



Assemblée générale

Distr. générale
30 octobre 2019
Français
Original : anglais

**Comité des utilisations pacifiques
de l'espace extra-atmosphérique**
Sous-Comité scientifique et technique
Cinquante-septième session
Vienne, 3-14 février 2020
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 nucléaire et les problèmes relatifs à leur collision avec des débris spatiaux

Note du Secrétariat

I. Introduction

1. À sa cinquante-sixième 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 concernant la recherche sur la question des débris spatiaux, la sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaire, les problèmes relatifs à la collision d'objets de ce type avec des débris spatiaux et la façon dont les lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux étaient appliquées (A/AC.105/1202, par. 143). À cette fin, une communication datée du 15 juillet 2019 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 21 octobre 2019, afin que les informations puissent être communiquées au Sous-Comité à sa cinquante-septième session.

2. Le présent document a été établi par le Secrétariat à partir des informations reçues de sept États Membres, à savoir l'Autriche, le Danemark, l'Inde, l'Indonésie, l'Italie, le Pakistan et la Slovaquie, ainsi que de l'Organisation internationale de normalisation et de l'Université internationale de l'espace. Un complément d'information fourni par l'Organisation internationale de normalisation, qui comporte des données chiffrées relatives aux débris spatiaux, sera distribué en tant que document de séance à la cinquante-septième session du Sous-Comité.

* A/AC.105/C.1/L.383.



II. Réponses reçues d'États Membres

Autriche

[Original : anglais]
[18 octobre 2019]

À la station de télémétrie laser sur satellite, non seulement plus de 150 cibles coopératives (dotées de rétroreflecteurs laser) sont suivies, mais la surveillance des débris spatiaux par télémétrie laser fait l'objet d'une attention accrue.

Outil de détection, d'alignement et de référence monophotonique

L'outil de détection, d'alignement et de référence monophotonique (SP-DART) mis au point à Graz fonctionne comme une petite station de télémétrie laser sur satellite pouvant être installée sur des télescopes externes. Il comprend un module d'émission (15 μ J/1 ns/2 kHz laser et optique, monté sur le télescope) et un dispositif de détection (composé d'un ordinateur portable, d'une unité de contrôle reposant sur un système d'analyse de fenêtres programmables *in situ*, d'un dateur d'événement Riga, d'une unité GNSS (système mondial de navigation par satellite) et d'instruments météorologiques). Le principal avantage d'une telle configuration est qu'elle permet de réduire les problèmes d'alignement en évitant les renvois coudés du système. Le système SP-DART a été testé avec succès sur une lunette astronomique de 70 cm située à Sandl (Autriche), qui appartient à Astrosysteme Austria. Durant deux nuits d'observation, 17 objets différents ont été suivis avec des taux de retour maximum allant de plus de 30 % pour les satellites à orbite terrestre basse à 0,2 % pour le Compass-I5. Cette approche novatrice a été récemment appliquée à la station de télémétrie laser sur satellite de Graz ; on a ainsi placé directement sur le télescope de Graz un laser compact de haute puissance qui a permis de surveiller par télémétrie laser plusieurs débris spatiaux.

Expériences multistatistiques

Les expériences multistatistiques consistent à effectuer des mesures complexes de débris spatiaux, par télémétrie laser, faisant intervenir au moins trois stations, pour évaluer la distance jusqu'à un débris spatial donné. La station de télémétrie laser sur satellite de Graz envoie des photons à l'aide de son laser vert à haute puissance (20 W/100 Hz) vers un débris spatial cible. Simultanément, la station de télémétrie laser sur satellite Wettzell (Allemagne) envoie des photons vers la même cible à l'aide de son laser infrarouge. Après une réflexion diffuse sur les débris spatiaux ciblés, les photons se répandent dans toute l'Europe. Les photons verts de la station de Graz sont alors détectés par les stations de Graz et de Wettzell. Au même moment, les stations de Graz, Wettzell et Stuttgart détectent les photons infrarouges de la station de Wettzell. Une analyse des données montre que la prise de mesures simultanée améliore considérablement l'exactitude des prévisions orbitales par rapport au même nombre de stations fonctionnant en mode monostatique.

Observation et poursuite

La méthode dite « d'observation et de poursuite » permet de suivre des débris spatiaux et d'obtenir des mesures concernant des débris spatiaux pour lesquels aucune information préalable n'est disponible, en déterminant optiquement la direction de pointage de ces débris. Une caméra astronomique analogue est équipée d'une lentille standard de 50 mm qui surveille un champ de vision du ciel d'environ 7 degrés. Elle vient se greffer sur le télescope de télémétrie laser sur satellite en étant plus ou moins alignée sur l'axe optique. Le télescope est ensuite placé dans une position arbitraire de sorte à observer le ciel et à visualiser des étoiles allant jusqu'à une magnitude neuf. À partir de l'arrière-plan stellaire, en utilisant un algorithme d'analyse des images (algorithme « plate-solving »), on peut déterminer la direction de pointage de l'axe de la caméra par rapport au plan équatorial avec une précision d'environ 15 secondes

d'arc. Quand un débris spatial éclairé par le Soleil passe dans le champ de vision de la caméra, ses coordonnées équatoriales et le temps d'observation sont enregistrés. À partir des informations de pointage, un fichier récapitulatif de prévision de l'orbite est produit et utilisé pour surveiller immédiatement le satellite au cours du même passage. De la détection initiale du satellite à sa localisation, le processus peut être achevé en moins de 2 minutes. Dès que le suivi est établi, le système de télémétrie laser sur satellite commence à « poursuivre » la cible à l'aide d'un laser de haute puissance (20 W/100 Hz). La surveillance par télémétrie laser de plusieurs cibles coopératives et non coopératives (dépourvues de rétroreflecteurs) est menée à bien grâce aux prévisions résultant de la méthode d'observation et de poursuite.

