



Assemblée générale

Distr. générale
25 octobre 2023
Français
Original : anglais

**Comité des utilisations pacifiques
de l'espace extra-atmosphérique**
Sous-Comité scientifique et technique
Soixante et unième session
Vienne, 29 janvier-9 février 2024
Point 6 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 soixantième session, le Sous-Comité scientifique et technique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique est convenu qu'il faudrait continuer à inviter les États Membres et les organisations internationales dotées du statut d'observateur permanent auprès du Comité à soumettre des rapports sur les recherches menées 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/AC.105/1279, par. 99). À cette fin, une communication datée du 16 août 2023 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 20 octobre 2023, de sorte que les informations qu'ils contiennent puissent être communiquées au Sous-Comité à sa soixante et unième session.

2. Le présent document a été établi par le Secrétariat à partir des informations reçues de sept États Membres, à savoir l'Algérie, l'Allemagne, l'Autriche, les Émirats arabes unis, le Japon, 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 soixante et unième session du Sous-Comité.

* A/AC.105/C.1/L.412.



II. Réponses reçues d'États Membres

Algérie

[Original : français]
[18 octobre 2023]

L'Algérie qui accorde une importance particulière à ces préoccupations, salue les efforts déployés par le Bureau des Affaires Spatiales des Nations Unies visant à promouvoir la collaboration internationale et à encourager les progrès dans ce domaine et réitère son soutien à la communauté internationale pour la réduction des débris spatiaux et la préservation de l'environnement orbital et suborbital.

En matière de sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergies nucléaires, l'Algérie qui participe activement aux travaux du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (COPUOS) et ses deux organes subsidiaires, souscrit favorablement aux objectifs du plan quinquennal fixé par le groupe de travail sur l'utilisation des sources de l'énergie nucléaire dans l'espace extra-atmosphérique, entériné à la 66^e session du Comité.

Notre pays juge nécessaire que les États prêtent davantage attention aux éventuelles conséquences de l'utilisation de telles sources d'énergies dans l'espace extra-atmosphérique, qui viendraient compromettre toute forme de viabilité à long terme des activités spatiales et de 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 ».

Allemagne

[Original : anglais]
[20 octobre 2023]

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.

Le dialogue avec l'initiative des universités allemandes relative aux petits satellites et avec d'autres parties prenantes nationales et européennes (dont il a été question dans la contribution de l'année précédente) se poursuit. Ce dialogue a pour but de maintenir un niveau élevé de durabilité des activités spatiales dans les universités et les petites et moyennes entreprises, ces activités connaissant une croissance rapide, et de faciliter le partage des connaissances et des meilleures pratiques. 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 pris part à des conférences.

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. Il est actuellement employé pour des activités plus poussées d'essai et de vérification. 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.

Une base de données centrale a été mise en place par le GSSAC, qui l'héberge et l'exploite 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. L'élaboration d'un catalogue européen précurseur fondé sur cette base de données est en cours.

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 premier récepteur radar conçu pour un tel réseau de systèmes radar est en cours de développement.

Un réseau international de télescopes optiques appelé « Small-Aperture Robotic Telescope Network » (SMARTnet) est entré en service en 2017. Il se compose actuellement de six sites qui comprennent, au total, 12 télescopes. Ces stations se trouvent en Suisse, en Espagne, en Slovénie, en Afrique du Sud et en Australie, le Centre aérospatial allemand (DLR) exploitant celles d'Afrique du Sud et d'Australie. Une troisième station DLR devrait être installée au Chili en janvier 2024. Le réseau est organisé par le DLR en étroite collaboration avec l'Institut astronomique de l'Université de Berne, et est ouvert au public. Ce réseau observe la région géostationnaire et les orbites connexes au moyen de télescopes d'ouvertures allant de 20 à 80 cm, de manière à 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.

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 (mesures radar, optiques et de télémétrie laser par satellite), 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. Les différentes données d'entrée peuvent 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.

