



# Assemblée générale

Distr. générale  
3 novembre 2021  
Français  
Original : anglais

**Comité des utilisations pacifiques  
de l'espace extra-atmosphérique**  
**Sous-Comité scientifique et technique**  
**Cinquante-neuvième session**  
Vienne, 7-18 février 2022  
Point 8 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 cinquante-huitième session, le Sous-Comité scientifique et technique du 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 nucléaires, 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/AC.105/1240, par. 109). À cette fin, une communication datée du 11 août 2021 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 11 novembre 2021, de sorte que les informations puissent être communiquées au Sous-Comité à sa cinquante-neuvième session.

2. Le présent document a été établi par le Secrétariat à partir des informations reçues de cinq États Membres, à savoir l'Allemagne, l'Autriche, le Brésil, l'Inde et le Japon, ainsi que de l'Agence internationale de l'énergie atomique et de CANEUS International. Les informations complémentaires fournies par le Japon et CANEUS International, y compris les chiffres relatifs aux débris spatiaux, seront mis à disposition sous la forme d'un document de séance à la cinquante-neuvième session du Sous-Comité.

\* A/AC.105/C.1/L.392.



## II. Réponses reçues d'États Membres

### Autriche

[Original : anglais]  
[27 octobre 2021]

La station de télémétrie laser sur satellite (SLR) de l'Institut de recherche spatiale de l'Académie autrichienne des sciences est l'une des stations pionnières en matière de suivi des débris spatiaux. L'utilisation d'un laser de 16 W permet de détecter la réflexion diffuse de satellites ou de corps de fusée défectueux et de calculer la distance avec une précision de 1 m environ. Lors des sessions de télémétrie laser bi- ou multistatique des débris spatiaux, la station SLR de Graz tire activement le laser sur les débris spatiaux et une ou plusieurs stations SLR (passives) d'Europe détectent les photons réfléchis. Ces mesures peuvent encore améliorer les prévisions d'orbite. Lors d'expériences de « fixation et poursuite », des objets spatiaux dont l'orbite est inconnue peuvent être détectés visuellement, une orbite calculée à partir des directions de pointage et la distance de l'objet mesurée lors du même passage. Parallèlement à la télémétrie laser des débris spatiaux, on enregistre les courbes de lumière de photons uniques créées par la lumière solaire que réfléchissent les débris. Les données de télémétrie laser et de courbe de lumière des débris spatiaux permettent de tirer d'importantes conclusions quant à l'axe et à la période de rotation. En 2020, la station SLR de Graz a été la première station à mesurer avec succès l'orbite de débris spatiaux en plein jour en visualisant les objets sur le fond bleu du ciel.

### Brésil

[Original : anglais]  
[18 octobre 2021]

Le 16 août 2021, le Brésil a été accepté en tant qu'observateur au sein du Comité de coordination inter-agences sur les débris spatiaux (IADC), forum dans lequel les membres échangent des informations sur les activités de recherche sur les débris spatiaux, facilitent les possibilités de coopération aux fins de cette recherche, font le point des progrès des activités de coopération en cours et déterminent les options de réduction des débris. Le pays a eu la possibilité de participer régulièrement, sur une période de deux ans, aux réunions organisées par deux groupes de travail de l'IADC (groupe de travail 2, sur l'environnement et la base de données, et groupe de travail 4, sur la réduction des débris). Toutefois, l'Agence spatiale brésilienne n'a pas encore soumis de liste des noms des scientifiques/experts du pays désignés pour participer à ces groupes de travail, et reste non membre de l'IADC. L'Agence peut encore transmettre cette liste pour garantir la participation de ces experts à la prochaine réunion plénière de l'IADC, qui doit se tenir du 6 au 10 juin 2022 en République de Corée.

### Allemagne

[Original : anglais]  
[28 octobre 2021]

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, depuis peu, à celles de 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.

Récemment, l'Agence spatiale allemande a lancé, au Centre aérospatial allemand (DLR), une initiative destinée à 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 lancé une enquête sur le fonctionnement des missions spatiales dans les universités allemandes. Les premiers résultats de l'enquête sont attendus pour la fin de 2021.

## 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'énergie, 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. 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.

