



Assemblée générale

Distr.: Limitée
29 novembre 2002

Français
Original: Anglais

**Comité des utilisations pacifiques
de l'espace extra-atmosphérique**
Sous-Comité scientifique et technique
Quarantième session
Vienne, 17-28 février 2003
Point 10 de l'ordre du jour provisoire*
Débris spatiaux

Directives relatives à la réduction des débris spatiaux établies par le Comité de coordination interinstitutions sur les débris spatiaux

Annexe

Directives de l'IADC relatives à la réduction des débris spatiaux

1. Au paragraphe 16 b) iv) de sa résolution 57/116 en date du 11 décembre 2002, l'Assemblée générale a approuvé la recommandation du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique tendant à ce que le Sous-Comité scientifique et technique examine, conformément au plan de travail qu'il avait adopté à sa trente-huitième session (A/AC.105/761, par. 130), un point de l'ordre du jour consacré aux débris spatiaux. Conformément à ce plan de travail, le Comité de coordination interinstitutions sur les débris spatiaux (IADC) a été invité à présenter au Sous-Comité, à sa quarantième session, des propositions concernant la réduction des débris spatiaux, établies sur la base d'un consensus entre ses membres.
2. L'IADC a donc présenté les propositions ci-après. Conformément au plan de travail, les États Membres examineront ces propositions ainsi que les modalités d'approbation de leur mise en œuvre.

* A/AC.105/C.1/L.259.



Table des matières

	<i>Page</i>
Préface	3
Introduction	4
Directives de l'IADC relatives à la réduction des débris spatiaux	4
1. Objet	4
2. Champ d'application	5
3. Termes et définitions	5
3.1 Débris spatiaux	5
3.2 Systèmes spatiaux	5
3.3 Orbites et régions protégées	6
3.4 Mesures de réduction et termes connexes	7
3.5 Phases opérationnelles	7
4. Directives générales	7
5. Mesures de réduction	8
5.1 Limiter les débris produits au cours des opérations normales	8
5.2 Limiter les risques de désintégration sur orbite	8
5.3 Élimination après la mission	10
5.4 Prévention des collisions sur orbite	11
6. Actualisation	11

Préface

1. Le Comité de coordination interinstitutions sur les débris spatiaux (IADC) constitue un espace de dialogue où les organismes gouvernementaux peuvent coordonner les activités concernant les questions liées aux débris artificiels et naturels dans l'espace. Il a essentiellement pour objet de permettre l'échange d'informations sur les activités de recherche concernant les débris spatiaux entre les agences spatiales qu'ils regroupent, de faciliter la coopération dans le domaine de la recherche sur les débris spatiaux, de passer en revue les progrès accomplis dans le cadre des activités de coopération en cours et d'identifier des options qui permettraient de réduire les débris.

2. Les membres de l'IADC sont: l'Administration chinoise de l'espace, l'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace des États-Unis d'Amérique (NASA), l'Agence aérospatiale russe (Rosaviakosmos), l'Agence spatiale européenne (ESA), l'Agence spatiale italienne (ASI), l'Agence spatiale ukrainienne, le Centre aérospatial allemand (DLR), le Centre national français d'études spatiales (CNES), le Centre spatial britannique (BNSC), le Japon et l'Organisation indienne de recherche spatiale (ISRO).

3. Dans le cadre de ses activités, l'IADC s'emploie notamment à recommander l'adoption de directives économiquement rationnelles visant à limiter les effets des débris spatiaux, qui puissent être prises en compte lors de la planification et de la conception d'engins spatiaux et de lanceurs pour réduire ou éliminer les débris produits au cours des opérations. Le présent document présente les directives relatives à la réduction des débris spatiaux qui ont été établies sur la base d'un consensus entre les membres de l'IADC.

4. L'IADC a établi ces directives à partir des documents et rapports d'étude suivants:

Rapport technique sur les débris spatiaux, adopté par le Sous-Comité scientifique et technique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, 1999 (publication des Nations Unies, numéro de vente: F.99.I.17) (A/AC.105/720).

Interagency Report on Orbital Debris 1995, National Science and Technology Council Committee on Transportation Research and Development, novembre 1995.

