

**Assemblée générale**

Distr. générale
13 novembre 2013
Français
Original: anglais et espagnol

**Comité des utilisations pacifiques
de l'espace extra-atmosphérique**
Sous-Comité scientifique et technique
Cinquante et unième session
Vienne, 10-21 février 2014
Point 8 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 68/75, l'Assemblée générale s'est dite 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 Membres prêtent davantage attention au problème des collisions d'objets spatiaux, y compris ceux qui utilisent des sources d'énergie nucléaire, avec des débris spatiaux et aux autres aspects de la question des débris spatiaux; a demandé que les 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; a estimé que le Sous-Comité scientifique et technique 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 cinquantième session, le Sous-Comité scientifique et technique est convenu que les travaux de recherche sur les débris spatiaux devraient être

* Nouveau tirage pour raisons techniques le 17 janvier 2014.

** A/AC.105/C.1/L.332.



poursuivis et que les États Membres devraient communiquer à toutes les parties intéressées les résultats de ces recherches, notamment des informations sur les pratiques qui se sont révélées efficaces pour limiter la création de débris spatiaux (A/AC.105/1038, par. 104). Dans une note verbale en date du 16 juillet 2013, le Secrétaire général a invité les gouvernements et les organisations internationales ayant le statut d'observateur permanent auprès du Comité à soumettre avant le 14 octobre 2013 des rapports concernant la 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, afin que ces informations puissent être transmises au Sous-Comité à sa cinquante et unième session.

3. Le présent document a été établi par le Secrétariat à partir des informations reçues de cinq États Membres – Canada, Mexique, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Suisse et Thaïlande – et de trois organisations non gouvernementales ayant le statut d'observateur permanent auprès du Comité – le Comité de la recherche spatiale (COSPAR), le Conseil consultatif de la génération spatiale et la Secure World Foundation. Le rapport fourni par la Thaïlande, intitulé “Thailand space debris management (2013)” (Gestion des débris spatiaux par la Thaïlande (2013)), qui comporte des images, des tableaux et des chiffres relatifs aux débris spatiaux, sera diffusé en anglais seulement sur le site Web du Bureau des affaires spatiales du Secrétariat (www.unoosa.org) et en tant que document de séance de la cinquante et unième session du Sous-Comité scientifique et technique.

II. Réponses reçues des États Membres

Canada

[Original: anglais]
[4 novembre 2013]

Les débris spatiaux constituent une menace pour la viabilité à long terme des activités spatiales de toutes les nations. Le Canada demeure convaincu de l'importance de l'action menée par la communauté internationale en matière de coordination des activités de recherche sur les débris spatiaux et entend poursuivre sa collaboration active avec ses partenaires.

En février 2013, le Canada a lancé Sapphire, son premier satellite de défense, afin qu'il apporte une contribution au réseau de surveillance de l'espace des États-Unis. Il s'agit un capteur électro-optique spatial conçu pour localiser les objets spatiaux artificiels situés en orbite terrestre haute et visant à permettre au Canada d'améliorer sa connaissance de l'environnement spatial. Le même jour, le satellite canadien NEOSSat a été lancé en vue de renforcer la contribution du pays à la détection des débris spatiaux et des astéroïdes. NEOSSat a notamment la capacité de surveiller et de localiser les débris et les satellites, que les télescopes terrestres ont des difficultés à détecter et à localiser.

Comité de coordination interagences sur les débris spatiaux

Depuis que l'Agence spatiale canadienne (ASC) est devenue membre du Comité de coordination interagences sur les débris spatiaux, en 2011, elle a

collaboré et échangé des informations avec les autres membres du Comité en vue de faciliter la coopération à l'appui de la recherche et des activités intéressant les débris spatiaux. Le Comité de coordination interagences sur les débris spatiaux est une instance gouvernementale internationale regroupant 12 agences en vue de coordonner sur le plan mondial les activités concernant les questions liées aux débris artificiels et naturels dans l'espace. En tant que membre du Comité, le Canada s'est fixé pour priorités l'échange d'informations sur les questions touchant aux débris spatiaux, la mise en place d'activités de coopération dans le domaine de la recherche sur les débris spatiaux (par exemple, la recherche sur les impacts à grande vitesse) et l'examen de solutions possibles pour réduire les débris. Il a accueilli la trentième réunion du Comité à Montréal en 2012 et, en tant que pays hôte, il a assuré la présidence du Groupe directeur d'avril 2012 à avril 2013. L'ASC participe activement aux travaux du Groupe directeur et à celles de ses groupes de travail, et assure la vice-présidence du Groupe de travail 3 sur la protection.

Activités de recherche canadiennes sur la réduction des débris spatiaux

Au Canada, l'ASC pilote, en collaboration avec les universités et d'autres institutions publiques, des initiatives scientifiques et techniques relatives aux débris spatiaux. Grâce à la mise au point d'un banc d'essai d'impacts à hypervitesse induite par implosion, moyen unique en son genre d'accélérer les masses pour atteindre la vitesse des débris, ce qui permet d'étudier les régimes à plein impact, le Canada joue un rôle moteur dans ce domaine. Il met actuellement au point des capteurs à fibre optique qui seront incorporés dans des composites autorégénérateurs pour évaluer les impacts des débris spatiaux lorsqu'ils se produisent, tout en réduisant la propagation de débris secondaires. Il va en outre participer à l'enquête relative aux débris orbitaux menée dans le cadre du projet ACCORD de l'Union européenne, qui porte plus particulièrement sur la conception et l'exploitation des engins spatiaux.

En 2013, le Canada et la République tchèque, avec l'appui de l'Agence aérospatiale allemande, se sont lancés dans l'élaboration d'un recueil de normes adoptées par les États et organisations internationales en vue de réduire la création de débris spatiaux. Cette initiative constitue une contribution aux actions visant les débris spatiaux, engagées par le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique. Le recueil devrait être présenté au Sous-Comité juridique, à sa cinquante-troisième session en 2014, au titre du point de l'ordre du jour intitulé "Échange général d'informations sur les mécanismes juridiques relatifs aux mesures de réduction des débris spatiaux", pour information de l'ensemble de ses membres et examen.

