pour distinguer les objets d'après leur luminosité et les classer en fonction de leur forme et des propriétés de réflectance de leur surface. À l'aide de différents filtres photométriques de type spectral, la faculté étudie les propriétés de réflectance de la surface des objets spatiaux en fonction de la longueur d'onde, qui est directement liée aux propriétés des matériaux. Les caméras spectrales AMOS permettent d'obtenir les reflets spéculaires d'objets en orbite terrestre basse ainsi que les spectres correspondants. Ces derniers fournissent des données de haute résolution concernant les propriétés surfaciques des objets comme fonction de la longueur d'onde.

## Annexe

### Mexique : universités publiques et privées engagées dans des activités et des recherches relatives aux débris spatiaux

#### Universités publiques

Projets ou observatoires affiliés au projet ISON (International Scientific Optical Network) :

ISON est un projet international qui comprend actuellement 30 télescopes dans 20 observatoires, situés dans plusieurs pays, et qui sont utilisés pour détecter, surveiller et suivre des objets dans l'espace. Le projet est présent dans 50 pays et emploie environ 200 chercheurs.

<i>Université ou centre de recherche</i>	<i>Nom de l'institut</i>	<i>Projet</i>	<i>Personne responsable</i>	<i>Description du profil</i>	<i>Observations</i>
Université autonome de Nuevo León (UANL)	Faculté des sciences physiques et mathématiques	Observatoire international de surveillance des débris spatiaux - projet ISON	Enrique Pérez León	Dans le cadre du projet ISON, l'Observatoire participe à la mise en place d'un réseau pour la surveillance des débris spatiaux, des astéroïdes et même des sursauts gamma afin d'améliorer la compréhension des conditions initiales de l'univers.	L'Observatoire a été inauguré le 7 mars 2017 et est toujours en activité. Il fait actuellement partie du programme de master en astrophysique de la faculté des sciences physiques et mathématiques, et soutient la recherche.
				<a href="http://www.milenio.com/cultura/inauguran-observatorio-uanl-monitorear-clima-espacial">www.milenio.com/cultura/inauguran-observatorio-uanl-monitorear-clima-espacial</a>	
Université autonome de Sinaloa	Centre d'astronomie	Observatoire de l'Université autonome de Sinaloa - projet ISON	Tatiana Nikolaevna Kokina Yurova	Dans le cadre du projet ISON, avec le soutien de l'Observatoire astronomique de l'Université autonome de Sinaloa, un réseau d'observation spatiale est mis en place pour surveiller les astéroïdes géocroiseurs et les débris générés par la technologie spatiale, obtenir des images et analyser les informations.	L'Observatoire a été inauguré le 3 mai 2012 et est toujours en activité. Les recherches et les analyses sont menées en collaboration avec l'Institut Keldysh de mathématiques appliquées de l'Académie des sciences de la Fédération de Russie.
				<a href="http://reserva.uas.edu.mx/index.php?p=2">http://reserva.uas.edu.mx/index.php?p=2</a> <a href="http://www.noroeste.com.mx/buen-vivir/detecta-observatorio-de-la-uas-basura-espacial-KANO451478">www.noroeste.com.mx/buen-vivir/detecta-observatorio-de-la-uas-basura-espacial-KANO451478</a> <a href="http://direcciondecomunicacion.unison.mx/presentan-monitoreo-de-basura-espacial-en-aniversario-del-area-de-astronomia-del-difus/">http://direcciondecomunicacion.unison.mx/presentan-monitoreo-de-basura-espacial-en-aniversario-del-area-de-astronomia-del-difus/</a>	

### Autres projets coopératifs

<i>Université ou centre de recherche</i>	<i>Nom de l'institut</i>	<i>Projet</i>	<i>Personne responsable</i>	<i>Description du projet</i>	<i>Observations</i>
Université nationale autonome du Mexique et Université autonome de Nuevo León	Institut d'astronomie et faculté des sciences physiques et mathématiques	Astrophysique et étude de l'espace - Observatoire astronomique national San Pedro Mártir	Eduardo Pérez Tijerina	L'Observatoire participera au programme national de tourisme scientifique en proposant des activités d'observation astronomique guidées. Il continuera par ailleurs de participer à un programme universitaire international sur la surveillance des débris spatiaux, des sursauts gamma et de la météorologie spatiale.	L'Observatoire national San Pedro Martir a été inauguré en 2020, au plus fort de la pandémie de la maladie à coronavirus (COVID-19). L'Observatoire est le laboratoire utilisé par les étudiants du programme de licence en physique qui se spécialisent en astronomie et par les étudiants du programme de master en astrophysique planétaire et technologies connexes, qui répond à la norme d'excellence du Conseil national des sciences et des technologies.
<p><a href="https://puntou.uanl.mx/noti-u/abriria-en-julio-observatorio-astronomico-universitario-uanl/">https://puntou.uanl.mx/noti-u/abriria-en-julio-observatorio-astronomico-universitario-uanl/</a>  <a href="http://www.astrossp.unam.mx/es/">www.astrossp.unam.mx/es/</a>  <a href="http://www.planeacion.unam.mx/Memoria/2014/PDF/7.2-1A.pdf">www.planeacion.unam.mx/Memoria/2014/PDF/7.2-1A.pdf</a></p>					