U.S. Government Orbital Debris Mitigation Standard Practices, décembre 2000.

Space Debris Mitigation Standard, NASDA-STD-18, 28 mars 1996.

CNES Standards Collection, Method and Procedure Space Debris – Safety Requirements, RNC-CNES-Q-40-512, Issue 1-Rev.0, 19 avril 1999.

Policy to Limit Orbital Debris Generation, Directive 8710.3 du programme de la NASA, 29 mai 1997.

Guidelines and Assessment Procedures for Limiting Orbital Debris, Norme de sécurité 1740.14 de la NASA, août 1995.

Space Technology Items. General Requirements. Mitigation of Space Debris Population. Agence aérospatiale russe. Norme OCT 134-1023-2000.

ESA Space Debris Mitigation Handbook, Release 1.0, 7 avril 1999.

IAA Position Paper on Orbital Debris – Edition 2001, Académie internationale d'astronautique, 2001.

European Space Debris Safety and Mitigation Standard, Issue 1, Revision 0, 27 septembre 2000.

Introduction

5. Depuis que le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique a publié son *Rapport technique sur les débris spatiaux* (A/AC.105/720) en 1999, on s'accorde à penser que les débris provenant de l'activité humaine ne posent aujourd'hui que peu de risques pour le fonctionnement des engins spatiaux ordinaires non habités qui sont placés sur orbite autour de la Terre mais, le nombre de débris allant en augmentant, les probabilités de collisions susceptibles de provoquer des dommages iront elles aussi en augmentant. Il est néanmoins devenu courant de prendre en compte les risques de collision avec des débris orbitaux lors de la planification des vols habités. Il semble donc prudent et nécessaire de mettre en œuvre aujourd'hui un certain nombre de mesures pour réduire les effets produits par les débris afin de préserver l'environnement spatial pour les générations futures.

6. Les organismes nationaux et internationaux de plusieurs puissances spatiales ont établi des normes ou des manuels sur la réduction des débris spatiaux afin d'encourager les actions menées pour s'attaquer à ce problème. La teneur de ces documents est légèrement variable, mais les principes fondamentaux qu'ils préconisent sont les mêmes:

- a) Prévention des désintégrations en orbite;
- b) Élimination, hors des régions orbitales utiles encombrées, des engins spatiaux et des étages orbitaux qui ont achevé leur mission;
- c) Limitation du largage d'objets au cours des opérations normales.

7. Les directives établies par l'IADC sur la base d'un consensus entre ses membres se fondent sur ces principes communs.

Directives de l'IADC relatives à la réduction des débris spatiaux

1. Objet

Les directives de l'IADC relatives à la réduction des débris spatiaux exposent les pratiques actuelles qui ont été recensées et évaluées afin de limiter la production de débris dans l'espace.

Ces directives portent sur les incidences globales des missions sur l'environnement et notamment sur:

- 1) La limitation de la production de débris au cours des opérations normales;
- 2) La réduction maximale des risques de désintégration en orbite;
- 3) L'élimination des éléments à l'issue des missions;
- 4) La prévention des collisions en orbite.

2. Champ d'application

Les directives de l'IADC relatives à la réduction des débris spatiaux s'appliquent à la planification des missions ainsi qu'à la conception et à l'exploitation des engins spatiaux et des étages orbitaux (définis ici comme des systèmes spatiaux) destinés à être mis sur orbite autour de la Terre.

Les organismes sont encouragés à se servir des présentes directives afin d'établir les normes applicables lors de la définition des besoins des missions pour les systèmes spatiaux prévus.

Les opérateurs des systèmes spatiaux existants sont encouragés à appliquer les présentes directives dans la plus large mesure possible.

3. Termes et définitions

Les termes et définitions ci-après, dont l'objet est de faciliter la lecture du présent document, ne sont pas nécessairement valables dans un autre contexte.

3.1 Débris spatiaux

On entend par "débris spatiaux" tous les objets, fragments ou éléments d'objets produits par l'homme, sur orbite autour de la Terre ou rentrant dans l'atmosphère, qui ne sont pas opérationnels.