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, où il est entré en service en 2023. 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. Outre la mise en œuvre des technologies optiques laser actives, l'analyse spectrale optique passive des objets orbitaux sera réalisée. L'observatoire procédera à des mesures dynamiques en haute résolution de la courbe de lumière des débris, principalement dans la gamme spectrale visible et celle du proche infrarouge, qui serviront à évaluer l'état rotationnel et ses changements, le but étant de préparer les prochaines missions de retrait robotisées et d'en atténuer les risques. En outre, l'observatoire mènera des activités de recherche fondamentale portant sur les orbites terrestres très basses, en collaboration avec l'Université de Stuttgart, dans le cadre d'un centre de recherche participative de la Fondation allemande pour la recherche (DFG). Dans ce contexte, le DLR mettra au point une nouvelle méthode de télémétrie laser permettant de déterminer la distance et l'attitude des objets en orbite terrestre très basse.

Un système de télémétrie laser par satellite (miniSLR) très compact et fonctionnant automatiquement a déjà 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 rétroreflecteurs. 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 rétroreflecteur céramique athermique, a été développé et peut être utilisé par les opérateurs de satellites comme solution pour la poursuite par laser. En outre, l'utilisation de nouveaux rétroreflecteurs 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 rétroreflecteur polarimétrique. Le DLR prépare des démonstrations de la technologie de marquage par télémétrie laser par satellite dans le cadre de prochaines missions CubeSat. D'une manière générale, les rétroreflecteurs cubiques en coin, une fois adaptés pour la mise sur orbite et la communication avec la technologie employée par la station terrestre miniSLR, permettront d'utiliser des satellites non géodésiques pour la télémétrie laser et la détermination précise de l'orbite, ce qui devrait contribuer à une utilisation durable des orbites encombrées.

Modélisation et évaluation des risques en orbite et au sol

L'objectif principal d'un nouveau projet de l'Université technique de Braunschweig est d'améliorer et d'actualiser les modèles qui décrivent la formation des débris spatiaux en tirant parti de données acquises récemment. Ce projet vise plus particulièrement à perfectionner et améliorer le modèle du processus de fragmentation, qui couvre à la fois les explosions et les collisions dans l'espace. Ces événements sont une grande source de préoccupation en raison des graves conséquences qu'ils peuvent avoir sur le bon fonctionnement des satellites et le déroulement des missions habitées, en particulier en orbite terrestre basse. Il est essentiel pour évaluer les risques de collisions de pouvoir modéliser avec précision la quantité, la taille et l'évolution spatio-temporelle des débris formés à la suite d'événements de fragmentation. Cette modélisation ne concerne pas seulement les satellites opérationnels, elle porte sur tous les objets en orbite et joue à ce titre un rôle crucial dans la sécurité globale et la stabilité à long terme de l'environnement orbital de la Terre.

D'autres recherches en cours sont axées sur l'élaboration, la caractérisation et la synthèse de diverses mesures de criticité. Ces mesures jouent un rôle essentiel dans l'évaluation de l'état de l'environnement que constituent les débris spatiaux. L'objectif à terme est de concevoir une mesure qui permette d'évaluer les incidences d'objets individuels sur l'environnement global, de mettre en évidence les zones particulièrement préoccupantes et de surveiller l'état global de l'environnement. En outre, on améliore constamment les outils employés pour simuler des scénarios potentiels dans l'environnement des débris spatiaux, notamment grâce à des techniques de modélisation et des bases de données nouvelles, en cherchant notamment à résoudre les problèmes posés par les grandes constellations.

L'Allemagne continue d'élaborer des méthodes numériques avancées pour la simulation des désintégrations de systèmes spatiaux de grande échelle. Des recherches récentes menées à l'Institut FhG-EMI ont démontré qu'il était possible de reproduire les effets de la fragmentation induite par des impacts à hypervitesse sur divers matériaux en suivant une approche reposant sur la méthode par éléments discrets. Il est d'une importance cruciale pour étudier la formation des débris spatiaux dans des situations d'impacts complexes de pouvoir bien observer la transition d'un matériau d'un état solide à un état fragmenté, notamment en cas de désintégration de satellites ou d'étages supérieurs de lanceurs à la suite d'explosions ou de collisions. Ces phénomènes ne peuvent pas être étudiés dans le cadre d'essais au sol. Si la fragmentation à hypervitesse détermine le processus de rupture, la caractérisation complète des désintégrations de grande échelle nécessite aussi une simulation réaliste des déformations et d'effets matériels tels que la limite élastique et la plasticité. Cette simulation est le thème d'un nouveau projet qui vise à coupler le code de calcul des structures en éléments discrets développé avec des méthodes appropriées pour la simulation du comportement continu des matériaux. L'objectif global est d'élaborer un outil efficace pour la simulation de satellites en situation de désintégration catastrophique et l'étude des conséquences sur l'environnement orbital.