Il a été recensé plusieurs moyens d'accroître les performances des mesures radar de surveillance au sol des débris spatiaux. L'un consiste à utiliser 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.

Un réseau de télescopes optiques appelé « Small-Aperture Robotic Telescope Network » (SMARTnet) se compose actuellement de cinq stations de télescopes. Ces stations sont situées en Suisse, aux États-Unis, en Espagne, en Afrique du Sud et en Australie, le DLR exploitant celles d'Afrique du Sud et d'Australie. Le réseau est organisé par le DLR en étroite collaboration avec l'Institut astronomique de l'Université de Berne. Les stations se composent de plusieurs télescopes d'ouvertures allant de 14 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. 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. Le 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. Parmi les sujets de recherche en cours figurent la comparaison de la précision de différents propagateurs d'orbite tels que les propagateurs numériques et semi-numériques, ainsi que le calcul, à partir de la base de données, de la planification optimale à assurer pour que les capteurs conservent de tous les objets une précision spécifiée.

Un autre projet, à l'Université technique de Braunschweig, évaluera les champs fonctionnels de base d'un système de connaissance de la situation spatiale. L'objectif principal du projet est de comprendre l'adéquation de certaines méthodes de détermination de l'orbite. À cette fin, il est établi des critères de qualité pour le catalogue de données orbitales. La qualité du catalogue généré sera déterminée en procédant à de nombreuses simulations.

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. 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. En général, le télescope sert de plateforme 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 de longueurs d'onde laser sans danger pour les yeux.

Un système de télémétrie laser par satellite très compact et fonctionnant automatiquement a été mis au point par le DLR. Il permet d'obtenir des données de position d'une précision de quelques centimètres à partir de satellites équipés de rétroreflecteurs. Ces données ont de nombreuses applications dans les domaines de la géodésie, de l'observation de la Terre, de l'exploitation des satellites ou de la surveillance de ceux mis hors service. Un composant en orbite correspondant, basé sur un rétroreflecteur céramique athermique, a été développé et peut être utilisé par les opérateurs de satellites comme solution pour la surveillance du trafic spatial par laser.

Dans le domaine des particules de débris de très petite taille, l'Institut FhG-EMI étudie actuellement un concept de détecteur d'impact intégré à faibles ressources pour

l'Agence spatiale européenne (ESA). Ce détecteur *in situ* est conçu pour recueillir en orbite des données sur les débris spatiaux de moins de 0,1 mm, c'est-à-dire des particules qui peuvent, par leur impact, avoir des effets importants sur les systèmes spatiaux mais sont difficiles à observer depuis le sol.

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

L'objectif principal d'un projet de l'Université technique de Braunschweig était de contribuer à la définition d'un système d'évaluation pour une utilisation durable de l'environnement spatial en tenant compte de l'augmentation des probabilités de collision sur les orbites terrestres basses. Ces recherches revêtent une importance particulière à l'heure actuelle, les politiques de réduction existantes n'étant pas spécialement conçues pour gérer le nombre extraordinairement élevé d'objets attendu avec l'introduction de mégaconstellations.

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'ESA, 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 grande vitesse à l'Institut FhG-EMI. Un exemple en est le projet DEM-O, que soutient actuellement l'Agence spatiale allemande. Le projet démontre la pertinence d'utiliser la méthode des éléments discrets pour simuler un impact à haute vitesse. En utilisant des modèles basés sur les particules, on peut simuler avec précision des scénarios d'impact à haute vitesse, 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. On s'emploie actuellement 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 dix 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.

L'une des principales lacunes des outils de simulation de rentrée actuellement utilisés réside dans le fait qu'ils négligent la fragmentation thermomécanique, c'est-à-dire la rupture des objets en rentrée avant que les conditions de fusion ne soient atteintes dans les joints structurels. Une activité de recherche récente a abordé ce sujet dans le cadre d'une coopération académique et industrielle entre l'Institut des systèmes spatiaux de l'Université de Stuttgart et Hypersonic Technology Göttingen GmbH (HTG). Un nouveau modèle de fragmentation thermomécanique pour les outils d'analyse de rentrée a été développé et mis en œuvre par HTG. L'Institut des systèmes spatiaux a inventé une toute nouvelle configuration pour réaliser des essais en soufflerie à plasma avec des charges mécaniques supplémentaires contrôlées. Ces nouvelles expériences ont été analysées en utilisant les récentes possibilités de