3.2 Systèmes spatiaux

Conformément à la définition retenue aux fins du présent document, les engins spatiaux et les étages orbitaux forment des systèmes spatiaux.

3.2.1 Engin spatial

Un engin spatial est un objet sur orbite conçu pour remplir une fonction ou une mission précise (communication, navigation ou observation de la Terre). On considère qu'un engin spatial qui ne peut plus remplir la mission pour laquelle il a été conçu n'est plus opérationnel. (On considère que les engins spatiaux de réserve ou en attente qui sont susceptibles d'être remis en service sont opérationnels).

3.2.2 Lanceur

On entend par lanceur tout véhicule, et toute fusée sous-orbitale, construit pour se propulser dans l'espace extra-atmosphérique et pour y envoyer un ou plusieurs objets.

3.2.3 Étages orbitaux de lanceur

On entend par étape orbitale de lanceur tout étage de lanceur placé sur orbite autour de la Terre.

3.3 Orbites et régions protégées

3.3.1 Rayon équatorial de la Terre

Le rayon équatorial de la Terre, égal à 6 378 km, sert de référence pour calculer la surface terrestre à partir de laquelle sont définies les régions orbitales.

3.3.2 Régions protégées

La réalisation de toute activité dans l'espace extra-atmosphérique devrait tenir compte de la nature exceptionnelle des régions (A et B) ci-après de l'espace extra-atmosphérique (voir la figure), pour que celles-ci puissent être utilisées de façon sûre et durable à l'avenir. Ces régions devraient être protégées de la production de débris spatiaux:

- 1) Région A, orbite terrestre basse (LEO) – région sphérique qui s'étend depuis la surface de la Terre jusqu'à une altitude (Z) de 2 000 km;
- 2) Région B, région géosynchrone – segment de l'enveloppe sphérique défini comme suit:

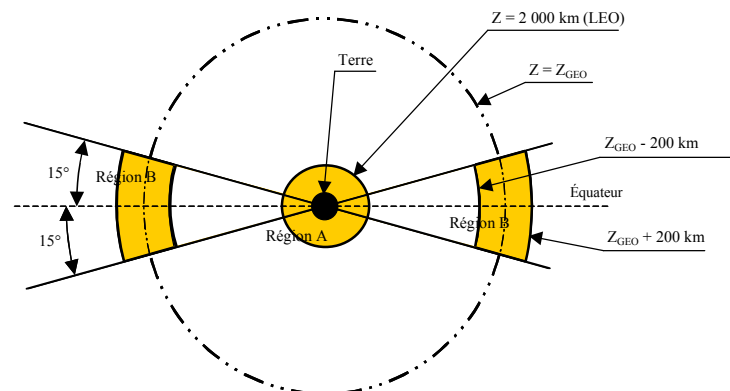
limite inférieure = altitude géostationnaire moins 200 km

limite supérieure = altitude géostationnaire plus 200 km

$-15 \text{ degrés} \leq \text{latitude} \leq +15 \text{ degrés}$

altitude géostationnaire (Z_{GEO}) = 35 786 km (altitude de l'orbite terrestre géostationnaire)

Régions protégées



3.3.3 Orbite terrestre géostationnaire (GEO)

Une orbite terrestre géostationnaire (GEO) est une orbite terrestre dont l'inclinaison et l'excentricité sont nulles, dont la période orbitale est égale à la période sidérale de la Terre. L'altitude de cette orbite circulaire unique est proche de 35 786 km.

3.3.4 Orbite de transfert géostationnaire (GTO)

Une orbite de transfert géostationnaire (GTO) est une orbite terrestre qui est ou peut être utilisée pour faire passer des systèmes spatiaux des orbites basses à la région géosynchrone. En règle générale, les périhélie de ces orbites se situent dans la région de LEO et leurs apogées sont proches ou au-delà de GEO.

3.4 Mesures de réduction et termes connexes

3.4.1 Passivation

On entend par passivation l'élimination de toute l'énergie stockée sur un engin spatial visant à réduire les risques de désintégration. Les mesures de passivation comportent généralement l'élimination des ergols résiduels par combustion ou expulsion, le déchargement des batteries et l'éjection des fluides sous pression.