Observations de débris spatiaux en plein jour

Une connaissance précise de l'orbite des débris spatiaux est essentielle pour la mise en œuvre des stratégies de retrait et pour les prévisions de rentrée. La télémétrie laser sur satellite fournit des évaluations très exactes de la distance et de l'attitude des objets en chute libre. Toutefois, en raison des prévisions inexactes fondées sur des éléments orbitaux à « deux lignes », il est nécessaire d'identifier visuellement les débris spatiaux. À l'heure actuelle, la télémétrie laser appliquée aux débris spatiaux est limitée à quelques heures après le coucher du Soleil et avant son lever, lorsque l'objet est en pleine lumière et que le site d'observation est dans l'obscurité. On a mis au point une méthode de visualisation en plein jour des débris spatiaux ciblés pour prolonger considérablement le temps d'observation possible. L'image recueillie du débris spatial est analysée, ce qui permet de corriger en temps réel des prévisions d'orbite inexactes. Après avoir centré la cible dans le champ de vision, on lance la procédure standard de recherche par télémétrie laser.

Mesures simultanées de la distance par télémétrie laser et de la courbe de lumière d'un étage supérieur volumineux rentrant dans l'atmosphère

L'étage supérieur du corps de fusée Long March 3B (NORAD 38253) est rentré dans l'atmosphère en août 2017. Un mois auparavant, on avait enregistré des courbes de lumière au moyen de diodes avalanche à photon unique tout en effectuant simultanément des mesures de la distance par télémétrie laser. À partir d'un modèle cylindrique simple de l'étage supérieur, on a calculé par simulation des courbes de lumière et des résidus de la distance par télémétrie laser sur satellite. La comparaison des résultats expérimentaux avec les simulations permet de tirer des conclusions sur les paramètres de rotation du corps de la fusée. D'après les simulations, la période de rotation a été établie à 118 secondes, et les coordonnées astronomiques de déclinaison de 69 degrés et d'ascension droite de 224 degrés ont été déterminées comme étant la direction la plus probable de l'axe de rotation.

Laser de surveillance des débris spatiaux monté sur une lunette astronomique

En 2015, la station de télémétrie laser sur satellite de Graz a présenté la méthode SP-DART destinée à améliorer une lunette astronomique afin d'en faire une station de télémétrie laser satellite pleinement opérationnelle. Deux lasers compacts (532 nm, 15µJ@2kHz et 1 064 nm, 30µJ@2kHz), avec optique d'expansion du faisceau, ont été directement montés sur une lunette astronomique. Une telle configuration présente le grand avantage d'éviter tout renvoi coudé (plusieurs miroirs réfléchissant le laser du laboratoire vers le télescope). Outre qu'elle est moins onéreuse, elle facilite beaucoup l'alignement et améliore l'exactitude du pointage. Une unité de contrôle compacte gère l'interaction avec les deux détecteurs mais aussi les données concernant la datation des événements, la formation de fenêtres distance, les référentiels temporels GNSS et les données météorologiques. Le système, qui a été installé avec succès dans plusieurs stations de télémétrie laser sur satellite et sur des lunettes astronomiques, peut également servir d'outil de référence. La méthode sera utilisée pour le montage d'un laser picoseconde sur le télescope de la nouvelle station de télémétrie laser sur satellite de l'Agence spatiale européenne à Tenerife (Espagne). Les lasers mis au point étant toujours plus compacts et plus puissants, on l'étend

maintenant à ceux dont on se sert pour poursuivre les débris spatiaux. La tête laser d'un de ces nouveaux appareils (532 nm/80 mJ ou 1064nm/160mJ@200Hz) a été montée directement sur le télescope de la station de télémétrie laser sur satellite de Graz. L'unité du liquide de refroidissement et l'alimentation électrique ont été installées à la base du télescope, et leurs câbles insérés dans les axes horizontal et vertical du télescope.

Danemark

[Original : anglais]
[7 octobre 2019]

Cartographie des débris spatiaux

Dans le domaine de la cartographie des débris spatiaux, l'Institut spatial danois (DTU Space) travaille au développement et à la vérification de la détection autonome de débris d'engins spatiaux, l'objectif étant d'utiliser cette méthode dans certaines missions spatiales afin d'en démontrer l'efficacité et la portée.

Un projet de cartographie de grande envergure est à l'étude avec l'Agence spatiale européenne en vue du lancement de travaux systématiques à partir de l'infrastructure spatiale existante, dans un premier temps (à partir de 2020).

Enfin, il est prévu d'établir un profil à grande échelle des débris naturels dont la taille varie entre 0,8 et 5,2 UA (1 UA = 149 597 871 km) grâce à la mission Juno de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) des États-Unis d'Amérique qui permettra d'expérimenter la méthodologie.