diagnostic de l'Institut (photogrammétrie, spectroscopie échelle) pour donner un aperçu des phénomènes de rupture qui se produisent lorsque interviennent des charges thermomécaniques. La nouvelle méthode basée sur des éléments finis développée par HTG peut ouvrir la voie à une analyse thermomécanique globale à utiliser dans les codes d'analyse de rentrée. Les résultats des scénarios d'essai montrent que la forte interaction entre les charges mécaniques et thermiques doit être prise en compte pour obtenir des simulations de rentrée fiables.

Une autre activité de recherche menée à l'Université technique de Braunschweig porte sur l'étude de la capacité de jugement scientifique d'une analyse initiale d'événements de fragmentation en orbite terrestre peu après leur détection. Le nombre d'objets libérés d'une classe de taille donnée et la répartition des particules de débris sur d'autres orbites revêtent une importance particulière. Cela accroît le risque de collision pour les objets actifs dans les régions orbitales correspondantes, de sorte qu'il est intéressant d'évaluer les risques et leur évolution temporelle, c'est-à-dire la durée de vie des particules de fragmentation. Le but du projet est de développer une méthodologie qui permette d'analyser scientifiquement un nouvel événement de fragmentation immédiatement après qu'il est connu et d'évaluer les risques associés.

## Inde

[Original : anglais]

[31 octobre 2021]

L'Organisation indienne de recherche spatiale (ISRO) a lancé des projets de création d'installations d'observation pour le suivi et la surveillance des objets spatiaux. Un radar et un télescope optique seront mis en place dans le cadre du réseau NETRA (Network for Space Object Tracking and Analysis) pour le suivi des objets en orbite terrestre basse et des objets en orbite terrestre géosynchrone, respectivement. Les installations existantes, comme les radars de poursuite multi-objets de Sriharikota et les télescopes prévus dans le cadre de l'initiative de photométrie par satellite, télémétrie laser et communication optique, seront également utilisées pour la surveillance des débris spatiaux en orbite terrestre basse et en orbite terrestre géosynchrone, respectivement.

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 des rentrées du Comité de coordination inter-agences sur les débris spatiaux. 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.

Un centre de contrôle a été créé dans le cadre du projet NETRA pour le traitement des observations provenant de diverses installations en vue de la création d'un catalogue national de débris spatiaux. Ce centre devrait accueillir des installations dédiées à la recherche sur les débris spatiaux.

À l'heure actuelle, l'ISRO n'a 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 prochaine mission, l'ISRO veillerait aux questions de sécurité et se conformerait aux directives internationalement reconnues.

## Japon

[Original : anglais]  
[29 octobre 2021]

### Généralités

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

En 2019 et 2020, la JAXA a mené, en ce qui concernait les débris, les activités suivantes :

- a) Résultats de l'évaluation des conjonctions et recherche sur les technologies de base utilisables pour la connaissance de l'environnement spatial ;
- b) Recherche sur les techniques permettant d'observer des objets en orbite terrestre basse et en orbite géosynchrone et d'en déterminer l'orbite ;
- c) Système de mesure de microdébris *in situ* ;
- d) Développement d'un réservoir de propergol composite ;
- e) Retrait actif de débris.

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

### État d'avancement

#### Résultats de l'évaluation des conjonctions et recherche sur les technologies de base utilisables pour la connaissance de l'environnement spatial

La JAXA est régulièrement informée des conjonctions par le Combined Space Operations Center (CSpOC). En 2020, elle a exécuté deux manœuvres d'évitement de débris pour des engins spatiaux en orbite basse. Le nombre de manœuvres d'évitement de débris a diminué par rapport à celui de 2019, depuis que le CSpOC a introduit de nouveaux critères d'identification des événements à haut risque. En tant qu'opérateur de satellites, la JAXA a reconnu 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 utilisables pour la connaissance de l'environnement spatial*

Le système actuel d'analyse utilisé au Centre spatial de la JAXA à Tsukuba détermine l'orbite d'objets spatiaux au moyen d'un capteur radar situé au Centre de veille spatiale de Kamisaibara et de capteurs optiques situés au Centre de veille de Bisei. Il prédit les rapprochements en utilisant les dernières éphémérides des satellites de la JAXA et calcule les probabilités de collision.