3.4.2 Désorbitation

On entend par désorbitation la modification intentionnelle de l'orbite d'un engin spatial visant à faire rentrer ce dernier dans l'atmosphère afin d'éliminer les risques qu'il présente pour d'autres systèmes spatiaux, en le soumettant à une force de retardement, généralement par l'intermédiaire d'un système de propulsion.

3.4.3 Réorbitation

On entend par réorbitation la modification intentionnelle de l'orbite d'un système spatial.

3.4.4 Désintégration

On entend par désintégration tout événement produisant des fragments sur orbite terrestre. Il peut s'agir:

- 1) D'une explosion provoquée par l'énergie chimique ou thermique dégagée par des propergols, produits pyrotechniques ou autres;
- 2) D'une rupture provoquée par une augmentation de pression interne;
- 3) D'une désintégration provoquée par l'énergie résultant d'une collision avec d'autres objets.

Sont toutefois exclus de la présente définition les événements suivants:

- 1) Désintégration provoquée par des forces aérodynamiques au cours de la phase de rentrée;
- 2) Production de fragments, tels que des écailles de peinture, résultant du vieillissement et de la dégradation d'un système spatial.

3.5 Phases opérationnelles

3.5.1 Phase de lancement

La phase de lancement débute lorsque le lanceur n'est plus physiquement en contact avec le matériel et les installations au sol qui ont servi à préparer son lancement et sa mise à feu (ou, le cas échéant, quand le lanceur est lâché par un avion porteur), et se poursuit jusqu'à la fin de la mission du lanceur.

3.5.2 Phase de mission

On entend par phase de mission la phase au cours de laquelle le système spatial exécute sa mission. Elle débute à la fin de la phase de lancement et s'achève au début de la phase d'élimination.

3.5.3 Phase d'élimination

La phase d'élimination débute à la fin de la phase de mission d'un système spatial et s'achève lorsque le système spatial a mené à bien les actions destinées à réduire les risques qu'il présente pour d'autres systèmes spatiaux.

4. Directives générales

Tout organisme planifiant et exploitant un système spatial devrait systématiquement s'efforcer de limiter ses effets dommageables pour l'environnement spatial en intégrant des mesures visant à réduire les débris spatiaux dans son cycle de vie, dès les phases d'analyse et de définition des besoins de la mission.

Pour gérer l'exécution des mesures de réduction, il est recommandé d'arrêter et de consigner pour chaque programme et projet un plan réaliste de réduction des débris spatiaux qui devrait comporter les éléments suivants:

- 1) Un plan de gestion des activités de réduction des débris spatiaux;

- 2) Un plan d'évaluation et de réduction des risques relatifs aux débris spatiaux, ainsi que les normes pertinentes;
- 3) Les mesures de réduction des risques liés aux défaillances susceptibles de donner lieu à la production de débris spatiaux;
- 4) Un plan concernant l'élimination du système spatial à l'issue de la mission;
- 5) Le cas échéant, les motifs pour lesquels certains choix sont faits plutôt que d'autres;
- 6) Un tableau indiquant les mesures prises pour appliquer les recommandations formulées dans les présentes directives.

5. Mesures de réduction

5.1 Limiter les débris produits au cours des opérations normales

Pour tous les régimes orbitaux opérationnels, les systèmes spatiaux devraient être conçus de manière à ne pas produire de débris au cours des opérations normales. Si cela n'est pas possible, il faudrait réduire au minimum la quantité, la superficie et le cycle de vie orbital des débris produits.

Aucun programme, projet ou expérience au cours duquel des objets sont placés sur orbite ne devrait être planifié sans qu'une évaluation adéquate ait permis de vérifier que ses incidences sur l'environnement spatial et les risques qu'il présente pour d'autres systèmes spatiaux en service sont suffisamment faibles à long terme.

Il convient d'analyser les risques potentiels des systèmes amarrés à la fois quand les câbles de liaison sont intacts et quand ils sont coupés.

