



Assemblée générale

Distr. générale
2 novembre 2016
Français
Original: anglais/espagnol

**Comité des utilisations pacifiques
de l'espace extra-atmosphérique**
Sous-Comité scientifique et technique
Quarante-quatrième session
Vienne, 30 janvier-10 février 2017
Point 7 de l'ordre du jour provisoire*
Débris spatiaux

Recherche nationale 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. Dans sa résolution [71/90](#), l'Assemblée générale, gravement préoccupée par la fragilité de l'environnement spatial et par les problèmes posés à la viabilité à long terme des activités spatiales, notamment la question des débris spatiaux qui intéresse tous les pays, a jugé indispensable que les États, en particulier ceux qui utilisent des sources d'énergie nucléaire, prêtent davantage attention au problème des collisions d'objets spatiaux avec des débris spatiaux, et aux autres aspects de la question des débris spatiaux. Elle a demandé que des recherches sur cette question se poursuivent au niveau national, que les techniques de surveillance des débris spatiaux soient améliorées et que des données sur ces débris soient rassemblées et diffusées. L'Assemblée a également estimé que le Sous-Comité scientifique et technique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique devrait, autant que possible, en être informé et est convenue que la coopération internationale s'imposait pour élaborer des stratégies appropriées et abordables destinées à réduire le plus possible l'incidence des débris spatiaux sur les futures missions spatiales.

2. À sa cinquante-troisième session, le Sous-Comité 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 les débris spatiaux, la sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaire, les problèmes relatifs à la collision de tels objets avec de débris spatiaux et la façon dont les lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux étaient appliquées ([A/AC.105/1109](#), par. 113). À cette fin, une

* [A/AC.105/C.1/L.355](#).



communication datée du 29 juillet 2016 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 17 octobre 2016, afin que les informations puissent être communiquées au Sous-Comité à sa cinquante-quatrième session.

3. Le présent document a été établi par le Secrétariat à partir des informations reçues de quatre États Membres, à savoir l'Espagne, le Japon, le Mexique et le Portugal, ainsi que de l'Association internationale pour la promotion de la sécurité spatiale (IAASS) et du Conseil consultatif de la génération spatiale. Des informations complémentaires fournies par le Japon et le Conseil consultatif de la génération spatiale, qui comportent des images et des chiffres relatifs aux débris spatiaux, seront aussi diffusées dans un document de séance à la cinquante-quatrième session du Sous-Comité.

II. Réponses reçues des États Membres

Espagne

[Original: espagnol]
[18 octobre 2016]

Au cours des 10 dernières années, l'Espagne a acquis une vaste expérience dans le domaine des débris spatiaux. Ses instituts de recherche et l'industrie ont mis au moins un grand nombre de systèmes et d'outils destinés à déterminer et à prévoir l'orbite d'objets spatiaux. En outre, le Gouvernement a créé un système national de surveillance spatiale et s'est associé à plusieurs projets internationaux visant à améliorer cette surveillance et à réduire le risque de collision sur orbite.

Parallèlement à ces activités, l'Espagne mène des travaux de recherche-développement. Des télescopes astronomiques ont été adaptés pour la détection d'objets en orbite terrestre. Les premières campagnes d'observation ont donné des résultats très concluants: elles ont permis de détecter de nombreux objets et de mieux comprendre les risques de collision sur orbite avec des débris spatiaux. Dans le même temps, de nouveaux systèmes dédiés de détection et de surveillance sont mis au point. Ils permettront de renforcer considérablement la capacité de surveillance des orbites terrestres et, grâce aux informations recueillies, d'étudier leur comportement et de réduire ainsi le risque de collision.

L'Espagne participe également au cadre européen de soutien à la surveillance de l'espace et au suivi des objets en orbite qui vise non seulement à fournir des services de surveillance et de suivi, mais aussi à mener des travaux de recherche pour améliorer les techniques en la matière. Ces recherches devaient commencer en 2016 et vont se poursuivre au moins jusqu'en 2020. Elles permettront de faire avancer considérablement la compréhension de la situation des débris spatiaux en orbite terrestre et de réduire les risques de collision.

L'Espagne a joué un rôle central dans le cadre du programme de connaissance de l'environnement spatial de l'Agence spatiale européenne, dont la surveillance de l'espace est une des composantes. En effet, c'est le pays qui a le plus largement contribué à ce programme, en encadrant un grand nombre d'activités, ce qui a ainsi permis de mieux comprendre le problème complexe des débris spatiaux.

Il convient de noter que, même si aucune de ces activités n'est expressément liée aux objets équipés de sources d'énergie nucléaire, la réduction des risques de collision

en général sera particulièrement bénéfique à cet égard, car le risque de collision avec ce type d'objets diminuera également.

Japon

[Original: anglais]
[28 octobre 2016]

Aperçu

Le présent rapport donne un aperçu des travaux de recherche majeurs menés par l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA).

La section suivante présente les principaux domaines de recherche de la JAXA, à savoir:

- a) Résultats de l'évaluation des conjonctions et technologies de base pour la connaissance de l'environnement spatial;
- b) Recherches sur les techniques permettant d'observer des objets en orbite terrestre basse et en orbite géosynchrone et de déterminer leur orbite;
- c) Système de mesure des microdébris *in situ*;
- d) Protection contre les impacts de microdébris;
- e) Conception d'un réservoir d'ergol qui se désintègre facilement lors de sa rentrée dans l'atmosphère;
- f) Élimination active des débris

Résultats de l'évaluation des conjonctions et technologies de base pour la connaissance de l'environnement spatial

Résultats de l'évaluation des conjonctions

La JAXA est informée des conjonctions par le Joint Space Operations Center. En août 2016, 110 notifications ont été reçues, qui concernaient des conjonctions dépassant une valeur-seuil déterminée. Entre 2009 et août 2016, la JAXA a réalisé 19 manœuvres d'évitement de collision pour des engins spatiaux en orbite terrestre basse.