Actuellement, un nouveau radar en cours de développement au Centre de veille spatiale de Kamisaibara peut repérer des débris spatiaux plus petits que ne le faisait l'ancien radar. En particulier, le nouveau radar couvrira des altitudes de l'ordre de 500 à 800 km, auxquelles gravitent la plupart des satellites en orbite terrestre basse de la JAXA. La JAXA remet également en état ses télescopes de 1 et de 0,5 m afin de maintenir leurs capacités actuelles d'observation d'objets en orbite terrestre géosynchrone. En outre, la JAXA développe un nouveau système d'analyse qui sera capable de traiter plus de données que le système actuel et pourra fonctionner autant que possible de manière automatisée.

Notez que l'ancien radar du Centre de veille spatiale de Kamisaibara a été mis à l'arrêt en août 2020 en préparation du nouveau radar. Le nouveau système de connaissance de la situation spatiale, y compris le nouveau radar du Centre de veille spatiale de Kamisaibara, sera disponible en 2023.



La JAXA a également mis au point des outils qui aident à planifier les manœuvres d'évitement de débris lorsque l'Agence reçoit un message de données de conjonction du CSpOC. Sur la base de l'expérience acquise, toutes les procédures relatives aux manœuvres d'évitement de débris ont été simplifiées et la charge de travail réduite. En mars dernier, la JAXA a mis gratuitement à la disposition de tous les opérateurs de satellites un outil d'aide à l'évitement des risques appelé RABBIT.

### **Recherche sur les techniques permettant d'observer des objets en orbite terrestre basse et en orbite géosynchrone et d'en déterminer l'orbite**

En général, l'observation des objets en orbite terrestre basse s'effectue principalement au moyen d'un système radar, mais la JAXA s'efforce de développer un système optique pour réduire les coûts de construction et d'exploitation. Il a été mis au point un grand capteur CMOS (complementary metal-oxide semiconductor) pour l'observation de l'orbite terrestre basse. L'analyse des données de ce capteur à l'aide de technologies de traitement d'images basées sur des réseaux de portes programmables sur le terrain permet de détecter des objets en orbite terrestre basse mesurant 10 cm ou moins. Afin d'accroître les possibilités d'observation d'objets en orbite terrestre basse et en orbite géosynchrone, un site de téléobservation a été créé en Australie en plus de l'observatoire du mont Nyukasa au Japon. Un télescope de 25 cm et quatre de 18 cm sont disponibles pour divers objectifs. Un autre site de téléobservation sera créé en Australie occidentale, ce qui permettra d'effectuer des déterminations orbitales précises et des estimations d'altitude d'objets en orbite terrestre basse en utilisant les données des deux sites australiens.

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

Le dispositif de surveillance des débris spatiaux consiste en un capteur de microdébris *in situ* qui se concentre sur les débris d'une taille allant du micron au millimètre en orbite à moins de 1 000 km. Un vol a récemment été effectué par le véhicule de transfert H-II Kounotori-5 (HTV-5). Les informations basées sur des mesures réelles de ces petits débris sont essentielles pour bien comprendre la quantité de petits débris qui gravitent près de la Terre, débris qui deviennent l'un des principaux facteurs de risque en orbite.

Le dispositif de surveillance des débris spatiaux se caractérise par son système de détection simple qui ne nécessite aucun étalonnage spécial avant le vol et la possibilité 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 des débris est constituée d'un film polyimide très fin formé de milliers de lignes de grille conductrices de 50 µm de large, capables de détecter le diamètre de débris de 100 µm à quelques millimètres avec lesquels elle est entrée en collision.

La JAXA collabore avec le Bureau du programme des débris orbitaux de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) pour développer un nouveau système de mesure *in situ* de microdébris qui aide à comprendre le nombre de petits débris qui gravitent à moins de 1 000 km.