5.2 Limiter les risques de désintégration sur orbite

Les désintégrations sur orbite provoquées par les facteurs suivants devraient être évitées au moyen des mesures décrites au point 5.2.1 à 5.2.3:

- 1) Les risques de désintégration en cours de mission devraient être réduits au minimum;
- 2) Tous les systèmes spatiaux devraient être conçus et exploités de façon à empêcher les explosions et les ruptures accidentelles à l'issue des missions;
- 3) On ne devrait ni planifier ni effectuer de destructions intentionnelles produisant des débris orbitaux à longue durée de vie.

5.2.1 Limiter les risques de désintégration provoquée à l'issue des missions par l'énergie stockée

Pour limiter les risques que présentent pour d'autres systèmes spatiaux les désintégrations accidentelles à l'issue des opérations d'une mission, toutes les réserves d'énergie à bord d'un système spatial, tels que les propergols résiduels, les batteries, les caissons hyperbares, les dispositifs se détruisant automatiquement et les volants d'inertie, devraient être épuisées ou "neutralisées" (désactivées)

lorsqu'elles ne sont plus nécessaires aux opérations de la mission ou à des opérations de dégagement postérieures à la mission. L'épuisement du combustible devrait intervenir dès que cette opération n'expose pas la charge utile à un risque inacceptable. Les mesures de réduction doivent être conçues comme suit, de façon à ne pas créer d'autres risques.

- 1) Les propergols et autres fluides résiduels, tels que les gaz sous pression, devraient être éliminés aussi complètement que possible par combustion ou expulsion pour prévenir les désintégrations accidentelles par surpressurisation ou réaction chimique;
- 2) Les batteries devraient être conçues et fabriquées de façon adéquate, sur les plans à la fois structurel et électrique, pour éviter les désintégrations. On pourrait éviter que la pression n'augmente dans les éléments et blocs batteries en adoptant des mesures mécaniques, à moins que celles-ci ne compromettent trop la réussite de la mission. À la fin des opérations, les cordons de chargement des batteries devraient être coupés;
- 3) Les caissons hyperbares devraient être suffisamment décomprimés pour éviter tout risque de désintégration. Les modèles destinés à fuir avant rupture sont utiles, mais ne suffisent pas à satisfaire toutes les recommandations relatives à la passivation des systèmes de propulsion et de pressurisation. Les caloducs peuvent être laissés sous pression si la preuve peut être faite que les risques de rupture sont très faibles;
- 4) Les systèmes d'autodestruction devraient être conçus de façon à ne pas déclencher de destruction involontaire due à des commandes exécutées par inadvertance, au chauffage thermique ou à des interférences radios;
- 5) L'alimentation des volants d'inertie devrait être coupée lors de la phase d'élimination;
- 6) Les autres formes d'énergie stockée devraient être évaluées et des mesures adéquates devraient être mises en œuvre pour en limiter les effets.

5.2.2 Limiter les risques de désintégration au cours des phases opérationnelles

Lors de la conception d'un système spatial, il devrait être prouvé pour chaque programme ou projet, au moyen d'analyses des modes de défaillance et de leurs effets ou d'une analyse équivalente, qu'aucun mode de défaillance probable ne devrait donner lieu à des désintégrations accidentelles. Si ces défaillances ne peuvent être exclues, la conception ou les procédures opérationnelles devraient limiter les probabilités qu'elles ne surviennent.

Au cours des phases opérationnelles, un système spatial devrait être contrôlé régulièrement pour détecter les défauts de fonctionnement qui pourraient déclencher une désintégration ou une perte de la fonction de contrôle. Si un défaut de fonctionnement est détecté, il faudrait planifier et exécuter soit des mesures de récupération soit des mesures d'élimination et de passivation du système.

5.2.3 Éviter la destruction intentionnelle et les autres activités dommageables

La destruction intentionnelle d'un système spatial (autodestruction, collision volontaire, etc.) et les autres activités dommageables qui peuvent considérablement accroître les risques de collision pour d'autres systèmes devraient être évitées. Ainsi, les désintégrations volontaires devraient être exécutées à des altitudes suffisamment basses pour que les fragments orbitaux aient une durée de vie courte.