Pratiques opérationnelles actuelles

En 2013, l'ASC a continué d'enregistrer un nombre accru de menaces de collision avec des biens spatiaux canadiens, ce qui a nécessité un examen plus poussé de la question et, le cas échéant, des manœuvres d'évitement. Le Centre d'expertise pour les débris spatiaux de l'ASC a mis au point un certain nombre de procédures concernant l'approche serrée des débris spatiaux et il est en relation avec les exploitants de satellites canadiens auxquels il fournit des analyses utiles dans les minutes suivant la réception d'alertes d'approche serrée. Une collaboration étroite s'exerce avec la Cellule des opérations spatiales canadiennes du Ministère de la

défense nationale dans le contexte de l'analyse des menaces posées par les débris spatiaux. L'objectif est de fournir des outils clefs sur les questions spatiales à des partenaires stratégiques au sein du Gouvernement canadien, en étroite collaboration avec les alliés du Canada dans le monde entier.

Le 29 mars 2013, le premier satellite canadien d'observation de la Terre, RADARSAT-1, a subi une anomalie technique majeure. Un examen approfondi a conclu qu'il était impossible d'y remédier et que le satellite n'était donc plus opérationnel. Au cours de 17 années d'une exploitation remarquable, RADARSAT-1 a fourni des centaines de milliers d'images à plus de 600 usagers répartis au Canada et dans 60 pays du monde. Ses images ont contribué aux efforts de secours déployés dans le cadre de 244 catastrophes et il a littéralement cartographié le monde, en assurant la couverture complète des continents, des plateaux-continentaux et des calottes polaires.

Parmi ses nombreuses réalisations, RADARSAT-1 a exécuté deux missions de cartographie de l'Antarctique, en 1999 et 2000, et produit les toutes premières cartes haute résolution de l'ensemble du continent de glace. Il a également réalisé la première couverture radar stéréoscopique de la masse terrestre de la planète et la première couverture interférométrique à haute résolution du Canada et produit des instantanés complets des saisons sur tous les continents. Le Canada entend poursuivre l'évaluation de la menace posée par les débris spatiaux avec l'appui de ses partenaires internationaux et a récemment entrepris un examen interne du satellite en rapport avec la présence de débris spatiaux.

Mexique

[Original: espagnol]
[14 octobre 2013]

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

Débris spatiaux

Le Mexique porte une grande attention à la question de la viabilité des activités spatiales, dont les débris spatiaux sont l'un des aspects principaux. La complexité du sujet est telle qu'il sera difficile de trouver des solutions à court terme. Le Mexique est représenté au sein des quatre groupes d'experts du Groupe de travail sur la viabilité à long terme des activités spatiales du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique.

Il convient de noter que l'Université nationale autonome du Mexique étudie une procédure de rentrée des satellites dans l'atmosphère. Un document a été soumis au Comité à ce sujet.

Les activités spatiales du Mexique ont débuté en 1985, avec le lancement des satellites géostationnaires Morelos I et Morelos II. Cinq satellites sont actuellement en service et l'on espère que deux autres seront lancés sur la même orbite en 2014 et 2015.

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 5.

Toutes les procédures ci-dessus mentionnées tiennent compte des Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux du Comité sur les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, ainsi que des réglementations adoptées en la matière par différents pays dotés d'importants programmes spatiaux.

Sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaire et problèmes relatifs à leur collision avec des débris spatiaux

Les Lignes directrices comportent des dispositions à ce sujet. Conformément 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, le Mexique maintient sa position sur la non-militarisation et l'utilisation pacifique de l'espace. Aucun programme spatial mexicain n'utilise de source d'énergie nucléaire. L'emploi de telles sources d'énergie est régi par la réglementation établie par l'Agence internationale de l'énergie atomique. Cela suppose donc implicitement que, dans le cadre de toute activité impliquant l'utilisation de sources d'énergie nucléaire, la sécurité des êtres humains dans l'espace et l'environnement spatial revêt une importance cruciale.

À cet égard, les Lignes directrices offrent un cadre fondamental concernant la sécurité.

Ni les Principes relatifs à l'utilisation de sources d'énergie nucléaire dans l'espace, ni les Lignes directrices n'ont de caractère contraignant. L'article IV du Traité sur l'espace extra-atmosphérique comporte une mesure de protection, même si elle a un caractère relatif.

Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord

[Original: anglais]

[14 octobre 2013]

Introduction

De nombreux pays ont adopté des lois pour donner suite aux obligations contractées en vertu des traités relatifs à l'espace. Au moment où les traités ont été élaborés, la question des débris spatiaux n'était pas encore bien cernée. Ces traités et les lois nationales sont toutefois assez souples pour qu'il soit possible de répondre efficacement au problème, sur la base des bonnes pratiques et des codes et principes visant à encourager l'adoption de mesures de réduction des débris spatiaux.

Un certain nombre de normes et directives devant permettre de réduire au minimum la production de débris et de protéger les engins spatiaux sont maintenant en place aux niveaux national et international, et les puissances spatiales en reconnaissent l'importance. Il s'agit d'un point clef pour s'assurer que

l'environnement orbital peut être exploité de manière juste et équitable, étant donné que beaucoup des pratiques de réduction des débris ont un coût. Pour que ces mesures de réduction soient appliquées de telle sorte que la compétitivité opérationnelle ne soit pas affectée, il faut qu'elles soient acceptées et mises en œuvre de manière coordonnée par tous les utilisateurs de l'espace. Pour être efficaces, elles doivent devenir un élément à part entière des opérations en orbite et non être appliquées au coup par coup, selon les circonstances. Si ces pratiques sont consacrées dans le droit national, alors les opérateurs sont obligés de prendre la question de la réduction des débris en considération tout au long de la mission, depuis la phase initiale de définition et les études de faisabilité, jusqu'à la phase finale de mise au rebut. La loi sur l'espace du Royaume-Uni est le texte qui régit l'octroi de licences aux nationaux désireux de mener des activités spatiales, et les procédures d'évaluation technique ont récemment été modifiées de telle sorte que les pratiques de réduction des débris spatiaux envisagées soient examinées avant que la décision d'accorder ou non une licence ne soit prise.