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

Un réservoir d'ergol est généralement constitué d'un alliage de titane, matériau supérieur en raison de sa légèreté et de sa bonne compatibilité chimique avec les ergols. Cependant, il présente un point de fusion tellement élevé qu'il ne pourra pas se désintégrer lors de sa rentrée dans l'atmosphère, risquant de provoquer des accidents au sol.

Pendant plusieurs années, la JAXA a mené des recherches afin de mettre au point une cuve recouverte d'aluminium, en composite de carbone, présentant un point de fusion inférieur. Dans le cadre d'une étude de faisabilité, elle a effectué des essais de base, y compris un essai visant à déterminer si le revêtement en aluminium était compatible avec l'hydrazine de l'ergol, ainsi qu'un essai de chauffage par arc.



Après la fabrication et les essais d'un modèle technique du réservoir EM-1, de taille réduite, la JAXA en a fabriqué un second (EM-2) en grandeur nature. L'EM-2 a une forme identique à celle du réservoir nominal, qui comprend un dispositif de gestion de l'ergol. Des essais de timbrage, de vibration (dans des conditions humides et sèches), d'étanchéité, de cyclage et de rupture sous pression ont été effectués, tous concluants. Il a ensuite été effectué la revue critique de conception.

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

### **Retrait actif de 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 principales techniques de retrait actif de débris suit trois grands axes : l'approche d'objets non coopératifs, la technologie de capture de ces objets et les techniques de désorbitation de débris spatiaux volumineux intacts. La JAXA coopère avec des entreprises privées japonaises pour procéder à l'enlèvement actif de débris pour un faible coût sur une base commerciale et s'efforce de fournir cette technologie essentielle.

La JAXA dirige également le programme de démonstration d'enlèvement commercial de débris (CRD2). Le programme se déroule en deux phases et vise à réaliser le premier enlèvement actif de débris au monde en partenariat avec des entreprises privées. La première phase, qui comprend 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, devrait se dérouler pendant l'exercice 2022. La seconde phase, qui comprend la démonstration d'un retrait actif de débris et la rentrée du deuxième étage du lanceur H-IIA, est prévue après l'exercice 2025. Astroscale Japan Inc. a été sélectionnée comme entreprise partenaire de la première phase dans le cadre d'un appel d'offres en février 2020.

## **III. Réponses reçues d'organisations internationales**

### **Agence internationale de l'énergie atomique**

[Original : anglais]  
[1<sup>er</sup> novembre 2021]

L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) fournit un appui au Groupe de travail du Sous-Comité scientifique et technique sur l'utilisation de sources d'énergie nucléaires dans l'espace afin de faciliter l'application du Cadre de sûreté pour les applications de sources d'énergie nucléaires dans l'espace, élaboré conjointement par l'AIEA et le Groupe de travail.

Dans l'éventualité d'une collision avec un engin spatial équipé d'une source d'énergie nucléaire, qui pourrait potentiellement entraîner la rentrée dans l'atmosphère terrestre de ces sources d'énergie, l'AIEA dispose d'un programme actif de préparation et de conduite des interventions en cas d'urgence nucléaire et radiologique.

L'AIEA assure la gestion du cadre international de préparation et de conduite des interventions d'urgence, qui facilite le développement et le maintien des moyens et dispositifs de préparation et de conduite des interventions en cas d'urgence nucléaire et radiologique, et qui repose sur des instruments juridiques internationaux.

Par l'entremise du Comité interorganisations d'intervention à la suite d'accidents nucléaires et radiologiques, l'AIEA et le Bureau des affaires spatiales tiennent à jour, avec d'autres organisations, le Plan de gestion des situations d'urgence

radiologique commun aux organisations internationales, qui prévoit un mécanisme de coordination et précise le rôle et les moyens des organisations internationales participantes. Le Plan de gestion présente une interprétation commune des mesures que chaque organisation doit mettre en œuvre en cas d'intervention et pour se préparer à une situation d'urgence nucléaire ou radiologique.

## CANEUS International

[Original : anglais]  
[29 octobre 2021]

### Généralités

CANEUS propose au Sous-Comité scientifique et technique de lancer des études de système pour traiter le problème de l'incidence des constellations de satellites en orbite terrestre basse sur les tâches traditionnelles menées tant dans l'espace que depuis l'espace (dans le cadre du mandat du Comité).