Technologies de base pour la connaissance de l'environnement spatial

La JAXA détermine l'orbite des objets spatiaux au moyen de données d'observation radar fournies par le centre de veille spatiale Kamisaibara et de données d'observation télescopique fournies par le centre de veille Bisei. Elle établit des prévisions de rapprochements en se basant sur les dernières éphémérides de ses satellites et calcule les probabilités de collision en utilisant des méthodes uniques. Par ailleurs, la JAXA évalue, sur la base de son expérience, les critères utilisés pour l'évaluation des conjonctions et les manœuvres d'évitement de collision. Dans le cadre de ses évaluations, elle analyse l'évolution de chaque condition de conjonction et les erreurs de prévision dues à des perturbations (telles que les incertitudes concernant la traînée aérodynamique).

Dans le cadre de ses recherches, la JAXA a analysé les rentrées atmosphériques en modifiant le nombre de passages en observation depuis les installations radar au

sol. Elle a constaté que, lorsque l'arc d'observation était supérieur à 24 heures, les erreurs de prévision des rentrées étaient moins importantes.

Recherches sur les techniques permettant d'observer des objets en orbite terrestre basse et en orbite géosynchrone et de déterminer leur orbite

L'observation des objets en orbite terrestre basse est généralement réalisée par radar, mais la JAXA tente de remplacer cette méthode par l'utilisation d'un système optique afin de réduire les coûts de construction et d'exploitation. Des réseaux de capteurs optiques sont utilisés pour couvrir de vastes régions du ciel. D'après les observations effectuées, les objets d'un diamètre égal ou supérieur à 15 cm sont détectables à une altitude de 1 000 km par un dispositif composé d'un télescope de 18 cm et d'un capteur semi-conducteur complémentaire à l'oxyde de métal. Néanmoins, 36 % de ces objets ne sont pas catalogués. En outre, la JAXA est parvenue à détecter une sphère POPACS (Polar orbiting passive atmospheric calibration sphere) en orbite, constituée d'aluminium et ayant un diamètre de 10 cm. La JAXA a également mis au point un capteur semi-conducteur complémentaire à l'oxyde de métal à faible bruit capable d'observer des objets 5 fois plus larges que son prédécesseur et de détecter des objets 10 fois plus petits. Concernant l'observation des objets en orbite géosynchrone, une nouvelle méthode consiste à utiliser les données enregistrées sur deux nuits afin de déterminer l'orbite initiale des objets. Cette méthode permet de réduire d'un tiers le temps d'observation et d'observer ainsi une fois et demie plus d'objets.

Système de mesure des microdébris *in situ*

La JAXA a mis au point un détecteur embarqué pour effectuer des mesures *in situ* de microdébris, au diamètre inférieur à 1 mm, impossibles à détecter depuis le sol. Le capteur de ce système de mesures, appelé dispositif de surveillance des débris spatiaux, est le premier à appliquer un principe de détection des débris reposant sur des lignes conductrices (résistives).

Si un grand nombre d'engins spatiaux étaient équipés de ces capteurs, les données obtenues pourraient contribuer à améliorer la modélisation de l'environnement des débris. Le premier dispositif de surveillance des débris spatiaux a été lancé le 19 août 2015 avec le véhicule de transfert H-II (HTV) du vaisseau cargo japonais. Il s'agissait de la première expérience de mesure des microdébris à la Station spatiale internationale utilisant des lignes conductrices (résistives) pour la détection des objets. La JAXA en analyse actuellement les données.

Les systèmes de mesure des microdébris sont essentiels pour évaluer le risque d'impact des engins spatiaux par des débris et leur capacité de survie, ainsi que pour concevoir pour ces engins des dispositifs de protection à moindre coût. Malheureusement, peu de systèmes de ce type sont disponibles. La JAXA a fourni deux dispositifs de surveillance des débris pour le satellite commercial IDEA OSG 1, mis au point par une jeune entreprise, ASTROSCALE. Les agences spatiales du monde entier sont donc encouragées à lancer leurs engins spatiaux avec ce genre de dispositifs, à mettre en commun les données recueillies et à contribuer ainsi à l'amélioration des modèles de débris et de météoroïdes.

Protection contre les impacts de microdébris

La quantité de microdébris d'un diamètre inférieur à 1 mm en orbite terrestre basse continue d'augmenter. Les impacts de microdébris peuvent gravement endommager les satellites, étant donné que la vitesse moyenne d'impact est de 10 km/s.

Pour évaluer les conséquences de ces impacts sur un satellite, la JAXA effectue des essais d'impacts à hypervitesse et des simulations numériques sur les matériaux utilisés pour les composants des engins spatiaux et les blindages de protection. Elle a également commencé à étudier les défaillances électriques des faisceaux d'alimentation causées par ces impacts.

Les résultats de ces recherches figurent dans le manuel de conception pour la protection contre les débris spatiaux (Space debris protection design manual) JERG-2-144-HB, dont la version originale a été publiée en 2009 et qui a fait l'objet d'une révision en 2014.

Par ailleurs, la JAXA a élaboré un outil d'évaluation des risques d'impact de débris, baptisé TURANDOT, qui analyse les risques d'impact au moyen d'un modèle tridimensionnel d'un engin spatial. TURANDOT est mis à jour pour pouvoir intégrer le dernier modèle d'environnement des débris de l'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace (NASA), ORDEM 3.0.