Loi sur l'espace du Royaume-Uni

La loi sur l'espace de 1986 est le texte juridique sur lequel se fonde la réglementation des activités spatiales (lancement et exploitation d'objets spatiaux) menées par des personnes ayant un lien avec le Royaume-Uni. Elle confère des pouvoirs en matière d'octroi de licences et autres au ministre compétent agissant par le truchement de l'Agence spatiale britannique. Elle assure le respect des obligations qui incombent au Royaume-Uni en vertu des conventions internationales relatives aux utilisations de l'espace dont il est signataire. Ces conventions sont les suivantes:

a) Le 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, 27 janvier 1967 (Traité sur l'espace extra-atmosphérique);

b) L'Accord sur le sauvetage des astronautes, le retour des astronautes et la restitution des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique, 22 avril 1968 (Accord sur le sauvetage);

c) La Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages causés par des objets spatiaux, 29 mars 1972 (Convention sur la responsabilité);

d) La Convention sur l'immatriculation des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique, 14 janvier 1975 (Convention sur l'immatriculation).

Conformément à la loi sur l'espace, le ministre ne peut accorder de licence que s'il a l'assurance que les activités qu'il autorise ne mettront en danger ni la santé publique ni la sécurité des personnes ou des biens, qu'elles seront compatibles avec les obligations internationales du Royaume-Uni et qu'elles ne porteront pas atteinte à la sécurité nationale. De plus, il impose au titulaire de la licence de mener ses opérations de telle manière qu'elles ne puissent pas provoquer de contamination de l'espace ni de dégradation de l'environnement terrestre, et qu'elles n'interfèrent pas avec les activités d'autres acteurs de l'exploration et de l'utilisation pacifiques de l'espace.

Le ministre impose au titulaire de la licence de s'assurer pour le cas où sa responsabilité serait engagée du fait de dommages ou pertes encourus par des tiers,

au Royaume-Uni ou ailleurs, du fait des activités autorisées. De plus, le titulaire est tenu d'indemniser le Gouvernement britannique pour toute demande de réparation qui serait adressée à ce dernier à la suite d'un dommage ou d'une perte résultant d'activités menées par le titulaire et visées par la loi.

La loi sur l'espace prévoit le contrôle réglementaire nécessaire dans les domaines suivants: santé et sécurité publiques et sécurité des biens; évaluation des effets des activités proposées sur l'environnement; évaluation de leurs incidences sur les intérêts du pays en matière de sécurité nationale et de politique étrangère; et détermination des responsabilités financières et obligations internationales.

Processus de délivrance de licences et évaluation technique

L'évaluation de la sûreté a pour but de déterminer si un demandeur est à même de procéder en toute sûreté au lancement du ou des lanceurs envisagés et de toute charge utile. Le titulaire de la licence portant la responsabilité de la sécurité publique, il doit préalablement montrer qu'il comprend bien les risques de l'entreprise et expliquer comment les opérations pourront être menées de manière sûre. Il doit réaliser un certain nombre d'analyses techniques d'ordre quantitatif et qualitatif afin de démontrer que les opérations commerciales de lancement ne créeront pas de danger inacceptable pour la population. Les analyses quantitatives portent principalement sur la fiabilité et les fonctions des systèmes clefs de sûreté, sur les risques associés au matériel et sur le danger que ces risques présentent pour les biens et les personnes à proximité du site de lancement et le long de la trajectoire de vol, et pour les satellites et autres engins en orbite. Les analyses qualitatives portent surtout sur les moyens dont dispose le demandeur, comme les politiques et procédures relatives à la sûreté du lancement, les communications, les qualifications des personnes clefs et les principales interfaces internes et externes.

Le lancement d'une charge utile en orbite et les risques associés à cette opération peuvent être décrits suivant les grandes phases de la mission, à savoir:

- a) Phase préalable au lancement;
- b) Lancement;
- c) Mise sur orbite;
- d) Rentrée dans l'atmosphère.

Dans le dossier technique de demande de licence qui doit être constitué en application de la loi sur l'espace de 1986, le demandeur doit fournir une évaluation du risque que présente pour la sécurité publique et les biens chaque phase de la mission en rapport avec les opérations envisagées et l'activité visée par la licence. Cette évaluation doit comporter les éléments suivants:

- a) Présentation des possibles défaillances du lanceur ou de la charge utile qui pourraient avoir des conséquences en matière de sécurité (y compris en matière de sécurité d'autres engins spatiaux en fonctionnement);
- b) Estimation de la probabilité de leur survenance, étayée par des données théoriques et historiques concernant la fiabilité du lanceur;
- c) Étude des conséquences de telles défaillances.

Selon qu'il convient, cette évaluation devrait aborder les points suivants:

- a) Risques associés au champ de tir;
- b) Risques pour les zones en aval du fait de l'impact de matériel largué en cours de mission;
- c) Risques associés au survol;
- d) Risques associés à l'orbite, y compris le risque de collision et/ou de production de débris, du fait de la mise sur orbites intermédiaire et finale des étages supérieurs du lanceur et des charges utiles;
- e) Risques associés à la rentrée dans l'atmosphère des étages supérieurs du lanceur et des charges utiles.

C'est ensuite sur cette évaluation qu'est fondé l'examen visant à déterminer si les activités envisagées par le demandeur sont conformes aux dispositions de la loi sur l'espace. Les critères qualitatifs et quantitatifs alors employés reposent sur les normes et pratiques mises en œuvre par de nombreux organismes officiels. À chaque fois, la personne chargée d'examiner le dossier s'attache à comprendre l'approche proposée par le demandeur, à juger de la qualité du procédé, à vérifier le degré de cohérence interne du projet, à étudier l'efficacité de la technique ou du procédé envisagé et à déterminer la conformité du projet avec les normes en vigueur dans le secteur ou imposées par l'Agence, et avec les dispositions de la loi sur l'espace.