Sur la base des résultats de ces études, qu'il serait souhaitable de mener, les principales puissances spatiales pourraient, au niveau national, se voir proposer des mesures réelles propres à éliminer ou atténuer les effets des interférences physiques et énergétiques créées par les mégaconstellations sur les systèmes spatiaux traditionnels.

À court terme, ce type de mesures pourrait s'accompagner d'un certain nombre d'actions de la part des opérateurs de micro, nano et pico satellites de constellations qui gravitent en orbite basse : assombrissement de la surface des satellites, protection contre le soleil et refus d'utiliser des matériaux réfléchissants non rigides sur les parties des petits satellites qui font face au nadir pour réduire l'éblouissement ; modification de l'orientation du petit vaisseau spatial afin d'éviter la projection de la lumière réfléchi par l'équipement embarqué, tout en assurant la disponibilité générale des éphémérides avec la plus grande précision possible.

À long terme, au sein des instituts et des groupes de travail du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, des mesures supplémentaires pourraient être conçues et proposées pour éliminer ou atténuer les effets des interférences physiques et énergétiques créées par les mégaconstellations sur les systèmes spatiaux traditionnels, ainsi que pour réduire les risques de collision en orbite et la formation de débris spatiaux.

#### *Mesures d'atténuation à court terme*

1. Pour les opérateurs de satellites :
  - a) Assombrissement de la surface ;
  - b) Protection contre le soleil ;
  - c) Ajustement de l'attitude pour éviter que de la lumière ne se projette sur d'importants sites d'observation au sol ;
  - d) Contrôle de la commande des satellites dans le respect des contraintes de puissance pour assurer une réflectance efficace et une prédiction maximale des surfaces spéculaires qui font face au nadir en direction d'observatoires au sol.
2. Pour les observatoires :
  - a) Post-traitement des images pour détecter, modéliser, soustraire et masquer les pixels associés à la trace de satellites ;
  - b) Tenue d'éphémérides précises de suites entières de constellations et, pour les installations où cela peut être pratique, fermeture des obturateurs des télescopes au sol pendant les secondes qui entourent le passage prévu des satellites ;

- c) Évitement du pointage lorsque cela est possible.

### Généralités

Ces dernières années, plusieurs constellations de satellites en orbite terrestre basse ont été activement créées et déployées, principalement par des sociétés privées et publiques des États-Unis, de Grande-Bretagne, du Canada, de Chine et d'autres pays.

Comme exemples spécifiques, on peut citer les constellations les plus connues de petits satellites commerciaux utilisés pour les communications à large bande et l'Internet spatial (Starlink et OneWeb), la télédétection terrestre (Flock), l'Internet des objets (SpaceBEE) et les systèmes d'identification automatique des véhicules (Lemur-2).

Les entreprises mettent en orbite des satellites à une fréquence sans précédent pour construire des « mégaconstellations » de satellites de communication en orbite terrestre basse. Selon certaines estimations, plus de 100 000 satellites pourraient graviter autour de la planète d'ici à 2030.

De manière générale, la situation actuelle des orbites proches de la Terre, en termes de « densité de population », a été caractérisée dans un article récent d'Aaron C. Boley et Michael Byers paru dans les rapports scientifiques en ligne de *Nature*. Leurs conclusions révèlent que le nombre de satellites actifs et défunts en orbite terrestre basse a augmenté de plus de 50 %, pour atteindre environ 5 000, en deux ans (au 30 mars 2021).

À elle seule, SpaceX est en passe d'ajouter 11 000 satellites supplémentaires dans le cadre de la construction de sa mégaconstellation Starlink, et a déjà demandé des licences pour 30 000 autres auprès de la Commission fédérale des communications (FCC). D'autres ont des projets similaires, notamment l'entreprise publique chinoise Guowang avec 13 000 satellites, OneWeb (6 372), Amazon (3 236) et Telesat (réseau Lightspeed : 298). Le système actuel de gouvernance (contrôle) de l'orbite terrestre basse, bien qu'il évolue lentement, est mal équipé pour gérer les systèmes spatiaux multisatellites.