Conception d'un réservoir d'ergol se désintégrant facilement lors de sa rentrée dans l'atmosphère

Un réservoir d'ergol est généralement constitué d'un alliage de titane. Bien que sa légèreté et sa bonne compatibilité chimique avec les ergols utilisés fassent de cet alliage un matériau particulièrement adapté, son point de fusion élevé empêche le réservoir de se désintégrer lors de sa rentrée dans l'atmosphère, ce qui présente des risques d'accidents au sol.

La JAXA a mené des recherches pour mettre au point un réservoir recouvert d'aluminium puis de composites de carbone, dont la température de fusion est moins élevée. Dans le cadre d'une étude de faisabilité, elle a effectué des essais de base, notamment un essai visant à déterminer la compatibilité d'un revêtement en aluminium avec un ergol composé d'hydrazine ainsi qu'un essai de chauffage par arc. La JAXA s'est efforcée de fabriquer la première maquette du réservoir à taille réduite, sur laquelle ont été menés des essais de timbrage, d'étanchéité, de cyclage, et de rupture sous pression qui ont tous été concluants. Des essais de vibration ont été menés sur un dispositif de gestion des propergols afin d'en confirmer la tolérance à l'environnement de lancement. À la suite de ces différents essais, la fabrication du deuxième modèle d'ingénierie du réservoir est maintenant en cours. Ce deuxième modèle, grandeur nature, subira également des essais de timbrage, d'étanchéité, de cyclage, de vibration (dans des conditions humides et sèches) et de rupture sous pression. Ensuite, la JAXA prévoit de fabriquer un prototype, qui sera également soumis à des essais. À terme, les coûts et délais de fabrication de ce réservoir devraient être inférieurs à ceux de ses prédécesseurs en titane.

Élimination active des débris

La JAXA mène un programme de recherche dont l'objectif est de lancer une mission peu coûteuse d'élimination active des débris. Ce programme comprend une étude de scénario, des travaux de recherche-développement sur des techniques clefs, ainsi que des travaux de recherche-développement qui permettront de mettre au point, dans un avenir proche, des techniques de maintenance en orbite à l'aide de robots.

La recherche-développement sur les techniques permettant d'éliminer activement les débris porte sur trois domaines: l'approche d'objets non coopératifs, les technologies de capture de ces objets et les techniques de désorbitation des objets volumineux. Pour l'élimination active des débris, le système de filin électrodynamique est prometteur, non seulement parce qu'il permet de désorbiter les débris sans utiliser

d'ergol, mais aussi parce qu'il est facile à fixer sur les débris non coopératifs. Un vol de démonstration du filin électrodynamique, baptisé KITE, est prévu pour l'exercice 2016. Un compte rendu de la mission KITE sera mis à la disposition du Sous-Comité à sa quarante-quatrième session dans un document de séance. Le HTV embarquera un module expérimental du filin électrodynamique qui sera activé juste avant la rentrée du véhicule dans l'atmosphère terrestre afin de faire la démonstration de ses fonctions de désorbitation.

Mexique

[Original: espagnol]

[14 octobre 2016]

Dans le présent rapport, l'Agence spatiale mexicaine, qui mène, depuis ses débuts, des études et des recherches afin de contribuer aux activités relatives aux techniques spatiales innovantes, décrit l'état d'avancement de ses travaux de recherche sur les débris spatiaux, la sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaire et les problèmes relatifs à la collision d'objets de ce type avec des débris spatiaux.

En matière de sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaire, le Mexique participe activement aux travaux du Sous-Comité scientifique et technique et du Sous-Comité juridique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique. Le Mexique, qui souscrit aux principes relatifs à l'utilisation de sources d'énergie nucléaire dans l'espace, est un État pacifique qui s'inspire d'instruments internationaux tels que le Traité visant l'interdiction des armes nucléaires en Amérique latine et dans les Caraïbes (Traité de Tlatelolco). De plus, il est partie à la Convention sur la sûreté nucléaire, qui aborde la question de la sûreté selon une approche préventive et systématique et témoigne de l'importance que la communauté internationale accorde à ce qu'il soit fait en sorte que l'utilisation de l'énergie nucléaire soit sûre, bien réglementée et écologiquement rationnelle.

Le Mexique considère qu'il importe d'avancer dans un cadre officiel pour analyser les propositions liées à l'élaboration d'une convention globale universelle, qui confère un caractère contraignant aux principes relatifs à l'espace et complète les dispositions des traités des Nations Unies existants dans ce domaine. Il est partie au 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 de 1967 qui, au premier paragraphe de son article IV, établit que: "Les 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." Bien qu'il existe des dispositions réglementaires contraignantes et non contraignantes, aucune sanction n'est prévue en cas de catastrophe provoquée par un objet spatial porteur d'une charge nucléaire, en dehors de ce qu'il est possible de qualifier de "réparation pour le dommage", selon les termes de la Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux.

Le Mexique collabore avec le Groupe de travail sur la viabilité à long terme des activités spatiales, au sein de ses quatre groupes d'experts, à savoir: groupe A: utilisation viable de l'espace en faveur du développement durable sur la Terre; groupe B: débris spatiaux, opérations spatiales et outils favorisant, par la collaboration, la connaissance de l'environnement spatial; groupe C: météorologie

spatiale; et groupe D: règles et conseils aux acteurs du domaine spatial. Il a participé à l'initiative par laquelle l'Allemagne, le Canada et la République tchèque ont présenté au Sous-Comité juridique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique un recueil des normes relatives à la réduction des débris spatiaux à sa cinquante-troisième session.