Réduction des débris spatiaux et interprétation de la loi sur l'espace

Pour que le cadre d'évaluation technique tienne compte des questions de réduction des débris spatiaux, on recourt en particulier aux notions d'interférence physique et de contamination employées dans la loi sur l'espace. Bien que le problème des débris spatiaux n'ait pas encore été bien cerné au moment de l'entrée en vigueur de la loi sur l'espace, en 1986, celle-ci est suffisamment souple pour qu'il puisse en être donné des interprétations qui couvrent la question dans le cadre de l'évaluation technique. Ainsi, le terme "interférence physique" se rapporte à la probabilité de collision avec d'autres objets en orbite, et le terme "contamination" concerne l'élimination en toute sûreté des matériels en fin de vie. S'agissant des éléments concrets au moyen desquels une demande de licence est examinée, on se réfère aux principes directeurs, codes et normes toujours plus nombreux qui sont élaborés dans le but de réduire les débris spatiaux. Les Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux du Comité de coordination interagences sur les débris spatiaux et du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique prévoient des mesures qualitatives et quantitatives permettant d'évaluer la conformité des activités envisagées par le demandeur de licence avec les meilleures pratiques reconnues dans le secteur. Le type de licence le plus fréquemment traité par l'Agence spatiale britannique concerne les charges utiles. Pour une telle licence, les personnes chargées d'examiner le dossier du demandeur étudient les spécifications de la plate-forme du satellite (système de stabilisation d'orientation, orbite, système de stockage d'énergie, interface avec le lanceur, mécanisme de séparation, par exemple) et les processus prévus en matière de sûreté (plans et procédures) afin d'évaluer leur efficacité du point de vue de la réduction

des débris. On trouvera ci-dessous quelques exemples:

Système de stabilisation d'orientation. Détermination de la nature du système et de la mesure dans laquelle celui-ci répond aux besoins. S'agit-il de propulseurs à gaz froid ou de roues cinétiques/de réaction, peut-il rester de l'énergie stockée en fin de vie? Le cas échéant, il faut étudier les probabilités de fragmentation et, éventuellement, recommander des mesures de passivation en fin de vie.

Orbite. Compréhension générale des éléments orbitaux de la trajectoire envisagée. Considérer la durée de vie normale, la stabilité de l'orbite sous l'influence de perturbations naturelles, son degré d'occupation à une altitude donnée, toute caractéristique particulière de la configuration orbitale.

Système de stockage d'énergie. Examen général de la technologie retenue et de la mesure dans laquelle elle répond aux besoins. S'agit-il d'un système physique (roue inertielle) ou électrique, les piles à combustible sont-elles la norme, y a-t-il des éléments atypiques (générateur thermique à radio-isotopes, par exemple), le système est-il adapté aux besoins de la plate-forme en énergie et aux cycles de charge (prise en considération des caractéristiques des éclipses), y a-t-il risque de surcharge en fin de vie, la question de la passivation est-elle abordée?

Interface avec le lanceur et mécanisme de séparation. Compréhension de la nature du système de couplage et d'éjection. L'interface est-elle fonction du lanceur ou de la charge utile, l'environnement de lancement est-il très exigeant, est-il bien connu ou décrit et la charge utile remplit-elle les conditions nécessaires? Combien d'objets sont mis sur orbite en dehors de l'étage supérieur du lanceur et de la charge utile, le système de séparation permet-il de réduire au minimum la production de débris?

Processus et procédures de sûreté. Déterminer si des questions de sûreté se posent et si elles ont été étudiées. Si la phase de lancement est concernée, examiner les questions de sûreté que pose la charge utile pour le lanceur; la charge utile présente-t-elle des risques exceptionnels; en cas de charges utiles multiples, le déploiement de l'une présente-t-elle un risque pour les autres?

S'agissant de contamination de l'environnement, examiner les incidences tant des débris que des rayonnements (brouillage de fréquences, par exemple).

Incidences sur l'environnement constitué par les débris. Étudier la probabilité de collision de la charge utile avec d'autres charges utiles opérationnelles et l'environnement constitué par les débris. Ceci sera fonction de la configuration orbitale, de la durée de vie en orbite, de la taille physique et de la densité des objets dans l'espace à l'altitude envisagée.

Plans de désorbitation ou de réorbitation. En ce qui concerne sa capacité à se conformer aux obligations qui sont les siennes en matière de sûreté, le demandeur doit présenter ses plans de désorbitation/réorbitation, préciser si des plans sont prévus pour retirer le satellite de l'orbite opérationnelle en cas de défaillance irrémédiable, si les moyens en question sont disponibles, etc. Les personnes chargées d'examiner les questions de sûreté doivent voir si des plans sont prévus et, dans l'affirmative, s'ils sont efficaces. La question a-t-elle été étudiée, à quelle altitude se situe l'orbite opérationnelle, la mise au rebut est-elle nécessaire, la réorbitation à une altitude supérieure ou la désorbitation à une altitude inférieure sont-elles prévues, les orbites de rebut sont-elles efficaces, sont-elles conformes aux

normes/lignes directrices en vigueur (procédure de réorbitation des satellites géostationnaires préconisée par le Comité de coordination interagences sur les débris spatiaux, durée de vie en orbite de rebut inférieure à 2 000 km limitée à 25 ans, par exemple), quelles sont les solutions envisageables compte tenu de la technologie employée pour la plate-forme, l'autonomie à bord permet-elle de réaliser des manœuvres de désorbitation ou de réorbitation sans intervention depuis le sol, quels sont les critères employés pour déterminer la fin de vie? Des procédures opérationnelles ont-elles été convenues ou seront-elles adoptées avant la mise en exploitation normale?