Le Centre des activités spatiales allemandes a continué à développer, à entretenir et à exploiter un système logiciel pour l'évaluation de la conjonction des engins spatiaux qu'il avait développé en 2009. 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^e 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. Par ailleurs, le Centre développe le système logiciel Ascent Safety (ASSET), qui doit permettre d'évaluer la sécurité des trajectoires de lancement et des orbites d'injection de la charge utile pour les lancements terrestres, maritimes et aériens. Pour ce faire, le logiciel évaluera les trajectoires avant vol et les incertitudes

connexes tout au long des fenêtres de lancement, et calculera les risques de collision individuels et cumulés avec les objets spatiaux résidents. L'évolution de la criticité des collisions est ainsi communiquée tout au long de la fenêtre de lancement afin d'appuyer la prise de décision pendant la phase de lancement.

Concepts de missions et technologies connexes visant à accroître la viabilité des activités dans l'orbite terrestre

Le DLR a lancé un projet consacré à la viabilité des activités orbitales (projet ION) qui vise à coaliser les compétences dans les domaines de l'espace, de la sécurité et de l'aéronautique, en particulier en ce qui concerne les opérations satellitaires, la robotique et l'automatisation, l'observation et la mesure des débris spatiaux, la météorologie spatiale, ainsi que la maintenance et la réparation aéronautiques dans le secteur aérospatial.

Il s'agira d'analyser plus avant les technologies relevant de ces domaines en vue d'élaborer des concepts et des technologies susceptibles d'accroître la viabilité des activités menées dans l'orbite terrestre tout au long du cycle de vie des satellites et de l'infrastructure orbitale. Les activités menées sont actuellement financées par l'Agence spatiale allemande. La mise au point de concepts de satellites, de processus de fabrication et de scénarios d'exploitation nouveaux doit préparer le terrain en vue de l'abandon des « satellites jetables » d'aujourd'hui au profit d'une infrastructure plus performante et durable en orbite terrestre, qui pourra aussi servir de tremplin pour des missions sur les planètes voisines. Ces technologies peuvent avoir les applications suivantes :

- a) À court terme : retrait des débris spatiaux, prolongation de la durée de vie, inspection ;
- b) À moyen terme : réparation, modernisation de la charge utile, assemblage sur site ;
- c) À long terme : fabrication, recyclage, dépôts orbitaux.

L'automatisation et la robotique sont des technologies essentielles pour ce qui est d'accroître l'autonomie des véhicules spatiaux, y compris au moyen de processus reposant sur l'intelligence artificielle, et d'assurer la réception ou la fourniture de services robotiques en orbite, tels que la maintenance, la production ou la reconfiguration.

L'un des principaux objectifs de ces technologies est de préparer les fonctionnalités nécessaires pour la définition d'un scénario de mission axé sur les opérations d'approche et de récupération d'un satellite cible.

L'un des autres objectifs majeurs consistera à améliorer les interactions entre les techniques de détection, de poursuite et d'évaluation des débris spatiaux au sol, et les techniques d'approche et de capture d'un objet cible. Les nouveaux progrès enregistrés dans les domaines de la détection et de l'analyse des débris spatiaux donneront naissance à de nouvelles techniques permettant d'obtenir des informations sur l'angle et le sens de rotation de la cible, grâce auxquelles les systèmes de guidage, de navigation et de contrôle et les systèmes robotiques pourront capturer plus efficacement une cible en orbite.