Les activités spatiales du Mexique ont débuté en 1985, avec le lancement des satellites géostationnaires Morelos I et Morelos II. Six satellites sont actuellement en service. Conformément à la pratique suivie en matière d'élimination des débris spatiaux, la politique mexicaine concernant l'orbite des satellites géostationnaires consiste à prévoir suffisamment de carburant pour qu'à la fin de sa durée de vie le satellite puisse se désorbiter automatiquement. C'est la procédure qui a été utilisée pour Satmex. Toutes les procédures mentionnées ci-dessus tiennent compte des Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, ainsi que des réglementations pertinentes adoptées par différents pays dotés d'importants programmes spatiaux.

Conformément au Traité sur l'espace extra-atmosphérique, le Mexique maintient sa position sur la non-militarisation et l'utilisation pacifique de l'espace.

Portugal

[Original: anglais]
[28 octobre 2016]

Activités relatives aux débris spatiaux au Portugal

Les principales activités relatives aux débris spatiaux au Portugal sont décrites brièvement ci-après:

Débris causés par une dégradation des engins spatiaux

Les activités dans ce domaine sont menées dans le cadre d'un contrat de l'Agence spatiale européenne. La Faculté des sciences de l'Université de Lisbonne est le maître d'œuvre du projet et Onera (France) et l'Université technique de Brunswick (Allemagne), deux sous-traitants.

L'objectif est d'évaluer la quantité et les caractéristiques des débris provenant de l'exposition des parties extérieures des engins spatiaux à leur environnement opérationnel. Une attention particulière est portée à l'isolation multicouche et aux éclats de peinture, qui peuvent entraîner une dégradation de la surface de ces engins. Il est primordial de comprendre le processus de production des débris spatiaux, de pouvoir les caractériser et les quantifier afin de modéliser le milieu spatial.

Dans le cadre de ces activités, les études expérimentales de dégradation des engins spatiaux sont réalisées dans des conditions réelles ou accélérées en milieu spatial.

Système portugais de surveillance de l'espace et de suivi des objets en orbite

Ce projet est mené par un consortium d'acteurs de l'industrie spatiale à l'échelle nationale avec la participation de leurs partenaires universitaires et en collaboration avec le Ministère de la défense et le Ministère de la science, de la technologie et de l'enseignement supérieur.

Ce consortium, dirigé par EDISOFT, une entreprise qui propose des services de développement de logiciel, est composé de Deimos Engenharia (DEIMOS), de GMV, d'EID (société de recherche-développement en électronique), de l'Institut de télécommunications et des Facultés des sciences des Universités de Porto et de Lisbonne.

Le projet n'est pour le moment qu'en phase de proposition. Plusieurs réunions de toutes les parties prenantes (entreprises et ministères) ont déjà eu lieu.

Ce projet a différents objectifs qui peuvent être résumés comme suit: analyser le déploiement potentiel d'un système portugais de surveillance de l'espace et de suivi des objets en orbite et soumettre la demande de participation du pays au cadre européen de soutien en la matière.

Ce système permettrait de recueillir des informations sur les objets en orbite autour de la Terre, y compris les débris spatiaux, ainsi que sur les passages et activités de satellites étrangers. Il représenterait ainsi un atout géostratégique intéressant pour d'autres pays. En effet, le Portugal, en ayant un accès direct et libre à ces informations grâce à son système de surveillance de l'espace, pourrait renforcer son poids politique.

Les Açores et Madère font partie des territoires portugais susceptibles d'accueillir des infrastructures de surveillance de l'espace et de suivi des objets spatiaux. L'installation et l'entretien de ces infrastructures permettront de dynamiser l'économie locale, favorisant ainsi la création d'emplois et la croissance économique.

III. Réponses reçues des organisations internationales

Association internationale pour la promotion de la sécurité spatiale

[Original: anglais]
[23 octobre 2016]

Introduction

L'Association internationale pour la promotion de la sécurité spatiale (IAASS) est une organisation à but non lucratif destinée à renforcer la coopération internationale et le progrès scientifique dans le domaine de la sécurité des systèmes spatiaux. En 2004, elle est devenue membre de la Fédération internationale d'astronautique et s'est vu accorder en 2010 le statut d'observateur auprès du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique. L'IAASS est la première et la seule organisation dans le monde à proposer une grande diversité de manifestations spécialisées favorisant l'éducation permanente et la formation dans le domaine de la sécurité spatiale. En effet, elle organise des ateliers, des séminaires, des conférences et des formations pratiques. Ses conférences, qui ont lieu tous les 18 mois, représentent une occasion unique d'évaluer le milieu spatial et sa sécurité.

À la huitième conférence de l'IAASS, tenue du 18 au 20 mai 2016 à Melbourne, Floride (États-Unis), une table ronde a été consacrée à l'analyse de l'impact sur le milieu spatial de l'arrivée de nouveaux acteurs dans le secteur. Trente experts de pays du monde entier ont participé aux discussions et ont examiné plus particulièrement les questions de l'impact des CubeSats, des chipsats et des constellations de petits satellites sur le milieu spatial. Ce thème a été choisi en raison de l'apparition, ces dernières années, de nouveaux projets spatiaux menés hors du cadre traditionnel des agences spatiales, des grands exploitants de satellites et de l'industrie traditionnelle. C'est le cas notamment des projets CubeSat encadrés par de nouveaux acteurs (pays

récemment entrés dans le secteur spatial, nouveaux fabricants et nouveaux exploitants). Il en va de même pour les projets de mégaconstellations, qui impliquent des centaines de satellites en orbite terrestre basse exploités par des consortiums puissants, nouveaux sur le marché.