Récapitulatif

Le Royaume-Uni tient compte des questions de réduction des débris spatiaux lorsqu'il examine les demandes de licence présentées en application de la loi sur l'espace de 1986 afin de veiller au respect des dispositions des traités et conventions relatifs à l'espace qui sont en vigueur et des différents principes directeurs, codes et normes qui font leur apparition. En plus de fixer les conditions de conformité, le Royaume-Uni en contrôle également l'application, et utilise notamment des systèmes de surveillance spatiale au sol comme le télescope optique Starbrook pour contrôler la position des satellites dont il a autorisé la mise en orbite.

Suisse

[Original: anglais]

[14 octobre 2013]

L'Institut d'astronomie de l'Université de Berne poursuit ses activités de recherche pour mieux connaître l'environnement des débris spatiaux à proximité de la Terre. Il utilise son télescope d'un mètre, ZIMAT, ainsi qu'un petit télescope robotisé ZimSMART, qui se trouvent tous deux à l'Observatoire de Zimmerwald, près de Berne afin de localiser et de caractériser physiquement les débris de petite taille. L'un des résultats principaux de ces travaux est la constitution d'un catalogue exceptionnel de débris d'un rapport surface/masse élevé, présents dans l'orbite géostationnaire et dans des orbites très elliptiques; ce catalogue est élaboré et tenu à jour en collaboration avec l'Agence spatiale européenne (ESA) et l'Institut Keldysh de mathématiques appliquées de Moscou. Ce dernier anime l'International Scientific Optical Observation Network (ISON), réseau avec lequel l'Institut d'astronomie de l'Université de Berne entretient depuis de nombreuses années une collaboration scientifique en vue d'échanger des données d'observation. L'ISON coopère depuis peu avec l'Initiative des Nations Unies pour les sciences spatiales fondamentales du Bureau des affaires spatiales. De récentes études de l'Institut d'astronomie de l'Université de Berne ont été spécifiquement consacrées à un examen approfondi des petits débris présents dans les orbites très elliptiques, y compris les orbites de transfert géostationnaires et les orbites de type Molniya. Leurs premiers résultats révèlent la présence dans ces régions orbitales d'une population nombreuse d'objets "inconnus", c'est-à-dire d'objets ne figurant pas dans les catalogues publics d'objets orbitaux. La caractérisation de ces objets est essentielle pour identifier leurs sources et pouvoir *in fine* mettre au point des mesures d'atténuation efficaces et économiquement viables. À l'appui des discussions sur l'élimination active d'objets de grande taille dans les orbites terrestres basses, l'Institut d'astronomie de

l'Université de Berne a lancé un programme d'observation en vue d'évaluer la vitesse de rotation des débris de grande taille situés à une altitude orbitale de 700 à 1 000 kilomètres, au moyen de leurs courbes de lumière optique.

Le Centre spatial suisse de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et ses partenaires poursuivent leurs activités de recherche-développement dans le domaine de l'élimination active des débris, dans le cadre du programme Clean-mE. Dernièrement l'accent a été mis sur l'élaboration de mécanismes et de technologies de capture (purement mécaniques ou à l'aide de préhenseurs souples évolués en élastomère diélectrique). Dans le cadre de ce programme, le projet CleanSpace One vise à désorbiter le satellite SwissCube. Les activités les plus récentes ont principalement porté sur le renforcement de la fidélité de la mission et sur la conception du satellite "désorbiteur". Un financement vient d'être obtenu pour cette mission. En 2013, l'EPFL a également apporté sa contribution à des études européennes financées par le Centre national d'études spatiales français afin d'évaluer les architectures de mission et de campagne, la conception des "désorbiteurs" de débris et les coûts afférents à l'élimination de 5 à 10 débris de grande taille par an. Dans ce contexte, l'EPFL a mis au point un outil permettant d'évaluer l'architecture des missions d'élimination active des débris et la technologie mise en œuvre à cette fin. Les résultats de ces études seront publiés prochainement.

Thaïlande

[Original: anglais]
[14 octobre 2013]

La surveillance des débris spatiaux susceptibles d'approcher le satellite thaïlandais d'observation de la Terre

La station au sol du satellite thaïlandais d'observation de la Terre (THEOS) dispose de deux sources d'information concernant la surveillance des débris spatiaux: le Joint Space Operations Center (JSpOC) et la Space Data Association (SDA). Le JSpOC lui a communiqué des notifications concernant l'approche de débris spatiaux à une distance de frôlement de moins d'un kilomètre de THEOS et la SDA des notifications concernant tout débris ayant approché THEOS à moins de cinq kilomètres.

Cas d'approches serrées du satellite thaïlandais d'observation de la Terre

THEOS a connu plusieurs situations d'approches serrées, car il a été placé à une altitude de 822 kilomètres, à savoir l'altitude où la densité de débris spatiaux est la plus élevée. La station au sol de THEOS examine s'il est nécessaire d'effectuer des manœuvres d'évitement de collision sur la base de deux critères:

- a) Distance radiale de frôlement $< (\text{erreur radiale primaire}) + 3 (\text{erreur radiale secondaire}) + \text{rayon de l'objet primaire} + \text{rayon de l'objet secondaire}$;
- b) Distance radiale de frôlement $< 100 \text{ m}$, distance de frôlement parallèlement à la trajectoire du satellite $< 300 \text{ m}$, et distance de frôlement perpendiculairement à la trajectoire $< 100 \text{ m}$.

Cas dans lesquels des manœuvres d'évitement ont été exécutées par le satellite thaïlandais d'observation de la Terre

Jusqu'à présent, il a été procédé à trois manœuvres en vue d'éviter des collisions, une fois avec l'IRIDIUM 33DEB et deux fois avec le COSMOS 2251 DEB.

Les manœuvres non prévues, ou manœuvres d'évitement de collision, ont induit deux types de conséquences sur l'exploitation de THEOS concernant, d'une part, sa consommation de propergol et, d'autre part, les interférences avec son exploitation. Une fois l'ajustement d'altitude réalisé de manière à éviter la collision, le paramètre contrôlé (erreur de la trace au sol) tend à sortir dans des proportions plus importantes des écarts de valeur définis. Il est donc nécessaire de procéder à des corrections d'altitude plus tôt que prévu, d'où l'utilisation d'une quantité plus importante de propergol.