Autriche

[Original : anglais]
[18 octobre 2023]

Outre les mesures de routine de la portée des satellites actifs équipés de rétro réflecteurs 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. La conception et l'assemblage de rétro réflecteurs 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 de retrait. 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 rétro réflecteurs 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 modernise actuellement la station de télémétrie laser par satellite située à Teide (Ténériffe) afin qu'elle puisse assurer des services de mesure des débris spatiaux. Un nouveau modèle de télescope à expansion laser adapté aux débris spatiaux est en cours de développement, d'assemblage et d'essai. La nouvelle station sera abritée dans un bâtiment de conception spéciale : un dôme séparé, exclusivement consacré à l'optique à expansion laser de mesure des débris spatiaux. Le dispositif fonctionnera régulièrement en mode bistatique, en conjonction avec le télescope récepteur de la station de télémétrie laser par satellite initiale. On trouvera de plus amples informations sur la station de télémétrie laser par satellite sur le site www.oeaw.ac.at/en/iwf/research/research-groups/satellite-laser-ranging.

Émirats arabes unis

[Original : anglais]
[29 septembre 2023]

Les Émirats arabes unis sont conscients des risques croissants posés par les débris spatiaux dans l'espace extra-atmosphérique et de leurs conséquences sur la viabilité et la stabilité à long terme de l'environnement spatial et des activités qui y sont menées. En effet, les répercussions et les risques potentiels augmenteraient considérablement si des débris spatiaux entraient en collision avec un objet spatial équipé d'une source d'énergie nucléaire.

Les Émirats arabes unis sont donc conscients qu'il est d'une importance cruciale de préserver l'environnement spatial dans l'intérêt de toutes les nations et des générations futures. Pour ce faire, les Émirats arabes unis se sont activement engagés dans des activités de collaboration de niveau international, en participant à des forums et à des dialogues consacrés aux difficultés que peuvent poser les débris spatiaux. Le pays a ainsi publié des Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux en vue d'adopter une approche anticipative de la réduction des débris spatiaux produits, de la poursuite et de la surveillance des objets en orbite, et de l'élaboration des protocoles couvrant le retrait des débris.

Les politiques, la législation et les pratiques appliquées dans ce domaine sont présentées ci-après.

Politique spatiale nationale (2016)

Dans la Politique spatiale nationale des Émirats arabes unis, les débris spatiaux s'inscrivent dans le cadre des activités liées à la viabilité, l'objectif étant de garantir la sécurité et la stabilité de l'environnement spatial en vue de favoriser la viabilité des activités qui y sont menées. Cet engagement s'exprime à travers différentes plateformes et notamment par un soutien actif aux projets nationaux et internationaux qui visent à favoriser la réduction des débris spatiaux.

Loi fédérale n° 12 de 2019 sur la réglementation du secteur spatial

Cette loi vise à réglementer le secteur spatial national et ses activités connexes de manière à garantir son bon développement et sa sécurité. Défini à l'article premier, le terme débris spatial désigne tout ou partie d'un objet spatial n'ayant plus de rôle ou d'utilité, y compris ses pièces ou composants et les matériaux, déchets ou fragments qui en proviennent, qui se trouve dans l'espace extra-atmosphérique, y compris l'orbite de la Terre, ou dans l'atmosphère terrestre.

Conformément à l'article 19, les opérateurs sont tenus d'appliquer toutes les mesures et tous les plans nécessaires pour réduire les débris spatiaux et atténuer leurs effets. En outre, les opérateurs ont pour obligation d'informer immédiatement l'Agence spatiale des Émirats arabes unis (UAESA) en cas de production de débris spatiaux, d'exposition à un risque élevé, de perte de contrôle ou de collision, et quand ils mettent en œuvre des mesures ou des plans pour atténuer ces risques. En outre, les opérateurs doivent soumettre à l'UAESA des rapports périodiques sur les alertes ou les risques associés aux objets spatiaux qui entrent en jeu dans toute activité spatiale autorisée.

Le document complet est disponible en anglais à l'adresse suivante : https://space.gov.ae/Documents/PublicationPDFFiles/POLREG/SpaceSectorFederalLaw_EN.pdf.

Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux (2022)

Les Émirats arabes unis ont récemment publié des Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux. Leur objectif premier est de protéger l'environnement et la viabilité des activités spatiales en favorisant une réduction des débris spatiaux produits.

Conformément à ces Lignes directrices, les opérateurs sont tenus de soumettre un plan de réduction des débris spatiaux conforme aux normes internationales et aux meilleures pratiques, notamment à la norme ISO 24113:2011 : Systèmes spatiaux – Exigences en matière de réduction des débris spatiaux, aux Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux du Comité de coordination inter-agences sur les débris spatiaux et aux Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique.