Impact des nouveaux acteurs, CubeSats, chipsats, et constellations de petits satellites sur le risque de débris spatiaux

L'émergence de nouveaux acteurs, des CubeSats et des mégaconstellations soulève trois préoccupations majeures:

- a) Ces nouveaux objets spatiaux auront un impact sur la population en orbite terrestre basse, et cette évolution considérable entraînera une augmentation du risque de collision. De nouvelles mesures devront donc être prises en matière de surveillance spatiale;
- b) Beaucoup de nanosatellites n'ont aucune capacité de manœuvre, sont peu fiables et permettent uniquement le lancement de la charge utile secondaire dans l'orbite de largage de la charge utile primaire;
- c) De nouveaux acteurs apparaissent (pays, fabricants et exploitants) et continuent de déployer des systèmes peu fiables de première génération. Dans la plupart des pays qui ont récemment fait leur entrée dans le secteur, il n'existe aucun cadre juridique régissant les activités spatiales, et certains des nouveaux exploitants n'ont qu'une connaissance limitée des Lignes directrices des Nations Unies.

La première préoccupation concerne l'évolution de la population d'objets spatiaux en orbite terrestre. En effet, les nouveaux projets reposent sur l'exploitation d'un grand nombre de satellites. En 2015, par exemple, plus de 120 CubeSats ont été lancés, et dans le cas de mégaconstellations, des centaines de satellites pourraient être placés en orbite terrestre basse. Il est également important de prendre en compte la nécessité d'utiliser les étages supérieurs des lanceurs pour le lancement de ces satellites. En outre, il faudra lancer régulièrement des satellites supplémentaires pour remplacer ceux qui sont défectueux ou arrivés en fin de vie, afin de garantir la continuité des opérations. Cela pourrait être problématique si les petits satellites tournent en orbite au-delà de 650 km d'altitude. Pendant le premier atelier, les discussions ont porté essentiellement sur l'évolution de la population en orbite terrestre basse. Combien de satellites pourrait-il y avoir dans 10 ans? Combien de CubeSats aurait été lancés en 2020? Les CubeSats devraient-ils être utilisés à des fins commerciales?

L'augmentation de la population spatiale est susceptible d'accroître le risque de collision pour d'autres utilisateurs de l'espace, si les satellites ne disposent d'aucune capacité de manœuvre. D'après la troisième ligne directrice relative à la réduction des débris spatiaux, "si les données orbitales disponibles indiquent qu'il y a risque de collision, il conviendrait d'envisager d'ajuster l'heure du lancement ou de procéder à une manœuvre d'évitement en orbite." Malheureusement, la plupart des CubeSats et certains microsatsellites n'ont pas de système de propulsion, ou lorsqu'ils disposent d'un système à propulsion électrique, la puissance de celui-ci est extrêmement réduite. Certains de ces objets pourraient donc être dans l'incapacité d'accomplir les manœuvres d'évitement. Peut-on accepter que la moitié de la population orbitale ne respecte pas les dispositions réglementaires? Bien que le risque de collision soit moins important et les conséquences moins graves en raison de la taille de ces objets, il est nécessaire d'adapter les modèles mathématiques utilisés pour simuler de tels événements en prenant en compte les spécificités de ces satellites. Il semble donc primordial de mener d'autres études en la matière.

Enfin, il est difficile d'assurer le suivi et l'identification de CubeSats au moyen de systèmes de surveillance spatiale. Il existe, en effet, un risque de confondre des satellites placés sur des orbites voisines, ce qui entraînerait des difficultés juridiques supplémentaires en cas de dommages au sol ou dans l'espace. En outre, la Convention sur l'immatriculation des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique devrait être appliquée systématiquement et sans aucune exception par tous les États de lancement, quel que soit le type d'objet spatial.

Les caractéristiques techniques des petits satellites constituent une deuxième source de préoccupation. Par exemple, pour respecter le délai de 25 ans fixé pour l'élimination d'objets en orbite terrestre, les satellites doivent procéder à des opérations de fin de vie lorsqu'ils sont situés à une altitude supérieure à 650 km. En raison de la fiabilité des systèmes spatiaux actuels, ce délai de 25 ans est respecté moins de 6 fois sur 10 en orbite terrestre basse. La fiabilité de ces petits satellites pourrait donc être un autre obstacle à l'application des lignes directrices. En effet, leur conception est simplifiée au maximum pour coûter le moins cher possible, ce qui peut entraîner une réduction du nombre de fonctionnalités et de la fiabilité générale du satellite. Il y aurait donc un risque que des satellites hors d'usage dont on a perdu le contrôle se retrouvent abandonnés dans l'espace. Cette baisse potentielle de la fiabilité risque d'avoir des conséquences sur la stabilité à long terme de la population en orbite terrestre basse. Les modèles mathématiques simulant l'évolution de cette population sur le long terme prennent en compte certaines hypothèses, comme, par exemple, le nombre de satellites lancés chaque année et le taux de réussite des opérations d'élimination. Si la situation ne change pas, les experts craignent une croissance exponentielle du nombre d'objets dans l'espace extra-atmosphérique. En effet, non seulement, le nombre d'objets placés sur orbite risque d'augmenter fortement – OneWeb prévoit, par exemple, de lancer 900 satellites à 1 200 km d'altitude – mais le respect de la limite fixée pour les opérations de fin de vie pourrait aussi reculer en raison du défaut de fiabilité de ces petits satellites.