Retrait actif de débris spatiaux

DTU Space mène les activités suivantes :

- a) Étude des mécanismes naturels de déclin d'orbite, grâce au développement, au lancement, au déroulement et à la vérification d'activités fortement autonomes de détection, de poursuite et de rendez-vous de cibles avec une précision de 7 cm ;
- b) Mise au point et vérification de détecteurs autonomes de vols en formation pour les cibles non coopératives ;
- c) Étude des mécanismes de capture ;
- d) Études sur la technologie de désorbitation par énergie dirigée.

Techniques d'auto-retrait des engins spatiaux

L'Université d'Aalborg et GomSpace mènent des recherches sur les techniques d'auto-élimination d'engins spatiaux, projet financé par le Programme-cadre de l'Union européenne pour la recherche et l'innovation « Horizon 2020 ». Le projet, débuté le 1^{er} février 2016, s'est achevé le 31 mars 2019.

Cette technologie fait appel à un module universel d'élimination en fin de mission qui doit être mis en orbite par un engin spatial afin que celui-ci puisse être correctement éliminé à la fin de sa durée de vie utile, qu'elle soit programmée ou non, s'il est défaillant. Le module doit être indépendant de l'engin spatial.

Sûreté des sources d'énergie nucléaire à bord d'engins spatiaux et problèmes relatifs à leur collision avec des débris spatiaux

En 2018, le Danemark n'a mené, à l'échelle nationale, aucune recherche sur la sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaire et les problèmes relatifs à leur collision avec des débris spatiaux.

Inde

[Original : anglais]
[21 octobre 2019]

L'Organisation indienne de recherche spatiale (ISRO) mène des recherches sur les prévisions de rentrée dans l'atmosphère, la fragmentation, la modélisation et l'analyse de la désintégration et participe activement aux campagnes annuelles de prévision des rentrées du Comité de coordination inter-agences sur les débris spatiaux (IADC). Elle a mis au point sur place des modèles et des logiciels pour l'analyse statistique et l'évolution de l'environnement des débris spatiaux. Elle a également entrepris des études préliminaires sur le retrait actif des débris et le blindage des engins spatiaux.

Au fil des ans, l'ISRO s'est dotée de moyens pour étudier comment éviter les collisions afin de protéger ses biens spatiaux. Des manœuvres d'évitement des collisions sont effectuées si les satellites opérationnels s'approchent trop près d'un autre objet spatial. En outre, tous les plans habituels de manœuvre sont soumis à une évaluation des conjonctions et sont autorisés à être exécutés en fonction de celle-ci.

L'ISRO est un membre actif de l'IADC depuis 1996. Plusieurs mesures conformes aux Lignes directrices du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique relatives à la réduction des débris spatiaux et à celles de l'IADC sont appliquées dans les lanceurs et les engins spatiaux de l'ISRO pour limiter la formation de débris. Tous les lanceurs de satellites sur orbite polaire et de satellites géostationnaires sont passivés à la fin de leur mission. Actuellement, tous les engins spatiaux opérationnels de l'ISRO en orbite géostationnaire sont équipés de moyens de dégageement en fin de mission. Au terme de celle-ci, ces satellites sont réorbités sur des orbites plus hautes, puis passivés. L'ISRO a élaboré un ensemble de lignes directrices sur la réduction des débris qui devrait être publié et mis en œuvre dans tous ses projets et programmes dans un avenir proche.

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.

En 2018, l'ISRO s'est dotée à son siège d'une Direction pour la connaissance et la gestion de l'environnement spatial qui est chargée d'élaborer des stratégies pour la connaissance de l'environnement spatial, de mettre en place l'infrastructure correspondante et de concevoir un mécanisme opérationnel efficace pour protéger les biens spatiaux indiens dans un environnement de débris spatiaux, en assurant la coordination avec les centres du Ministère de l'espace, ainsi que les interventions d'ordre stratégique nécessaires.

L'ISRO a installé un radar de poursuite d'objets multiples à Sriharikota (Inde), mis en service en 2015, pour la détection et le suivi des objets en orbite terrestre basse. Elle installe également des télescopes optiques sur le mont Abu (État du Rajasthan) et à Ponmudi (État du Kerala) pour l'observation des objets en orbite géostationnaire, qui devraient être opérationnels à la fin de 2019.

Pour faire face à l'augmentation du nombre de lancements et de la population de débris, il est prévu de renforcer et d'accroître les capacités actuelles d'observation des débris spatiaux en créant de nouvelles installations. Le projet de réseau de poursuite et d'analyse des objets spatiaux, première étape vers la réalisation de cet objectif, a été approuvé par le Gouvernement indien. Il a été proposé dans le cadre de ce projet, qui devrait être achevé en trois ans, de créer un centre de contrôle qui centraliserait les opérations et les travaux d'analyse et de recherche dans tous les domaines relatifs aux débris spatiaux et à l'environnement spatial.