5.3 Élimination après la mission

5.3.1 Région géosynchrone

Les engins spatiaux qui ont achevé leur mission devraient être manœuvrés suffisamment loin de GEO pour ne pas créer d'interférences avec les systèmes spatiaux qui sont encore sur orbite géostationnaire. L'augmentation minimale recommandée de l'altitude du périégée à la fin de la réorbitation, compte tenu des perturbations orbitales, est égale à:

$$235 \text{ km} + (1\,000 \cdot C_R \cdot A/m)$$

où C_R : Coefficient de la pression du rayonnement solaire (généralement compris entre 1 et 2),

A/m : Rapport de la surface exposée à la masse sèche [m^2/kg]

235 km: Somme de la limite supérieure de la région GEO protégée (200 km) et de la descente maximale d'un système spatial réorbité en raison de perturbations luni-solaires et géopotentielles (35 km).

Le système de propulsion de tout engin spatial sur GEO devrait être conçu de façon à ne pas être séparé de cet engin. S'il est impératif qu'il en soit séparé, il devrait être conçu de manière à être laissé sur une orbite qui soit et reste hors de la région géosynchrone protégée.

Qu'il doive ou non en être séparé, il devrait être conçu de façon à permettre la passivation.

Les opérateurs devraient éviter que les étages orbitaux de lanceur ne restent longtemps dans la région géosynchrone.

5.3.2 Objets passant par la région LEO

Dans la mesure du possible, les systèmes spatiaux qui achèvent leurs phases opérationnelles sur des orbites traversant la région LEO ou risquant d'y créer des perturbations devraient être désorbités (une rentrée directe est préférable) ou, le cas échéant, manœuvrés pour être placés sur une orbite avec une durée de vie réduite. Ils peuvent également être récupérés pour être évacués.

Un système spatial devrait être laissé sur une orbite sur laquelle, en utilisant une projection nominale admise de l'activité solaire, la traînée atmosphérique limitera la durée de vie orbitale une fois les opérations exécutées. L'IADC a mené une étude pour examiner l'effet de la limite de la durée de vie orbitale après les missions sur le taux de collision et la croissance de la population des débris. D'après les résultats de cette étude et d'autres, et conformément à un certain nombre de directives nationales en vigueur, 25 ans semble constituer une limite raisonnable et

adéquate pour la durée de vie. Si un système spatial doit être éliminé en rentrant dans l'atmosphère, les débris résiduels qui parviennent à atteindre la surface de la Terre ne devraient pas présenter de risques inconsidérés pour les personnes ou les biens. Pour ce faire, on peut limiter la quantité de débris résiduels ou confiner les débris à des régions inhabités, au milieu des océans par exemple. De même, la pollution au sol, due à des substances radioactives, à des substances toxiques ou à tout autre polluant de l'environnement issus d'articles embarqués, devrait être évitée ou limitée pour pouvoir être considérée comme acceptable.

En cas de rentrée contrôlée d'un système spatial, l'opérateur du système devrait informer les autorités compétentes chargées du trafic aérien et du trafic maritime de l'heure de rentrée, de la trajectoire et de la surface au sol correspondante.

5.3.3 Autres orbites

Les systèmes spatiaux qui terminent leurs phases opérationnelles dans d'autres régions orbitales devraient être manœuvrés de façon à réduire leur durée de vie orbitale conformément aux limites établies pour LEO, ou déplacés s'ils créent des interférences avec les régions orbitales très utilisées.

5.4 Prévention des collisions sur orbite

Lors de la conception du modèle d'un système spatial et de la définition de sa mission, tout programme ou projet devrait estimer et limiter les risques de collision accidentelle avec des objets connus pendant la durée de vie orbitale de ce système. Si des données orbitales fiables sont disponibles et que les risques de collision ne sont pas considérés comme négligeables, on peut prévoir des manœuvres d'évitement et envisager de coordonner les fenêtres de lancement. La conception de l'engin spatial devrait limiter les risques de collision avec des petits débris susceptibles de provoquer une perte de contrôle et, partant, d'empêcher l'élimination après la mission.

6. Actualisation

Les présentes directives pourront être actualisées à mesure que de nouvelles informations seront réunies concernant les activités spatiales et leurs incidences sur l'environnement spatial.