Enfin, la troisième préoccupation concerne le respect des recommandations ou réglementations internationales relatives aux débris spatiaux, à savoir les Lignes directrices du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique relatives à la réduction des débris spatiaux, celles du Comité de coordination interagences sur les débris spatiaux (IADC), les exigences relatives à la réduction des débris spatiaux de l'Organisation internationale de normalisation, ainsi que la législation nationale de plusieurs pays. La limite des 25 ans fixée pour le maintien des objets spatiaux en orbite terrestre basse à la fin de leur mission est un exemple parlant dans ce contexte. Dans la pratique, de nombreux petits satellites n'ont pas la manœuvrabilité nécessaire pour changer d'orbite à la fin de leur durée de vie opérationnelle. Les satellites ne disposant pas d'une capacité de manœuvre nécessaire devraient être placés uniquement en orbite basse afin de rentrer naturellement dans l'atmosphère dans un délai de 25 ans. Malheureusement, les petits satellites, qui sont lancés en tant que charge utile secondaire, se retrouvent sur l'orbite choisie pour les satellites plus grands et plus chers qui représentent la charge utile principale. Ces petits satellites devraient donc être largués à une altitude maximale de 650 km.

La question qui se pose alors est celle de l'application des recommandations internationales. En effet, compte tenu de leur faible coût, les petits satellites (CubeSats, chipsats) deviennent accessibles à de nouveaux exploitants, tels que des étudiants dans le cadre de projets universitaires, et ceux-ci ne sont pas forcément au courant de l'existence des lignes directrices adoptées au niveau international. En outre, tous les pays ne disposent pas d'un système juridique encadrant leur application. Comment, donc, garantir que les pays récemment entrés dans le secteur spatial surveillent les activités de leurs exploitants, conformément aux différents

traités? L'une des solutions pourrait être de demander aux opérateurs de lancement, bien connus, peu nombreux et placés sous contrôle national, d'effectuer ces vérifications. Néanmoins, cette option nécessiterait un accord entre tous les opérateurs pour éviter une distorsion de la concurrence. Une autre possibilité serait de créer une nouvelle organisation internationale, semblable à l'Organisation de l'aviation civile internationale, chargée de fixer des règles à l'intention de tous les exploitants commerciaux.

En résumé, le développement de petits satellites peu onéreux, tels que les CubeSats, conduit à l'élaboration de nouveaux projets et à l'émergence de nouveaux exploitants. Plusieurs conséquences importantes de cette évolution ont été analysées à l'occasion de la table ronde organisée par l'IAASS en mai 2016, à savoir:

- a) L'augmentation à court terme du risque de collision avec des satellites actifs et de la charge de travail des systèmes de surveillance spatiale;
- b) L'incapacité de certains petits satellites à accomplir les manœuvres d'évitement et de fin de vie, compte tenu de la simplification de leur conception;
- c) Le manque de connaissances des nouveaux acteurs du domaine sur les lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux et l'absence de cadre juridique national dans les pays qui mènent depuis peu des activités spatiales;
- d) La possible croissance exponentielle sur le long terme de la population d'objets spatiaux en orbite terrestre basse.

Conseil consultatif de la génération spatiale

[Original: anglais]
[17 octobre 2016]

Introduction

La question des débris spatiaux est devenue l'un des principaux sujets des discussions concernant la viabilité des activités spatiales. En effet, en raison de l'augmentation du nombre de petits satellites, il est difficile d'évaluer si les politiques en vigueur sont suffisantes pour réduire le risque représenté par les débris spatiaux. Compte tenu de l'intérêt accru pour les missions de longue durée, le nombre d'engins spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaire lancés dans l'espace est également en hausse. La collision entre ce type d'engins et des débris spatiaux pourrait entraîner une contamination nucléaire de la Terre ou du milieu spatial aux conséquences désastreuses. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre de nouvelles politiques pour garantir la sûreté de ces engins spatiaux et mieux faire connaître la menace qu'ils représentent pour l'utilisation durable de l'espace extra-atmosphérique.

Le problème des débris spatiaux

Depuis le lancement du premier satellite en 1957, l'orbite terrestre est de plus en plus encombrée. De nombreux pays et entreprises commerciales ont lancé leurs propres engins spatiaux en orbite autour de la Terre et nombre d'entre eux sont toujours en orbite. Seuls 6 % de l'ensemble des objets spatiaux sont toujours opérationnels, et près de 60 % sont des fragments produits par des explosions et des collisions. Plus de 20 000 de ces fragments, de la taille d'une balle de tennis ou plus gros, tournent toujours en orbite autour de la Terre à une vitesse proche de 28 150 km/h. Ces fragments incontrôlés, ainsi que d'autres débris spatiaux comme les corps de fusée abandonnés ou les satellites devenus inactifs, peuvent entrer en

collision et générer de nouveaux débris. Ce cycle est communément appelé syndrome de Kessler et se traduit avec le temps par une croissance exponentielle des débris orbitaux et de fait, par un risque accru pour les engins opérationnels en orbite. En plus d'être très nombreux, ces débris ont suffisamment de puissance pour briser la surface rigide des satellites et les détruire. En outre, le nombre de collisions enregistrées par la Station spatiale internationale et la fréquence à laquelle elle a été obligée d'effectuer des manœuvres d'évitement montrent l'impact réel de ces débris sur les opérations spatiales.