Indonésie

[Original : anglais]
[18 octobre 2019]

Conformément à la loi sur les activités spatiales, l'Institut national de l'aéronautique et de l'espace (LAPAN) a l'obligation de surveiller les objets spatiaux artificiels qui retombent sur Terre, en particulier sur le territoire indonésien, et d'atténuer les effets de leur chute. À cet égard, l'Indonésie mène des recherches sur les débris spatiaux, qui englobent des activités d'observation de ces derniers, de modélisation et d'atténuation. En vertu de cette loi, elle atténue leur chute grâce à un système de surveillance en ligne qui repose sur les données obtenues par Space-Track. La surveillance, automatique, fournit des informations sur les chutes d'objets artificiels susceptibles de s'écraser sur le territoire indonésien.

Pour renforcer la surveillance des débris spatiaux, le LAPAN construit actuellement une nouvelle installation d'observation dans l'est du territoire indonésien, dans la province du Nusa Tenggara oriental. Cette installation, dont le chantier a débuté en 2017, devrait entrer en service en 2021. Elle devrait accélérer les activités d'observation des débris spatiaux en Indonésie et, utilisée en coopération avec d'autres pays, pourrait aussi faciliter l'observation des débris spatiaux et contribuer à atténuer l'impact de leur chute sur Terre. L'observatoire national sera équipé de plusieurs télescopes et lunettes astronomiques optiques. Le principal d'entre eux, un télescope optique de 3,8 m de diamètre, sera construit dans le cadre d'une collaboration entre le LAPAN et l'Université de Kyoto, laquelle en assurera la conception. Dans le cadre du plan de développement de l'Observatoire national, des représentants des ressources humaines du LAPAN ont suivi une formation au Département d'astronomie de l'Université de Kyoto.

Actuellement, le LAPAN aide l'Agence nationale d'atténuation des effets des catastrophes à préparer une évaluation des risques en vue d'un projet de loi sur un dispositif d'alerte rapide multirisque. À cette fin, il contribue à l'élaboration d'un système informatisé d'aide à la décision pour les questions relatives aux débris spatiaux, qui viendra aussi appuyer son plan stratégique pour la période 2020-2024.

Italie

[Original : anglais]
[21 octobre 2019]

L'Italie a une longue tradition d'observation et d'étude de la population des débris spatiaux et des risques associés. En 2019, l'expertise technique de la communauté scientifique et technique italienne a contribué à l'exécution d'activités dans deux directions parallèles :

- a) Participation au consortium SST (surveillance de l'espace et suivi des objets en orbite) de l'Union européenne, qui met sur pied des services européens de surveillance de l'espace, par exemple pour la prévention des collisions, les rentrées dans l'atmosphère et la fragmentation en orbite des objets spatiaux ;
- b) Coordination des initiatives de recherche-développement aux niveaux national et international.

Le Consortium mène régulièrement des activités grâce à la fédération des biens et des centres des États membres. L'Agence spatiale italienne est l'entité nationale italienne qui y participe, avec le Ministère italien de la défense et l'Institut national d'astrophysique. C'est dans ce cadre que le Centre italien des activités de surveillance de l'espace et de poursuite, instance nationale chargée des opérations relatives aux débris spatiaux, a été désigné par le Consortium comme centre de référence officiel pour les services liés aux rentrées et à la fragmentation en orbite. À ce titre, il a participé cette année à deux opérations majeures de fragmentation, qu'il a coordonnées, à savoir la désintégration d'ATLAS 5 Centaur R/B et de MICROSAT-R,

menées les 24 et 27 mars 2019, respectivement. En particulier, le système radar bistatique italien BIRALES, composé du radiotélescope « Northern Cross » de l'Institut national d'astrophysique, situé près de Bologne, et d'un radar Doppler multifréquence, situé en Sardaigne et exploité par le Ministère de la défense, a détecté plusieurs fragments lors des opérations de fragmentation susmentionnées, démontrant ainsi qu'il était tout à fait à la hauteur des prestations attendues d'un radar spécial de surveillance. Grâce à cette expérience, le Centre italien des activités de surveillance de l'espace et de poursuite a pu recenser les points à améliorer sur le plan de la qualité des services.

Les résultats, extrêmement positifs, du projet ReDSHIFT d'Horizon 2020 de la Commission européenne, coordonné par l'Institut de physique appliquée du Conseil national de la recherche, ont été présentés en 2019. Grâce à la cartographie des routes dynamiques caractérisant l'espace circumterrestre, il a été possible de caractériser intégralement les options de désorbitation et de rentrée atmosphérique pour le retrait en fin de vie d'un vaisseau spatial. On étudie de nouvelles techniques (par exemple, l'impression 3D) visant à créer une infrastructure durable pour les engins spatiaux (« conception pour la disparition »), l'objectif étant d'atténuer les conséquences de la rentrée dans l'atmosphère d'un engin spatial et de faciliter les prévisions, de manière à améliorer la sécurité sur Terre.

Du 7 au 10 mai 2019, l'Italie a accueilli, dans les locaux de l'Agence spatiale italienne, la trente-septième réunion annuelle du Comité de coordination inter-agences sur les débris spatiaux (IADC). Pour la première fois depuis de nombreuses années, les 13 agences spatiales étaient représentées, eu égard à l'intérêt croissant que suscite le problème des débris spatiaux dans le monde entier et aux futurs règlements relatifs à la gestion du trafic spatial.