Projet de désorbitation du satellite thaïlandais d'observation de la Terre

L'augmentation du nombre des débris spatiaux peut avoir deux causes: l'explosion spontanée d'un satellite et la collision entre des satellites qui ne sont plus en service.

C'est pourquoi 24,1 kilogrammes de propergol ont été réservés pour la désorbitation de THEOS, lorsque son exploitation arrivera à son terme. Afin de ne pas créer de débris spatiaux supplémentaires, le demi-grand axe de THEOS sera ramené de 7 200 km à 7 030 km, ce qui non seulement permettra la désorbitation du satellite en 25 ans, conformément aux normes d'élimination des objets placés en orbite terrestre basse, mais aura en outre pour effet de l'éloigner d'une altitude saturée d'objets spatiaux, réduisant ainsi le risque d'une collision ultérieure avec d'autres objets.

D'après l'exemple décrit dans le document de séance qui sera distribué à la cinquante et unième session du Sous-Comité, ramener le demi-grand axe à 7 040 kilomètres ne permettrait pas une désorbitation de l'engin spatial en 25 ans. Par conséquent, un demi-grand axe d'une longueur de 7 030 kilomètres est un bon compromis, qui permet de se conformer aux exigences de la désorbitation tout en utilisant aussi peu de propergol que possible.

Pour atteindre l'orbite visée, un mouvement $\Delta a = 170$ kilomètres sera nécessaire, pour lequel il faudra une vitesse de $\Delta V = 87,8$ m/s. L'impulsion spécifique en fin de vie du satellite sera de 210,6 secondes et le décrétement de masse correspondant, ou Δm , de 24,1 kilogrammes. Tout le propergol sera épuisé au cours de la désorbitation afin d'éviter l'explosion du satellite, laquelle donnerait lieu à une augmentation du nombre des débris spatiaux.

Compte tenu du fait qu'il lui reste 46 kilogrammes de propergol, l'exploitation de THEOS peut se poursuivre durant plus de 16 années supplémentaires.

Activités de recherche et projets liés à la prévention des collisions

Logiciel anticollision de THEOS

La mise au point d'un logiciel permettant une visualisation tridimensionnelle de la conjonction entre des objets spatiaux vise à faciliter l'analyse des situations

d'approche serrée. Elle permet aux exploitants du satellite d'améliorer la prise de décision sur le point de savoir si une manœuvre d'évitement est nécessaire et, partant, de réaliser des économies de propergol, de s'épargner des manœuvres inutiles et de réduire les risques de collision.

Système de surveillance de l'environnement spatial

Le projet à venir de renforcement des capacités du logiciel anticollision de THEOS comporte deux segments:

Développement d'un logiciel propre de surveillance des débris spatiaux

Étant donné que la station au sol de THEOS à, jusqu'à présent, eu recours à d'autres systèmes de surveillance des débris spatiaux, la Thaïlande entend aujourd'hui mettre au point son propre système. Ce logiciel de surveillance va récupérer des informations sur les débris spatiaux au format "deux lignes" du Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord, puis calculer leur position à un moment donné et déterminer la distance de frôlement.

Affinement des critères d'engagement de manœuvres d'évitement et mise au point d'une méthode d'analyse des conjonctions

Les critères actuellement utilisés sont assez sensibles; trois manœuvres d'évitement de collision ont déjà été engagées au cours des cinq dernières années d'exploitation. Les nouveaux critères pourraient prendre en compte les critères internationaux applicables aux engins spatiaux robotisés (si la probabilité de la collision est supérieure à 10^{-4} , une manœuvre d'évitement devrait être exécutée) en les associant à des éléments d'orientation concrets tirés de l'analyse des conjonctions.

III. Réponses reçues d'organisations internationales

Comité de la recherche spatiale

[Original: anglais]

[8 octobre 2013]

Le Comité de la recherche spatiale (COSPAR) s'intéresse à la question des débris spatiaux depuis plus de 25 ans. Son Groupe sur les activités spatiales risquant d'avoir un effet nocif pour l'environnement a tenu ces dernières années plusieurs séances sur les débris spatiaux à chaque assemblée scientifique bisannuelle du Comité. Ces séances portent sur a) la caractérisation de l'environnement des débris spatiaux par des mesures et des modélisations, b) les risques de collision des engins spatiaux avec des débris, c) les moyens de protéger les engins spatiaux et d) des stratégies et politiques pour réduire la création de nouveaux débris spatiaux.

En 2012, les séances du Groupe ont eu pour thème les mesures à prendre pour maîtriser l'environnement constitué par les débris spatiaux. Lors de la quarantième Assemblée scientifique du Comité en 2014, les séances du Groupe auront pour thème l'action à mener face à l'environnement dynamique constitué par les débris spatiaux. Quatre séances d'une demi-journée seront consacrées aux questions

suivantes: les progrès réalisés dans les observations au sol et depuis l'espace et les méthodes à appliquer pour exploiter ces observations, les techniques de mesures *in situ*, les modèles utilisés pour décrire l'environnement des débris et des météoroïdes, le flux de débris et les risques de collision pour les missions spatiales, l'évaluation des risques de collision sur orbite, l'évaluation des risques associés à la rentrée dans l'atmosphère, les techniques de réduction des débris et d'assainissement de l'environnement et leur efficacité en termes de stabilité environnementale à long terme, et les normes et lignes directrices nationales et internationales applicables à la réduction des débris.

Avant 2007, plus de 95 % de tous les débris spatiaux dangereux étaient créés lors d'explosions accidentelles ou intentionnelles d'engins spatiaux et d'étages orbitaux de lanceurs. Les principaux pays et organisations ayant des activités spatiales ont reconnu la menace que représentait l'augmentation continue de la population de débris spatiaux pour les nombreux systèmes spatiaux qui répondent à des besoins vitaux sur la Terre et ils ont adopté les premières politiques de réduction des débris spatiaux au niveau national puis au niveau international. Les premières lignes directrices ayant fait l'objet d'un consensus en matière de réduction des débris spatiaux ont été élaborées en 2002 par le Comité de coordination interagences sur les débris spatiaux à l'usage des principales agences spatiales nationales. Elles ont servi de point de départ à l'élaboration, en 2007, des Lignes directrices relatives à la réduction des débris spatiaux du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique.