Actuellement, le nombre de débris en orbite terrestre basse n'est pas stable. Des simulations ont montré que même dans l'hypothèse d'un arrêt des lancements, le nombre de ces débris continuerait d'augmenter lentement. Avec des lancements réguliers et sans aucune mesure d'atténuation, leur quantité devrait croître de façon exponentielle. Les fragments générés par l'essai antisatellite effectué par la Chine en 2007 et la collision entre les satellites Iridium 33 et Cosmos 2251 en 2009 ont fortement contribué à la hausse importante des débris spatiaux. Des recherches ont montré que 60 % des fragments suivis provenaient d'explosions et de collisions dans l'espace, liées le plus souvent à des activités des États-Unis ou de l'ex-Union soviétique en orbite terrestre basse. Chaque année, le lancement de 120 à 150 satellites en moyenne entraîne la production de 300 à 500 fragments supplémentaires dans l'espace. Ces chiffres devraient continuer d'augmenter, compte tenu de la hausse du nombre de petits satellites placés sur orbite et de la mise au point, par plusieurs exploitants commerciaux, de projets de constellations de petits satellites.

Le risque de collision varie avec l'altitude: il atteint son niveau le plus élevé pour les objets placés sur orbite entre 500 et 1 200 km, puis entre 1 400 et 1 600 km d'altitude. Ces orbites sont essentiellement utilisées pour les expériences scientifiques ou l'observation de la Terre.

L'IADC a mis au point un ensemble de lignes directrices, telles que le délai de 25 ans fixé pour l'élimination des objets en orbite terrestre basse, que de nombreux acteurs respectent aujourd'hui. En outre, certains États ont élaboré leurs propres normes de réduction des débris spatiaux en s'inspirant de ces lignes directrices. Les études récentes ne permettent pas de déterminer si ce délai de 25 ans est une solution appropriée mais soulignent la nécessité de procéder à la révision de ces lignes directrices, compte tenu des nouvelles évolutions dans le secteur.

Parmi les actions concrètes entreprises par les États qui ont adopté les lignes directrices de l'IADC, on peut noter:

- a) L'amélioration de la conception des lanceurs et des engins spatiaux;
- b) La désorbitation de satellites;
- c) Le développement de logiciels et de modèles spécifiques pour la réduction des débris spatiaux.

De nombreuses solutions ont été proposées pour éliminer les débris spatiaux et le secteur spatial prend des initiatives pour lutter contre ce problème. Des études concernant la desserte en orbite, l'élimination active des débris et les capacités de désorbitation passive sont en cours afin de mieux stabiliser la situation en matière de débris spatiaux.

Sources d'énergie nucléaire dans l'espace

Les premiers progrès de la technologie nucléaire ont poussé les ingénieurs à tenter de l'intégrer dans différents domaines, de l'aviation au transport maritime, en passant par l'espace. En effet, les États-Unis, tout comme l'ex-Union soviétique, ont

tenté de lancer dans l'espace des réacteurs nucléaires: on retient notamment le lancement du SNAP-10A américain et le programme soviétique RORSAT. Les conséquences ont été parfois désastreuses, en particulier:

- a) L'échec du lancement du 25 avril 1973 et la chute du réacteur dans l'océan Pacifique au nord du Japon;
- b) La rentrée atmosphérique du satellite Cosmos 954 au-dessus du Canada en raison d'une panne de propulsion, qui a entraîné la contamination radioactive de 124 000 km² dans les Territoires du Nord-Ouest.

Les réacteurs nucléaires du programme RORSAT devaient être placés sur orbite et certains, en situation de décroissance radioactive, s'y trouvent toujours. En raison des incidents survenus durant de tels programmes, les activités nucléaires en orbite terrestre ont cessé.

Les réacteurs à fission traditionnels ne sont plus utilisés dans le cadre de missions spatiales. Désormais, les missions d'exploration utilisent des générateurs thermoélectriques à radio-isotopes (RTG), tels que le rover Curiosity. Ces systèmes produisent de l'énergie à partir de la chaleur générée par la décroissance d'échantillons radioactifs et sont bien plus sûrs et faciles à concevoir que les réacteurs traditionnels. Néanmoins, ils présentent un risque de contamination en cas de fuite du réservoir.

La contamination à la suite d'un échec de lancement ou d'une panne une fois l'objet spatial en orbite terrestre constitue le risque principal de l'utilisation des RTG. L'évaluation des risques réalisée à l'occasion de missions précédentes a montré que le risque d'incidents était différent à chaque phase de la mission, avec une probabilité atteignant 1 sur 10 pour la mission Cassini-Huygens. Après les échecs de précédentes missions ayant entraîné une contamination, comme dans le cas du Transit-5BN-3 des États-Unis en 1964 ou du Lunokhod russe en 1969, des mesures exigeant que les RTG soient intacts au moment de leur rentrée atmosphérique ont été adoptées, afin de réduire le risque de contamination. Elles ont permis d'atténuer l'impact des échecs postérieurs à ces missions, notamment dans le cas de la mission russe Mars 96 et de la rentrée atmosphérique du module lunaire Apollo 13, pour lesquelles aucune contamination n'a été constatée. Malgré ces progrès, tous les engins spatiaux, y compris ceux équipés de RTG, sont susceptibles d'entrer en collision et si le réservoir d'un RTG est endommagé à la suite d'un tel incident, la contamination est inévitable.

Aujourd'hui, les États envisagent d'appliquer le Cadre de sûreté pour les applications de sources d'énergie nucléaire dans l'espace. Ce Cadre faciliterait la réalisation, par les États, de missions faisant appel à des sources d'énergie nucléaire sur une base bilatérale ou multilatérale. Si l'élaboration de lignes directrices par l'IADC semble être une première étape importante, des mesures d'application doivent être mises en œuvre pour qu'il soit possible d'en bénéficier pleinement. Il faudra, par exemple, mettre en place une procédure d'autorisation de lancement des missions.