Plus d'une centaine de participants ont contribué activement aux discussions du groupe de travail sur des questions techniques de pointe, telles que l'élaboration d'un système d'évaluation de la viabilité de l'espace, l'élaboration de stratégies novatrices d'élimination en orbite terrestre moyenne, la gestion des dangers que représentent les grandes constellations et l'identification de cibles potentielles pour des missions de retrait actif de débris.

Les lignes directrices de l'IADC relatives à la réduction des débris spatiaux, qui contiennent des recommandations relatives à la politique spatiale à l'intention des institutions gouvernementales nationales et internationales, ont été actualisées pour la première fois en 12 ans, et l'on a reconnu la nécessité de renouveler rapidement les approbations pour faire face aux défis croissants de la gestion du trafic spatial.

Pakistan

[Original : anglais]
[28 octobre 2019]

Le Pakistan est très préoccupé par la viabilité des activités spatiales compte tenu du nombre sans cesse croissant d'objets lancés sur orbite et des risques prévus et imprévus associés à cette pratique, comme celui de collisions et d'interférences avec les opérations des objets spatiaux, qui va croissant. Ces problèmes sont plus prononcés dans l'orbite terrestre basse. Les Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux élaborées par le Sous-Comité scientifique et technique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique doivent être appliquées aux niveaux national et international grâce à des mécanismes et à des mesures administratives appropriés.

Le Pakistan exploite actuellement quatre satellites. Les satellites de télécommunications en orbite géostationnaire disposent de mécanismes efficaces de tenue et de contrôle de l'orbite. Ils seront désorbités vers l'orbite de rebut à la fin de leur mission, et les mesures de sécurité nécessaires seront prises pour éviter la création de débris spatiaux. Les deux autres satellites de télédétection, à savoir PRSS-1 et

PakTES-1A, fonctionnent en orbite terrestre basse, et les opérations de correction des paramètres de l'orbite, de réduction des débris et les manœuvres de prévention des collisions seront exécutées en bonne et due forme. Des manœuvres de désorbitation de satellites doivent également être effectuées à la fin de leur durée de vie utile respective, conformément aux Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux. Le Pakistan n'utilise pas encore de sources d'énergie nucléaire dans l'espace et n'envisage pas de le faire à l'avenir.

Des travaux de recherche sur les débris spatiaux sont en cours, en particulier en vue de la mise en place de mesures d'analyse et de réduction des débris spatiaux, conformément aux Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux. Après huit ans de négociations, les lignes directrices aux fins de la viabilité à long terme des activités spatiales ont été adoptées. Le Pakistan considère qu'il s'agit là d'une grande réussite et espère que le groupe de travail sur les Lignes directrices récemment créé pour trois ans atteindra ses objectifs et apportera une contribution importante aux futures activités spatiales.

En ce qui concerne les activités liées à l'observation des objets géocroiseurs, un projet d'installation d'un télescope d'une résolution trois fois supérieure à celle du télescope en place (ouverture de 50 cm contre 15) a été lancé en avril 2019. Ce nouveau télescope vient s'ajouter aux trois autres à ouverture de 15 cm déjà installés à Sonmiani (Pakistan). Il aidera à unifier la programmation et la commande automatique tout en améliorant la capacité d'observer avec précision des objets plus petits (moins visibles) sur les orbites terrestres basses, moyennes et géostationnaires. L'observatoire est relié au réseau international d'alerte aux astéroïdes qui est chargé de surveiller ces derniers et de les cataloguer. Le Pakistan a également adhéré au groupe consultatif pour la planification des missions spatiales (SMPAG) dont il a approuvé le plan de travail qui vise à préparer une réponse internationale aux risques d'impact d'objets géocroiseurs en rédigeant des documents et en prenant des mesures préventives.

Le Pakistan estime que l'espace est la dernière frontière et que tous les États doivent prendre toutes les mesures nécessaires pour réduire les débris spatiaux. Il s'agit là d'une responsabilité collective de toutes les puissances spatiales. Toutefois, il faut examiner de manière approfondie les critères et procédures de retrait actif ou de destruction intentionnelle d'objets spatiaux, fonctionnels ou non, sous l'égide de l'ONU, afin de garantir l'efficacité des mesures et de s'assurer qu'elles sont acceptables pour les parties prenantes. Bon nombre des débris orbitaux qui se trouvent dans l'espace ayant été générés par des opérations lancées par les grandes puissances spatiales, celles-ci devraient accepter la responsabilité morale d'aider les nations spatiales moins développées, sur les plans tant technique que financier, à en réduire le nombre. S'il en est autrement, les nouveaux venus sur la scène spatiale ne pourront pas revendiquer leur droit au patrimoine commun de l'humanité, ce qui serait contraire aux résolutions de l'Assemblée générale.

Le Pakistan croit à la non-militarisation de l'espace extra-atmosphérique et est gravement préoccupé par le déploiement de technologies militaires avancées et de sources d'énergie nucléaire qui constituent une menace pour la sûreté et la viabilité à long terme des activités spatiales. Il estime que l'utilisation de sources d'énergie nucléaire à bord de missions dans l'espace lointain doit être reconsidérée et devrait être limitée par un accord international juridiquement contraignant aux seules missions qui en ont absolument besoin. Il estime qu'il faut combler les lacunes du droit international de l'espace afin que personne ne puisse menacer les activités pacifiques et les applications des technologies spatiales dévolues au développement socioéconomique. Faute d'instruments juridiques solides, d'autres États pourraient emboîter le pas. Le Pakistan a signé avec la Fédération de Russie une déclaration commune sur le « non-déploiement d'armes dans l'espace en premier », témoignage de notre volonté commune de nous abstenir de recourir à la menace ou à l'emploi de la force dans les activités spatiales. Il encourage d'autres nations spatiales responsables à suivre cet exemple.