Les opérateurs ont aussi pour obligation de procéder à des évaluations des risques et de présenter des plans de mise en œuvre. En outre, ils doivent informer immédiatement l'UAESA de l'arrivée à terme de l'utilisation fonctionnelle de tout objet spatial, de son élimination et de sa rentrée dans l'atmosphère, ainsi que de tout accident ou incident impliquant un objet spatial et de la production de débris spatiaux par un tel objet. En outre, les Lignes directrices contiennent un ensemble de recommandations concernant les mesures de réduction des débris spatiaux que peuvent prendre les opérateurs.

Le document complet est disponible en anglais à l'adresse suivante : <https://space.gov.ae/Documents/PublicationPDFFiles/POLREG/SpaceDebrisMitigationGuidelines-EN.pdf>.

Énergie nucléaire

En ce qui concerne le Droit spatial national, l'article 17 souligne que les opérateurs doivent obtenir l'autorisation de l'UAESA pour pouvoir utiliser des sources d'énergie nucléaire et qu'ils sont tenus d'informer immédiatement l'UAESA de tout accident ou incident, des risques engendrés et des mesures prises pour les réduire ou en atténuer les effets.

Il est également stipulé que toute utilisation de source nucléaire sans l'autorisation de l'Autorité fédérale de réglementation nucléaire est interdite.

Japon

[Original : anglais]

[20 octobre 2023]

Aperçu général

Le présent rapport fait suite à la demande du Secrétariat et décrit dans leurs grandes lignes les activités liées aux débris principalement menées par l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA). Au mois d'octobre 2023, les activités de recherche et développement suivantes, liées aux débris, étaient en cours.

- a) Retrait actif des débris ;
- b) Manœuvres d'évitement et recherches sur les technologies relatives aux connaissances de l'environnement spatial ;
- c) Recherches sur les technologies permettant d'observer des objets en orbite terrestre basse et en orbite géostationnaire 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 par satellite et développement d'un réflecteur à usage général pour ce type de télémétrie.

Situation actuelle

Retrait actif des débris

La JAXA a mis en place 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 clés 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. Pour le développement de ces technologies essentielles, la JAXA collabore avec des entreprises privées japonaises en vue de permettre l'organisation de missions de retrait actif de débris d'un faible coût commercial.

Par ailleurs, la JAXA a pris la tête du programme de démonstration de retrait commercial de débris (CRD2). Le programme se déroule en deux phases et a pour objectif la réalisation de missions de retrait actif de débris 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 2023. La seconde phase, qui comprend la démonstration d'un retrait actif du deuxième étage du lanceur H-IIA, est prévue après l'exercice 2026. 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.

Manœuvres d'évitement et recherches sur les techniques d'acquisition de connaissance de la situation spatiale

La JAXA est régulièrement informée des conjonctions par le Centre combiné des opérations spatiales. En 2022, elle a exécuté deux manœuvres d'évitement de débris pour ses engins spatiaux en orbite basse. En tant qu'opérateur actif de satellites, la JAXA est consciente des risques croissants de conjonction engendrés par les débris spatiaux, dans un environnement spatial qui ne cesse de se dégrader.

Technologies de base pour la connaissance de l'environnement spatial

Le Ministère de la défense et la JAXA ont mis au point un système de connaissance de la situation spatiale qui est pleinement opérationnel depuis avril 2023. Ce système comprend les composantes suivantes :

- a) Un nouveau radar pour l'orbite terrestre basse, qui est capable de détecter 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 qui permet 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 des messages de conjonction du Centre combiné des opérations spatiales. En mars 2021, la JAXA l'a mis gratuitement à la disposition de tous les opérateurs de satellites sur son site Web.

Cet outil devrait simplifier le processus des manœuvres d'évitement et réduire la charge de travail. La JAXA reste déterminée à continuer d'appuyer ce projet.

Recherches sur les technologies permettant d'observer des objets en orbite terrestre basse et en orbite géostationnaire 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 à semi-conducteurs complémentaires à l'oxyde de métal (CMOS). L'analyse des données de ce capteur à l'aide de technologies de traitement d'images basées sur des unités de traitement graphique peut faciliter la détection d'objets en orbite terrestre basse mesurant 10 cm ou moins. Afin d'accroître les capacités d'observation des objets en orbite terrestre basse et en orbite géostationnaire, deux sites ont été établis en Australie. Ces deux sites, qui viennent s'ajouter à l'Observatoire du Mont Nyukasa au Japon, permettront d'effectuer des déterminations orbitales précises et des estimations d'altitude d'objets en orbite terrestre basse en utilisant les données des sites australiens.