Non seulement les collisions entre les objets spatiaux présents peuvent être catastrophiques, mais elles peuvent en outre créer un grand nombre de débris, ce qui pourrait dégrader davantage l'espace circumterrestre. Cette menace a été pour la première fois évoquée dans les années 1970, mais de nouvelles études en 2005 ont indiqué que certaines parties de l'orbite terrestre basse, notamment les altitudes inférieures à 2 000 kilomètres, étaient déjà devenues instables. En d'autres termes, le taux de débris générés par des collisions accidentelles dépassait le taux d'élimination naturel par les traînées atmosphériques. Dans ces conditions, la population de débris spatiaux continuera de s'accroître, y compris en l'absence de déploiement de nouveaux satellites. Ce concept appelé syndrome de Kessler, est l'un des principaux problèmes touchant la viabilité à long terme des activités spatiales.

Dans un avenir proche, la plus grande menace pour les engins spatiaux opérationnels est la très grande population de débris dont la taille est comprise entre 5 millimètres et 10 centimètres. Lorsque la vitesse de la collision est très élevée, ces petits débris entraînent une énergie suffisante pour pénétrer et endommager les systèmes vitaux des engins spatiaux. À long terme, la principale menace proviendra de la collision d'objets plus grands, qui à leur tour généreront un nombre important de nouveaux débris spatiaux. Même si tous les satellites récemment lancés appliquent les recommandations internationales concernant la limitation des séjours en orbite terrestre basse, les nombreux engins spatiaux et étages orbitaux des lanceurs abandonnés et les débris de taille moyenne déjà en orbite entreront de plus en plus en collision et créeront de nouveaux débris dangereux.

Par conséquent, l'élimination de débris spatiaux existants, petits ou volumineux, revêt une grande importance pour la préservation de l'espace circumterrestre pour les générations futures. Plusieurs pays évaluent actuellement le

potentiel économique et technique d'une panoplie de concepts d'élimination des débris spatiaux. Ces propositions vont des remorqueurs spatiaux conventionnels à des concepts originaux tels que des dispositifs visant à accroître l'effet de traîne, des filins électrodynamiques, des voiles solaires et bien d'autres appareils novateurs.

Les difficultés liées à l'élimination active des débris spatiaux sont nombreuses, mais les pays ayant des activités spatiales et les organisations scientifiques internationales comme le Comité de la recherche spatiale s'emploient très activement à promouvoir la viabilité à long terme des opérations menées dans l'espace circumterrestre dans l'intérêt de tous.

Le COSPAR continue de jouer un rôle central dans les efforts déployés pour mieux connaître la nature de l'environnement constitué par les débris spatiaux et les risques qu'il présente, et pour encourager les pays et organisations ayant des activités spatiales à agir de manière responsable dans l'espace pendant toutes les phases des missions (déploiement, exploitation et mise au rebut).

Conseil consultatif de la génération spatiale

[Original: anglais]
[15 octobre 2013]

Conception d'une mission d'élimination active des débris spatiaux à partir d'objectifs prioritaires

Plus de 93 % des objets répertoriés en orbite sont des débris spatiaux, ce qui représente une menace pour la sécurité des engins opérationnels, notamment ceux ayant des sources d'énergie nucléaire embarquées, en raison des risques de collisions qui pourraient causer des dégâts structurels, voire une désintégration totale. Plusieurs programmes de recherche ont évalué l'état actuel et futur de l'environnement spatial, et des études ont révélé le besoin urgent de mettre en place des programmes d'élimination active des débris pour garantir la viabilité à long terme des activités spatiales. Pour concevoir des missions d'élimination des débris efficaces, il importe en premier lieu de définir pour ces futures missions des objectifs prioritaires à partir de données déterministes sur les objets en conjonction étroite, compte tenu des alertes quotidiennes signalant des conjonctions. La représentation précise des objets et régions à haut risque dans l'espace permet d'élaborer et de mettre en place en continu des solutions d'élimination active des débris propres à assainir l'espace en orbite terrestre basse.

Conception de missions d'élimination active des débris techniquement réalisables

Les efforts internationaux visant à pallier la situation actuelle et à limiter la création de nouveau débris sont utiles, mais des études récentes prévoyant l'évolution des débris ont montré qu'ils ne suffiront pas pour assurer l'accès de l'humanité à l'espace circumterrestre et lui permettre de l'exploiter à long terme. Il importe donc de poursuivre l'élimination active des débris si nous voulons continuer à mener des activités spatiales et à en tirer profit. Il est recommandé de concevoir un programme permettant d'approcher les débris de près, d'établir un contact physique, de stabiliser leur altitude puis de procéder à leur désorbitation. Des recherches menées par le Conseil consultatif de la génération spatiale ont montré

que l'étage supérieur d'un véhicule de lancement équipé d'un système de filin électrodynamique pourrait être utilisé pour retirer les débris volumineux de l'orbite polaire tout en plaçant une charge utile en orbite. Le concept proposé permettrait à l'étage supérieur du lanceur d'agir comme un "système chasseur" après la mise en orbite de la charge initiale.