Le Pakistan a toujours été en faveur d'un paradigme de sécurité pour soutenir les activités humaines dans l'espace. Il s'efforce de protéger les satellites opérationnels contre les débris spatiaux dans l'intérêt de tous les États qui participent à des missions spatiales.

Slovaquie

[Original : anglais]
[21 octobre 2019]

La faculté de mathématiques, de physique et d'informatique de l'Université Comenius de Bratislava développe et améliore le matériel et les logiciels de son télescope Newton de 0,7 m dans le cadre du Plan pour les États coopérants européens de l'Agence spatiale européenne (ESA). Cet appareil est réservé à la poursuite des débris spatiaux et aux recherches menées sur ceux-ci. Un système pleinement opérationnel soutiendra également les travaux de catalogage des débris spatiaux entrepris dans le cadre de l'ESA, de l'Union européenne et du Service international de télémétrie laser.

Mise au point d'un capteur optique slovaque pour l'aide à la poursuite des débris spatiaux par télémétrie laser sur satellite, le catalogage d'objets et la recherche

La Division d'astronomie et d'astrophysique, qui fait partie de la faculté de mathématiques, de physique et d'informatique, met au point et améliore le matériel et les logiciels de son télescope Newton de 0,7 m (AGO70), projet slovaque mené dans le cadre du Plan de l'ESA. L'objectif principal est de mettre au point un instrument de recherche sur les débris spatiaux et un capteur pour les poursuites et la surveillance de l'espace qui puisse observer des objets dans toutes les régions orbitales, des orbites terrestres basses aux orbites géosynchrones. Les travaux actuels menés au titre du plan de l'ESA, en collaboration avec le secteur privé slovaque, l'Institut d'astronomie de l'Université de Berne, l'Académie autrichienne des sciences et la station de télémétrie laser sur satellite de Graz (Autriche), visent essentiellement à développer des interfaces entre le capteur optique passif AGO70 et les capteurs actifs de télémétrie laser sur satellite.

Catalogue public des propriétés de rotation apparente des débris spatiaux extraites des mesures photométriques

Depuis 2017, la faculté de mathématiques, de physique et d'informatique recueille des données photométriques pour les objets non actifs, comme les engins spatiaux et les étages supérieurs situés en orbite haute. Ces données sont revues par des scientifiques et publiées. Fin 2019, l'Université Comenius avait rassemblé plus de 300 courbes de lumière pour plus de 250 objets distincts. Les informations obtenues, telles que la période de rotation apparente et l'amplitude de la courbe de lumière, sont mises à la disposition de l'ensemble de la communauté scientifique pour être traitées plus avant.

Utilisation du réseau slovaque d'observation en plein ciel des météorites pour la surveillance des rentrées atmosphériques et la caractérisation des débris par spectroscopie

La faculté de mathématiques, de physique et d'informatique étudie la possibilité d'utiliser les caméras de son système AMOS (Automatic Meteor Orbit System) pour faire des calculs concernant la rentrée dans l'atmosphère des débris spatiaux et caractériser ces derniers par spectroscopie. Ce système est actuellement utilisé pour la détection automatique des météores, la détermination de leurs orbites et l'extraction de spectres. L'Université Comenius exploite actuellement au total 14 caméras AMOS, qu'elle a mises au point, dont 5 sont situées en Slovaquie, 3 aux îles Canaries (Espagne), 3 au Chili et 3 à Hawaii (États-Unis d'Amérique). Le système peut servir à la modélisation des rentrées en surveillant les trajectoires des fragments dans

l'atmosphère et en effectuant des analyses spectrales de ceux-ci. Il peut observer les spectres de réflectance à partir d'étincelles spéculaires, information qui est utilisée pour la caractérisation en surface des débris spatiaux situés en orbite terrestre basse.

III. Réponses reçues des organisations internationales

Organisation internationale de normalisation

[Original : anglais]
[6 septembre 2019]

Remarques générales concernant l'Organisation internationale de normalisation

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) a été créée il y a 72 ans pour promouvoir des normes applicables au commerce international, aux communications et aux activités manufacturières. C'est une organisation non gouvernementale indépendante composée de membres issus des organismes nationaux de normalisation de 163 pays. Ces organismes facilitent et gèrent l'élaboration des normes dans leur pays. Travaillant en collaboration avec l'ISO et en son sein, ils recensent les parties intéressées et les experts des domaines concernés, coordonnent les contributions des parties en question et reçoivent les demandes de nouvelles normes. L'ISO est le plus grand organisme d'élaboration de normes internationales au monde.