En peu de temps, le processus ne fera que s'amplifier. Ainsi, comme des champignons après la pluie, les constellations orbitales susmentionnées pour l'Internet à large bande, l'Internet des objets, la télédétection terrestre et les systèmes d'identification automatique ont déjà fait leur apparition ces deux dernières années.

Selon une présentation faite par le Canada à la cinquante-huitième session du Sous-Comité scientifique et technique sur les mesures photométriques spatiales de la constellation orbitale Starlink recueillies dans le cadre de la mission NEOSat de surveillance des objets géocroiseurs, on prévoit que dans les dix prochaines années, jusqu'à 10 000 petits satellites (c'est-à-dire des micro-, nano-, pico- et femto-satellites) seront en orbite.

### Principales questions

L'émergence de nouvelles menaces et de nouveaux risques directement ou indirectement liés au problème des débris spatiaux s'inscrit dans deux dimensions distinctes.

La première est l'interférence énergétique (informationnelle) des constellations de satellites en orbite basse avec les activités spatiales de routine (quotidiennes), associée au fonctionnement des systèmes satellitaires qui assurent la stabilité stratégique et la sécurité internationale.

Il s'agit tout d'abord des systèmes nationaux (États-Unis, Chine, Russie) et internationaux (Union européenne) de communication et de relais de données à large bande en orbite haute, des composantes informationnelles des systèmes d'alerte et de défense antimissile, ainsi que du contrôle de l'espace circumterrestre, des systèmes

de renseignement stratégique à basse altitude (contrôle du respect des traités) et des communications spéciales des services militaires et paramilitaires.

Les interférences avec les observations astronomiques effectuées depuis la Terre sont directement liées aux alertes d'attaque de missiles, à la défense antimissile et aux systèmes de contrôle de l'espace, puisque les installations optiques au sol contribuent à l'exécution des tâches de défense.

Il est donc impossible d'exclure les interférences radio créées par le fonctionnement ininterrompu des communications militaires et civiles par satellite dans les gammes de fréquences Ka, Ku (à partir de 22 GHz) et V (60 GHz). En outre, une menace globale et mal contrôlée pour la sécurité physique et celle de l'information dans le secteur spatial tient à toutes les constellations de satellites susmentionnées, sans se limiter aux télécommunications.

La deuxième dimension est la menace d'une croissance en cascade de la population des débris spatiaux associée à l'intensification observée de l'utilisation de petits (micro) et ultra-petits (nano, pico et femto) satellites dans le contexte de l'utilisation d'un contrôle automatisé de ceux-ci basé sur les micro/nanotechnologies et l'intelligence artificielle.

Les accrochages potentiellement dangereux de ces petits engins spatiaux dans le cadre de constellations « en essaim » à des distances critiques et la menace d'éventuelles collisions résultant de pertes ou d'erreurs de contrôle obligeront (et ont déjà obligé) les exploitants de grands objets spatiaux en orbite basse (tels que des satellites de reconnaissance stratégique uniques et coûteux ou la station spatiale internationale) à recourir à de fréquentes manœuvres défensives, avec toutes les conséquences qui en découlent, notamment l'interruption de l'exécution des tâches assignées ou la consommation des ressources énergétiques de la mission.

### **Activités connexes**

À la cinquante-huitième session du Sous-Comité scientifique et technique, quelques délégations ont exprimé leur vive préoccupation face au déploiement de vastes constellations et de mégaconstellations de satellites et à ses conséquences, et ont, à cet égard, estimé que le Sous-Comité devrait traiter cette question à titre prioritaire en vue de réduire la création de débris spatiaux ([A/AC.105/1240](#), par. 98).

Vu que le problème des débris spatiaux est examiné par le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique depuis de nombreuses années, y compris les tentatives de régulation du niveau des débris en orbite proche de la Terre par des mesures spéciales prises aux niveaux national et international, il ne semble pas devoir être constructif d'introduire des normes indicatives et de créer des institutions spécialisées des Nations Unies pour résoudre le problème des interférences et des menaces à long terme pour les activités spatiales quotidiennes résultant de l'émergence de constellations de satellites en orbite basse.