### Projets antérieurs

<i>Université ou centre de recherche</i>	<i>Nom de l'institut</i>	<i>Projet</i>	<i>Personne responsable</i>	<i>Description du profil</i>	<i>Observations</i>
Université nationale autonome du Mexique	Centre de technologie avancée et faculté d'ingénierie, Campus de Juriquilla, Querétaro	Stratégies de réduction des débris spatiaux	Saúl Santillán Gutiérrez	Activités de recherche et développement de stratégies visant à réduire les débris spatiaux, en abordant des questions telles que la détection des particules spatiales, le développement de modèles mathématiques de la génération de débris, les mesures et les plans de protection.	Les activités de recherche et le développement de la stratégie ont commencé en 2013 et on ne sait pas si ces activités sont toujours en cours. L'équipe de recherche était formée de chercheurs, d'étudiants diplômés et d'étudiants de premier cycle en technologie et en ingénierie.
<p><a href="http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_129.html">www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_129.html</a>  <a href="http://www.zonacentronoticias.com/2013/02/desarrollan-en-la-unam-estrategias-para-reducir-la-basura-espacial/">www.zonacentronoticias.com/2013/02/desarrollan-en-la-unam-estrategias-para-reducir-la-basura-espacial/</a>  <a href="http://www.equilibriummedicinatural.com/a-limpiar-el-espacio-sidereal/">www.equilibriummedicinatural.com/a-limpiar-el-espacio-sidereal/</a></p>					

### Projets axés sur la recherche et la vulgarisation (en cours)

<i>Université ou centre de recherche</i>	<i>Nom de l'institut</i>	<i>Projet</i>	<i>Personne responsable</i>	<i>Description du profil</i>	<i>Observations</i>
Institut national polytechnique	Collège d'ingénierie mécanique et électrique et Association aérospatiale ESIME Ticomán	Recherche générale sur les débris spatiaux et sensibilisation	N/D	L'Institut national polytechnique a fondé l'Association aérospatiale ESIME Ticomán, dont l'un des objectifs est de mener des recherches sur des sujets tels que les débris spatiaux. Tous deux publient fréquemment des articles sur la question et diffusent des informations au sein de l'Institut et à destination du grand public.	Depuis l'inauguration de l'Association, ils ont produit et diffusé des informations sur les débris spatiaux et d'autres sujets.  L'Association n'a pas actuellement de projet en tant que tel dans ce domaine, car elle est en cours d'expansion.
				<a href="http://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/stsc/2020/statements/2020-02-05-PM-Item08-04-MexicoS.pdf">www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/stsc/2020/statements/2020-02-05-PM-Item08-04-MexicoS.pdf</a> <a href="http://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/ActividadesCulturales/NocheEstrellas/BasuraEspacial.pdf">www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/ActividadesCulturales/NocheEstrellas/BasuraEspacial.pdf</a>	
Université nationale autonome du Mexique	Institut d'astronomie	Recherche générale sur les débris spatiaux et sensibilisation	N/D	Les objectifs de l'Institut d'astronomie sont, entre autres, de mener des recherches en astrophysique et de mettre au point de nouveaux instruments. L'Institut mène également des activités de vulgarisation et diffuse des informations relatives à l'astronomie et à la science en général, notamment sur le thème des débris spatiaux (voir les liens ci-dessous).	L'Institut a mené des recherches sur l'espace depuis sa création, contribuant à la vulgarisation scientifique par le biais de la revue d'éducation scientifique de l'Université nationale autonome du Mexique <i>¿Cómo ves? - Revista de Divulgación de la Ciencia</i> .  Son objectif est de fournir une formation de haute qualité aux niveaux de la licence, du master et du doctorat.
				<a href="http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/170/basura-espacial">www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/170/basura-espacial</a> <a href="http://www.comoves.unam.mx/numeros/retos/261">www.comoves.unam.mx/numeros/retos/261</a>	

## Universités privées

<i>Université ou centre de recherche</i>	<i>Nom de l'institut</i>	<i>Projet</i>	<i>Personne responsable</i>	<i>Description du profil</i>	<i>Observations</i>
Université panaméricaine	Faculté d'ingénierie des campus d'Aguascalientes et de Mexico	Projet Mission Colibri (nanosatellite/ CubeSat Pakal)	Dirigé par le groupe d'étudiants mentionné dans les observations (voir le deuxième lien pour des informations sur les responsables de chaque domaine du projet)	Le projet de nanosatellite/ CubeSat Pakal sera capable d'obtenir des mesures de la densité atmosphérique en orbite terrestre basse afin d'étudier les phénomènes atmosphériques et de contribuer globalement à la résolution du problème des débris spatiaux.	<p>La Mission Colibri a été lancée en 2018 et est toujours en cours de développement.</p> <p>Le projet est mené avec la participation de plus de 50 étudiants de l'Université panaméricaine issus de différents domaines d'études et en collaboration avec le Space Propulsion Laboratory de l'Institut de technologie du Massachusetts, grâce auquel il a été intégré au programme d'initiatives internationales en matière de science et de technologie (MISTI).</p>

[www.sinembargo.mx/04-07-2021/3994408](http://www.sinembargo.mx/04-07-2021/3994408)

[www.colibrimission.com/](http://www.colibrimission.com/)