Également créé en 1947, le comité technique 20 de l'ISO est l'un des comités techniques de l'ISO les plus prolifiques en matière de normalisation internationale. Avec plus de 600 normes publiées qui ont été élaborées sous son égide et celle de ses sous-comités, il occupe une place importante et pertinente dans l'industrie aérospatiale. Deux sous-comités y élaborent les normes spatiales, à savoir le sous-comité 13 et le sous-comité 14 :

a) Le sous-comité 13 élabore des normes internationales applicables aux messages contenant des données spatiales. Fonctionnellement équivalent au Comité consultatif pour les systèmes de données spatiales, il regroupe 11 agences spatiales réparties dans le monde. Les normes relatives aux messages pour des données spatiales recueillies par son groupe de travail sur la navigation sont particulièrement importantes pour la viabilité à long terme des activités spatiales. Les normes élaborées par celui-ci facilitent la mise en commun des données spatiales, telles que les informations sur les orbites, les paramètres de rapprochement, les données relatives aux trajectoires, à l'attitude, aux rentrées dans l'atmosphère et les paramètres de pointage des capteurs. La norme relative aux messages pour des données d'orbite est la norme du sous-comité 13 la plus téléchargée à ce jour ;

b) Le sous-comité 14 élabore des normes à partir des meilleures pratiques en matière de systèmes spatiaux (développement et mise en œuvre). Toutes les disciplines que couvrent ses sept groupes de travail ont trait à la sécurité spatiale et à la viabilité à long terme des activités spatiales.

Recherche sur les débris spatiaux

L'ISO fait largement appel à ses 100 000 experts fonctionnels répartis à travers le monde et aux recherches que beaucoup mènent pour soutenir l'élaboration et l'évolution de ses 22 000 normes internationales actives. Les experts en question sont notamment des membres du Comité de coordination inter-agences sur les débris spatiaux (IADC), d'établissements universitaires, d'administrations spatiales nationales, de gouvernements et de l'industrie spatiale civile et commerciale.

Peu après la publication de la première édition des Lignes directrices de l'IADC relatives à la réduction des débris spatiaux, l'ISO a créé, en 2002, un groupe de travail chargé de traduire en un ensemble complet de normes internationales de réduction des

débris spatiaux les lignes directrices et les meilleures pratiques de l'IADC, de l'ONU, des exploitants d'engins spatiaux et des organismes de réglementation.

Sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaire et risque de collisions

En ce qui concerne la sûreté générale de l'énergie nucléaire, l'ISO a adopté plus de 200 normes dans ce domaine¹, dont certaines pourraient être utiles.

Outre les exigences et les lignes directrices applicables à la réduction des débris spatiaux (voir la section suivante), il existe des normes du sous-comité 14 portant sur les questions générales de gestion du risque et de la sécurité, notamment la norme ISO 31000 – Management du risque ; la norme ISO 11231 sur les systèmes spatiaux – Évaluation du risque probabiliste ; et la norme ISO 14620, sur les systèmes spatiaux – Exigences de sécurité – Partie 1 : Sécurité système.

Il existe également des normes du sous-comité 14 qui portent sur la sécurité des pièces et des matériaux (l'ensemble de la norme 14624 et la norme ISO/TS 16697 sur la sécurité et la compatibilité des matériaux, et l'ensemble de la norme 22538 sur la sécurité des systèmes d'oxygène) ; de nouvelles normes sont aussi en cours d'élaboration au sein du sous-comité qui porteront sur la gestion du trafic spatial (norme 22639 sur les systèmes spatiaux – lignes directrices de conception pour la co-implantation de satellites en orbite multigéostationnaire et la norme 24330 sur les systèmes spatiaux – opérations de rendez-vous et de proximité).

En outre, un certain nombre d'experts du sous-comité 14 participent activement à des études de sécurité menées dans des agences spatiales, au Comité de coordination inter-agences sur les débris spatiaux et dans d'autres entités.

Modalités d'application des lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux

Les systèmes spatiaux offrent aujourd'hui d'énormes avantages économiques et sociétaux, mais nous devons veiller à protéger cet espace précieux au-dessus du globe pour les générations à venir. Les normes relatives à la réduction des débris orbitaux, comme celles que l'ISO élabore et publie, visent à maintenir l'équilibre délicat entre les besoins antagoniques d'une industrie spatiale qui se transforme rapidement et la nécessité d'assurer la viabilité de l'environnement spatial. Par conséquent, elles continueront probablement d'évoluer à mesure que nous investirons de plus en plus l'espace et que nous en apprendrons davantage sur la population des débris spatiaux.

De nombreuses normes du sous-comité 14 du comité technique 20 de l'ISO relatives à la réduction des débris spatiaux sont publiées depuis 2010. Elles ont déjà servi à guider un certain nombre de pays dans leurs activités spatiales, et elles constituent aujourd'hui une contribution importante aux travaux menés dans le monde qui visent à résoudre le problème des débris spatiaux.

À la lumière des avis recueillis auprès des industriels, le sous-comité 14 travaille maintenant à regrouper ces normes en un ensemble de documents plus restreint et plus cohérent. Les normes d'application connexes, énumérées ci-dessous, énoncent les moyens d'assurer la conformité avec la norme ISO 24113.

¹ Voir www.iso.org/search.html?q=nuclear&hPP=10&idx=all_fr&p=0.