Nécessité d'adopter une perspective mondiale

Au XXI^e siècle, l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique, en particulier des orbites spatiales, est extrêmement importante pour fournir des services de communication à la population mondiale. C'est aussi un des facteurs qui contribuent aux mécanismes de gouvernance institués pour faire face à une grande variété de problèmes à l'échelle mondiale, notamment la surveillance des changements climatiques, le déclenchement d'alertes rapides en cas de catastrophes naturelles grâce à l'utilisation d'images-satellite, la contribution au développement des communautés locales en les aidant à accéder à Internet ou encore la mise en place de l'infrastructure

nécessaire au développement des technologies de l'information. Dans ce cadre, la réduction des débris spatiaux est indispensable pour assurer le progrès social et le développement mondial. Néanmoins, par rapport à ces besoins, la gouvernance de l'espace extra-atmosphérique reste bien insuffisante.

Tandis que les principaux acteurs internationaux, notamment des organisations internationales, des États et des organisations non gouvernementales examinent des mesures concrètes pour atteindre les objectifs de développement durable, les initiatives en faveur de la viabilité des activités spatiales ne sont pas intégrées dans ce cadre, car cette question n'est pas explicitement abordée. Afin de mettre en évidence son importance, ainsi que la pertinence et les bénéfices de la réduction des débris spatiaux, les acteurs concernés pourraient envisager les mesures suivantes :

- a) Considérer les orbites comme des ressources mondiales limitées;
- b) Faire valoir la pertinence et l'importance de la réduction des débris, notamment par rapport aux objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaire, afin de contribuer à la viabilité, sur le long terme, des activités spatiales en améliorant l'exploitation des biens spatiaux.

Conclusion

Aujourd'hui, l'évitement de collision constitue la partie la plus délicate des opérations spatiales. Pour mettre un terme au problème des débris spatiaux, il est nécessaire que tous les acteurs concernés travaillent en coopération. Pour ce faire, les lignes directrices de l'IADC constituent un point de départ, mais la mise en œuvre d'autres mesures pour lutter activement contre la croissance de la population de débris spatiaux semble être la seule solution à long terme pour venir à bout de ce problème. Compte tenu du risque élevé de collisions en orbite terrestre basse, les sources d'énergie nucléaire ne devraient être utilisées que dans le cadre de missions d'exploration interplanétaire. Pour que ces missions puissent être entreprises en toute sûreté et conformément à l'éthique, il faudrait prendre en considération les directives de sûreté élaborées par le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique et l'Agence internationale de l'énergie atomique, ainsi que les directives relatives à la protection de la planète.

Le Groupe de projet sur la sûreté et la viabilité de l'espace du Conseil consultatif de la génération spatiale recommande les mesures suivantes :

- a) Passer à la mise en œuvre du Cadre de sûreté pour les applications de sources d'énergie nucléaire dans l'espace en désignant un organisme international chargé de délivrer les autorisations de lancement des engins spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaire;
- b) Mettre en œuvre les Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux;
- c) Charger le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique de surveiller la mise en œuvre des lignes directrices susmentionnées et de communiquer régulièrement des informations à cet égard;
- d) Effectuer une révision des lignes directrices tous les cinq ans afin de rester en phase avec les avancées technologiques;
- e) Reconnaître que les orbites et l'espace extra-atmosphérique sont des biens communs de l'humanité et intégrer la viabilité des activités spatiales au programme de développement mondial, notamment afin d'atteindre les objectifs de développement durable.

Au sujet du Conseil consultatif de la génération spatiale à l'appui du Programme des Nations Unies pour les applications des techniques spatiales

Le Conseil consultatif de la génération spatiale travaille aux niveaux international, national et local pour mettre en relation les étudiants et les jeunes professionnels du secteur spatial, afin de réfléchir de manière créative aux questions de politique spatiale internationale et d'intégrer le point de vue de la nouvelle génération dans l'élaboration de cette politique. Il a été créé à l'issue de la troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (UNISPACE III), et ses travaux dans le cadre de l'ONU, en particulier du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, sont d'une importance capitale pour sa mission. Il apporte une contribution régulière aux travaux du Comité et de ses délégués et retransmet les opinions de ses membres et les résultats de ses projets. En outre, le Conseil participe aux travaux de plusieurs équipes et groupes de travail des Nations Unies qui traitent de questions spatiales ainsi qu'au Programme des Nations Unies pour les applications des techniques spatiales. Il est très fier d'être la seule organisation spatiale dédiée aux jeunes adultes à posséder le statut d'observateur permanent auprès du Comité et à participer aussi activement aux travaux de l'ONU. Outre le statut d'observateur permanent qu'il a obtenu auprès du Comité en 2001, il est doté, depuis 2003, d'un statut consultatif auprès du Conseil économique et social.

Au sujet du Groupe de projet sur la sûreté et la viabilité de l'espace du Conseil consultatif de la génération spatiale

Le Groupe de projet sur la sûreté et la viabilité de l'espace du Conseil consultatif de la génération spatiale a pour mission d'encourager les étudiants et les jeunes professionnels à participer activement aux débats et aux activités liés à la sécurité et à la viabilité de l'espace. Grâce à lui, le Conseil dispose d'une tribune internationale pour mettre en avant les perspectives de la prochaine génération de responsables du secteur spatial en matière de sûreté et de viabilité à long terme des activités spatiales. Le Groupe de projet mène chaque année plusieurs projets consacrés à la connaissance de l'environnement spatial, à la météorologie spatiale et aux débris spatiaux.