### **Suggestions de modifications**

On pourrait, dans le mandat traditionnel actuel correspondant au point 8 de l'ordre du jour du Sous-Comité (conformément à la résolution [75/92](#) de l'Assemblée générale), relatif à l'étude du problème des débris spatiaux, de la sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaires et des problèmes liés à leur collision avec des objets d'origine artificielle, en particulier, remplacer l'expression « équipés de sources d'énergie nucléaires » par l'expression « constellations de satellites en orbite basse » ou ajouter cette dernière au mandat.

### **Justification des modifications proposées**

Premièrement, il n'a pas été lancé d'objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaires, du moins ces deux dernières années. L'exception concernait les sources d'énergie à base de radio-isotopes utilisées pour les missions spatiales de longue durée (généralement interplanétaires).

À court terme, ces objets ne représentent pas une menace aussi évidente que les constellations de satellites en orbite basse, ni du point de vue des collisions en orbite, ni de celui des conséquences de ces collisions sur l'écologie de la Terre et de l'espace.

Deuxièmement, le problème de l'incidence des constellations de satellites en orbite basse, tant sur l'efficacité des observations astronomiques que sur les divers aspects des activités spatiales de routine, y compris le maintien de la stabilité stratégique et de la sécurité internationale, n'a pas été posé par le Sous-Comité.

Des études récentes sur le premier volet ont été menées aux États-Unis par l'American Astronautical Society avec le soutien de la National Science Foundation (ateliers SATCON1 et SATCON2, tenus en juillet 2020 et juillet 2021) afin de réduire les effets négatifs des constellations de satellites sur l'astronomie et le ciel nocturne ; cependant, le second volet a été ignoré par les analystes dans leurs recherches.

Si des mesures spécifiques ont été proposées pour guider à la fois les observatoires et les opérateurs de satellites aujourd'hui et à l'avenir (lorsque la communauté internationale parviendra à une compréhension plus détaillée des effets des constellations de satellites en orbite basse sur les observations astronomiques et des moyens d'atténuer ces effets), dans le cas de l'incidence des constellations de satellites en orbite basse sur les activités spatiales stabilisatrices (communications mondiales, relais, reconnaissance depuis l'espace, échelons spatiaux des systèmes de défense antimissile et d'alerte précoce, et connaissance du domaine spatial), il n'a pas été ouvertement envisagé de telles mesures. En outre, l'utilisation dominante de certaines régions orbitales par un petit nombre de pays pourrait également entraîner une exclusion de facto d'autres acteurs de ces régions, ce qui constituerait une violation 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.

### **Propositions de recommandations**

Tous les problèmes et défis mentionnés ci-dessus pourraient être examinés et traités de manière coordonnée par le biais d'une législation multilatérale unique, que ce soit au sein du système des Nations Unies, du Comité de coordination inter-agences sur les débris spatiaux (IADC) ou d'un processus *ad hoc*, plutôt que de manière non coordonnée par le biais de différentes lois nationales.

Cependant, il n'existe aucune règle internationale contraignante pour les autres aspects des mégaconstellations. En 2007, l'IADC, qui représente actuellement 13 agences spatiales, a indiqué que la rentrée directe à la fin de la vie opérationnelle d'un satellite était préférable, mais n'a recommandé de désorbiter les satellites que dans un délai de 25 ans. Il s'agit là d'une ligne directrice inacceptable pour des mégaconstellations composées de milliers de satellites ayant de courtes périodes d'exploitation. Elle néglige également le problème du placement, les satellites situés à des altitudes plus élevées présentant des probabilités de collision relativement élevées lorsque les délais de désorbitation sont trop longs.

Quel que soit le cadre législatif, les mégaconstellations exigent que l'on change de perspectives et de politique : il faut passer de l'examen de satellites uniques à l'évaluation de systèmes de milliers de satellites, cela en tenant compte des limites de l'environnement terrestre, y compris ses orbites.

Ainsi, compte tenu de ce qui précède, CANEUS propose au Sous-Comité de lancer des études de système sur les problèmes résolubles que pose l'incidence des constellations de satellites en orbite basse sur les activités traditionnelles menées dans l'espace et depuis l'espace.