Mesures applicables à une mission d'élimination active des débris qui soit viable sur les plans économique, juridique et politique

Le concept d'élimination active des débris n'est pas nouveau, mais il existe une multitude de questions d'ordre économique, juridique, réglementaire et politique associées à la réduction des débris. Un concept de partenariat international et coopératif entre les secteurs public et privé peut contribuer à résoudre plusieurs de ces difficultés tout en restant viable sur le plan économique et en encourageant la création d'un ensemble adéquat de règlements, normes et pratiques optimales. Lors du soixante-quatrième Congrès international d'astronautique tenu à Beijing, le Groupe du projet sur la sûreté et la viabilité de l'espace a présenté un document dans lequel il proposait, pour procéder à une évaluation pluridisciplinaire des concepts liés à l'élimination active des débris, une méthode d'évaluation objective à partir d'une fiche de pointage assortie de critères pour chacun des domaines non techniques susmentionnés. Cette méthode offre un outil stratégique pour mesurer les critères jugés importants pour la performance du système, compte tenu de l'efficacité d'un projet dans un domaine précis, notamment dans un cadre juridique, stratégique, technique ou économique.

Pour bien comprendre l'ampleur de la question des débris spatiaux, contribuer à éviter les collisions et enfin gérer l'élimination active de ces débris, il est indispensable de poursuivre les recherches et de mettre en place un dispositif pour encadrer les mesures internationales visant à éliminer les débris. Au nom du Conseil consultatif de la génération spatiale, le Groupe du projet sur la sûreté et la viabilité de l'espace encourage les étudiants et les jeunes professionnels à participer activement aux débats et activités liés à la sûreté et à la viabilité de l'espace afin d'améliorer les connaissances actuelles pour limiter le risque de collisions orbitales.

Secure World Foundation

[Original: anglais]
[18 octobre 2013]

La Secure World Foundation se soucie tout particulièrement de la viabilité à long terme de l'environnement spatial et considère la réduction des débris comme une question primordiale. En 2013, elle a conclu une série de manifestations internationales réparties sur deux ans, qui portaient sur les questions liées à la maintenance des satellites sur orbite et à l'élimination active des débris. Ces deux activités font partie d'une nouvelle catégorie d'activités futures sur orbite qui sont essentielles pour passer à la prochaine étape de notre utilisation de l'orbite terrestre et qui pourraient jouer un rôle fondamental dans la réduction des débris orbitaux ainsi que dans la prévention des collisions entre ces débris et les satellites actifs. Mais elles soulèvent également maints problèmes en matière de sécurité et de politique générale ainsi que des difficultés d'ordre diplomatique, juridique et

opérationnel, qu'il convient de résoudre pour dégager l'avenir. La Secure World Foundation a organisé avec des partenaires une série de manifestations internationales pour confronter les perspectives et les avis de toutes les parties prenantes sur les difficultés d'ordre non technique liées à l'élimination active des débris et à la maintenance des satellites sur orbite.

Cette série de manifestations a débuté le 5 novembre 2012 à Washington, par un atelier qui a rassemblé des experts d'organismes gouvernementaux des États-Unis ainsi que des acteurs du secteur privé et de la société civile dans le but d'examiner les difficultés liées à la réglementation nationale en matière d'élimination active des débris et de maintenance des satellites sur orbite, par le biais de quatre scénarios présentant des possibilités d'activités futures pour le secteur privé. Le 30 octobre 2012, la fondation, en partenariat avec l'Institut français des relations internationales, a organisé à Bruxelles une conférence publique sur ces activités pour y associer la communauté européenne. Cette conférence a abordé plusieurs sujets particuliers, dont le double usage des technologies de maintenance des satellites sur orbite et d'élimination active des débris, les normes de comportement à appliquer pour mener ces activités, et les mesures de transparence et de confiance à adopter pour réduire le risque que ces activités soient perçues comme des menaces. Le 19 février 2013, la Secure World Foundation a organisé à Singapour un autre atelier scénario sur l'élimination active des débris et la maintenance des satellites sur orbite. Y ont participé des experts de la politique spatiale, du droit de l'espace et des opérations spatiales venus des pays suivants: Allemagne, Australie, Canada, Chine, États-Unis, Inde, Japon et Suisse. Le 20 février 2013, la fondation a organisé une conférence publique d'une journée en partenariat avec l'Association spatiale et technologique de Singapour. La conférence était un prolongement des discussions qui s'étaient déroulées lors des conférences organisées en Belgique et aux États-Unis.

Les discussions qui ont eu lieu lors de ces manifestations ont montré qu'il importait d'effectuer une ou plusieurs missions de démonstration d'élimination active des débris ou de maintenance des satellites sur orbite pour résoudre les difficultés d'ordre juridique ou de politique générale. L'idéal serait que ces missions de démonstration associent plusieurs pays et des acteurs tant de l'administration publique que du secteur privé. Elles fourniraient des exemples concrets des activités en question face à certaines difficultés d'ordre juridique ou de politiques générale, et obligerait les acteurs concernés à résoudre ces difficultés, ce qui préparerait le terrain pour l'élaboration des mécanismes, mesures de transparence et de confiance, et autres normes nécessaires pour que les futures activités d'élimination active des débris et de maintenance des satellites soient réalisées de manière sûre, sécurisée et durable.

Tous les participants à ces discussions ont fait observer qu'il importait d'approfondir sensiblement le dialogue et de redoubler d'efforts pour résoudre les difficultés liées à l'élimination active des débris et à la maintenance des satellites sur orbite. Ils ont été unanimes sur le fait que ces activités représenteraient une part essentielle des futures activités humaines dans l'espace. Il était indispensable de relever les défis d'ordre juridique et de politique générale que posaient ces activités, non seulement pour pouvoir concrétiser ces dernières, mais aussi pour faire en sorte qu'elles ne nuisent pas au domaine spatial, mais contribuent à sa sûreté, à sa sécurité et à sa pérennité.

En septembre, le Programme Jeunes administrateurs de la Fédération aéronautique internationale a invité la future génération de professionnels de l'industrie aérospatiale à une réception sur les débris spatiaux, dans le cadre du soixante-quatrième Congrès international d'astronautique tenu à Beijing. Cette manifestation était parrainée par la Secure World Foundation et l'École polytechnique fédérale de Lausanne. Plus d'une centaine de délégués ont entendu des experts débattre des menaces que constituaient les débris spatiaux et des difficultés que soulevait leur réduction, et ont exprimé leurs propres points de vue dans leurs questions et commentaires.