Tableau
Normes et rapports techniques

<i>Numéro ISO</i>	<i>Date de publication</i>	<i>Titre</i>
11227	2012	Systèmes spatiaux – Mode opératoire d’essai pour l’évaluation des éjectats de matériaux des véhicules spatiaux résultant d’impacts à hypervitesse
14200	2012	Environnement spatial (naturel et artificiel) – Lignes directrices pour une mise en œuvre fondée sur les processus des modèles environnementaux des météoroïdes et des débris (altitudes d’orbite inférieures à GEO + 2 000 km)
16126	2014	Systèmes spatiaux – Évaluation de la capacité de survie des véhicules spatiaux non habités face aux débris spatiaux et aux impacts de météoroïdes pour garantir une élimination efficace d’après-mission
16127	2014	Systèmes spatiaux – Prévention de l’éclatement des navettes sans pilote
TR/16158	2013	Systèmes spatiaux – Évitement des collisions avec les objets en orbite
16164	2015	Systèmes spatiaux – Disposition des satellites opérant dans ou à cheval de l’orbite terrestre basse
16699	2015	Systèmes spatiaux – Élimination des étages orbitaux de lanceurs
TR/18146	2015	Systèmes spatiaux – Conception de mitigation des débris spatiaux et lignes directrices de manœuvre de la navette
TR/20590	2017	Systèmes spatiaux - Conception pour l’atténuation des débris et manuel d’utilisation à étages orbitaux pour les véhicules de lancement
23339	2010	Systèmes spatiaux – Véhicules spatiaux non habités – Estimation de la masse d’ergols résiduels utilisable
24113	2011	Systèmes spatiaux – Exigences de mitigation des débris spatiaux
26872	2010	Systèmes spatiaux – Élimination des satellites opérant à une altitude géostationnaire
27852	2016	Systèmes spatiaux – Estimation de la durée de vie en orbite
27875	2019	Systèmes spatiaux – Gestion du risque de la rentrée pour les étapes orbitales des véhicules spatiaux non habités et des lanceurs spatiaux

La norme ISO 24113² a été mise à jour en 2019 pour tenir compte des changements notables apportés à plusieurs des exigences de haut niveau applicables à la réduction des débris spatiaux, ce qui est particulièrement important. Ces mises à jour sont devenues nécessaires en raison de l’augmentation du nombre de données sur l’augmentation prévue des débris orbitaux dans les régions protégées de l’orbite terrestre basse et de l’orbite des satellites géostationnaires. Plus particulièrement, l’exigence selon laquelle un engin spatial ou un étage orbital doit dépasser un seuil déterminé pour que la probabilité de réussite de son élimination se concrétise a été rendue plus stricte. Il ressort clairement des études à long terme sur l’environnement

² Disponible à l’adresse www.iso.org/standard/72383.html.

des débris que les objets spatiaux doivent maintenant être éliminés avec un très haut degré de probabilité de réussite à l'issue de leur mission. L'adoption généralisée de telles mesures par les constructeurs et les exploitants d'engins spatiaux devrait contribuer dans une large mesure à freiner l'augmentation du nombre des débris orbitaux.

Université internationale de l'espace

[Original : anglais]

[17 juillet 2019]

Une liste des rapports les plus récents sur des projets d'équipes d'étudiants de l'Université internationale de l'espace consacrés aux débris spatiaux figure ci-après. Des liens renvoient vers les notices bibliographiques de tous ceux pour lesquels un résumé et le rapport complet en format PDF sont disponibles.

Retrait actif et réduction des débris

Ces dernières années, le nombre de satellites mis en orbite n'a cessé d'augmenter. Si de nouveaux concepts, comme les mégaconstellations en orbites terrestres basses, connaissent un succès commercial, le nombre de satellites lancés chaque année augmentera encore. En l'absence d'activités spécifiques de réduction ou de remédiation, il pourrait devenir impossible dans un avenir proche d'exploiter de manière sûre des engins spatiaux sur ces orbites. Le projet ci-après vise à nettoyer l'espace orbital de façon écologique à partir de la Terre. Ces objectifs sont fondés sur l'initiative « Espace propre » de l'Agence spatiale européenne.

https://isulibrary.isunet.edu/index.php?lvl=notice_display&id=10462

Débris spatiaux

L'environnement orbital de la Terre est pollué par des débris spatiaux d'origine humaine. Le rapport ci-après a pour objet de proposer une voie à suivre qui aborde ces aspects en recommandant une solution technique privilégiée et en proposant des cadres politiques, juridiques et financiers modifiés ou nouveaux. Il résume ces propositions dans un plan d'action pluriannuel.

https://isulibrary.isunet.edu/index.php?lvl=notice_display&id=8414

Gestion du trafic spatial

L'espace n'est plus l'immensité vide qu'il était à la naissance de l'ère spatiale en 1957. Les orbites sont de plus en plus encombrées en raison de l'augmentation du nombre d'objets dans l'espace – les satellites opérationnels certes mais, surtout, les débris spatiaux orbitaux. De plus, à l'heure actuelle, il est technologiquement impossible de désorbiter les débris.

Le rapport ci-après met l'accent sur les règles du trafic spatial qui réduiraient la probabilité que des débris provoquent des collisions et permettraient ainsi aux activités spatiales de continuer à progresser plus rationnellement pour le bien de tous les acteurs. Il prend comme point de départ l'étude sur la gestion du trafic spatial de l'Académie internationale d'astronautique et traite plusieurs de ses principales recommandations.

https://isulibrary.isunet.edu/index.php?lvl=notice_display&id=311