Système de mesure des microdébris *in situ*

Le dispositif de surveillance des débris spatiaux 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 est principalement constitué de deux éléments : une zone de détection des débris et des zones de circuits. La zone de détection est constituée d'un film polyimide très fin qui intègre une grille formée de

milliers de lignes conductrices de 50 μm de large, grâce à laquelle il est possible de détecter des débris d'un diamètre compris entre 100 μm et quelques millimètres. En détectant le nombre de lignes coupées quand un débris entre en collision avec le film et le pénètre, on peut mesurer la taille des débris.

La JAXA collabore actuellement avec le Bureau du programme des débris orbitaux de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) des États-Unis d'Amérique pour développer un nouveau dispositif de surveillance des débris spatiaux. Ce projet sera l'occasion d'intégrer pour la première fois d'autres capteurs au dispositif, notamment le capteur de débris de la NASA, et il consistera à mesurer la taille des débris, mais aussi leur vitesse, les matériaux dont ils sont constitués ainsi que divers autres aspects.

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 s'emploie à mettre au point un réservoir en aluminium, recouvert d'un composite de carbone présentant un point de fusion plus bas. Pour évaluer sa faisabilité, elle a effectué divers essais, notamment afin de déterminer la compatibilité de l'aluminium et d'un 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 des propergols. 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 notablement 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 par satellite et développement d'un réflecteur à usage général pour ce type de télémétrie

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 est ainsi entrée en service en juin 2023.

Ces dernières années, il est devenu de plus en plus important d'améliorer la visibilité des objets en orbite. Pour ce faire, 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 en promeut l'application au niveau international afin d'améliorer la traçabilité des objets en orbite, apportant ainsi une contribution importante à l'utilisation durable de l'espace.

Myanmar

[Original : anglais]
[6 octobre 2023]

Une représentante du Myanmar a 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, a déjà élaboré les satellites MyanmarSat-1 and MyanmarSat-2, lesquels visent à concrétiser le projet de lancement du satellite national et à prendre le contrôle des services nationaux stratégiques de télécommunications 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 MyanmarSat-3 en 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 pour l'élaboration et la mise en œuvre de mesures de réduction des débris spatiaux, considérant qu'il est important d'assurer l'utilisation sûre et pacifique de l'espace alors que son propre système de satellites est à l'étude.

Slovaquie

[Original : anglais]
[19 octobre 2023]

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

La Division 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 de retrait actif de débris, 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. Ces activités sont appuyées par le secteur slovaque, qui met à disposition des observations provenant de son propre réseau de capteurs.

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 met à profit les observations réalisées par son réseau AMOS (All-Sky Meteor Orbit System) pour la modélisation des rentrées dans l'atmosphère. AMOS est régulièrement utilisé pour la détection automatique des météores, la détermination de leur orbite et l'extraction de leur spectre. La faculté de mathématiques, de physique et d'informatique 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 Hawaï (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. Une nouvelle rentrée dans l'atmosphère a été enregistrée au-dessus de la Slovaquie en juin 2023, lorsque deux caméras AMOS ont détecté simultanément la désintégration de l'étage supérieur de la fusée Long March 4C. Ce type d'analyses devrait conduire à un renforcement des connaissances sur la physique des rentrées dans l'atmosphère ainsi qu'à une amélioration des prévisions de survivabilité des fragments et à une meilleure évaluation des risques pour les populations au sol. Ces activités bénéficient du soutien du secteur slovaque, qui met à disposition les moyens logistiques et les interfaces de capteurs nécessaires tout en apportant un appui pour la planification des observations.

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, ainsi que leurs incidences sur le ciel nocturne et la pollution lumineuse. Le télescope AGO70 est utilisé pour acquérir les courbes de lumière et les fonctions de phase qui sont ensuite utilisées pour déterminer les propriétés de réflectance ainsi que la taille et la forme des débris. La faculté 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, elle 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.