



Assemblée générale

Distr.: Générale
19 janvier 1998

FRANÇAIS
Original: ANGLAIS

Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique

Recherche nationale sur la question des débris spatiaux, sûreté des satellites équipés de sources d'énergie nucléaires et problèmes relatifs à la collision de sources d'énergie nucléaires avec des débris spatiaux

Note du Secrétariat

Additif

Table des matières

	<i>Page</i>
I. Introduction	1
II. Réponses reçues des États Membres	2
Italie	2
Japon	7

I. Introduction

1 Le Secrétaire général a adressé à tous les États Membres une note verbale, en date du 17 juillet 1998, par laquelle il les invitait à fournir des informations sur les recherches nationales concernant les débris spatiaux, la sûreté des satellites équipés de sources d'énergie nucléaires ainsi que les problèmes posés par les collisions entre sources d'énergie nucléaires et débris spatiaux.

2 Le présent document contient les informations reçues des États Membres en réponse à cette note verbale entre le 1^{er} décembre 1998 et le 30 janvier 1999.

II. Réponses reçues des États Membres

Italie

[Original : anglais]

1. Introduction

1 L'espace extra-atmosphérique est devenu un domaine majeur de recherche scientifique et d'application pour les secteurs publics et privés. Sans cesse on élabore de nouveaux projets de lancement dans l'espace de systèmes, y compris les missions habitées de grande envergure, destinés à diverses utilisations. De telles activités sont cependant exposées à un risque grandissant de collision dû à la production abusive de débris orbitaux. Au début des années 60, lorsque les vols orbitaux d'engins habités débutèrent, le risque de collision pour les satellites était alors très faible puisque uniquement associé aux micrométéorites. Aujourd'hui, le danger provient principalement des objets artificiels, surtout les objets métalliques, qui résultent des vols spatiaux, notamment :

- a) Les engins spatiaux en fin de vie utile, particulièrement dangereux quand ils contiennent des matières radioactives;
- b) les fragments de satellites ayant partiellement ou entièrement explosé, éléments provenant de la séparation des étages des lanceurs et de la séparation lanceur/satellite;
- c) les fragments de panneaux solaires;
- d) les corps vides des fusées, y compris les moteurs d'apogée;
- e) les fragments de réservoirs sous pression ayant explosé pour diverses raisons.

2 Si l'on tient compte de leur nombre, de leur taille et de leur énergie cinétique, les débris spatiaux constituent un risque véritable qui ne cesse de croître. Les fragments d'une dimension supérieure à 1 mm suscitent tout particulièrement l'inquiétude. Les débris se trouvent principalement sur orbite terrestre basse (à moins de 1 500 km); ils sont dotés d'une vitesse relativement élevée, sont difficiles à détecter par les techniques radar et les moyens optiques et ont une durée de vie en orbite relativement longue. Le groupe de recherche de l'Institut du Conseil national de la recherche (CNR) à Pise (CNUCE – Centre de calcul national universitaire) a montré que les nouveaux débris issus de collisions avec des objets orbitaux pourraient entraîner une réaction en chaîne, qui, à long terme, risquerait même d'empêcher toute activité spatiale sur orbites terrestres basses.

3 Ayant commencé à se pencher sur le problème des débris spatiaux, les organisations chargées de la planification et de la réglementation des activités spatiales ont lancé plusieurs avertissements. Pour parvenir à une entente au plan international, il leur a fallu toutefois surmonter de nombreuses difficultés compte tenu de l'importance des enjeux commerciaux dans le secteur. Comme dans d'autres cas d'évaluation technologique nécessitant une analyse prospective à long terme, des décisions doivent être prises alors que les risques à moyen et à long termes sont en grande partie inconnus. Il n'est plus possible de s'en tenir à une démarche classique visant le profit à court terme et faisant abstraction de contraintes que certaines prévisions omettent. Les stratégies réalistes quant à elles ne se concrétisent qu'à long terme et nécessitent beaucoup de rigueur dans la mise au point d'une nouvelle technologie, notamment en raison de l'importance des immobilisations requises. Elles doivent par ailleurs être suffisamment souples pour accepter une actualisation permanente en fonction de l'évolution constante des connaissances et tendre ainsi à pérenniser les activités spatiales.

4 La prise de conscience des risques encourus par les missions spatiales a donné lieu à la création de comités internationaux chargés de la coordination des activités concernant les débris spatiaux, en particulier le Comité de coordination interinstitutions sur les débris spatiaux (IADC). Le problème est de surcroît entré en 1994 dans les attributions du Sous-Comité scientifique et technique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-

atmosphérique. Des organisations des domaines technique et juridique se sont prononcées officiellement sur la question en insistant avant tout sur la nécessité de prendre des mesures concrètes. Il s'agit notamment de l'Institut américain d'aéronautique et d'astronautique (AIAA), du Comité de la recherche spatiale (COSPAR), de l'Académie internationale d'astronautique (AIA), de la Fédération internationale d'astronautique (FIA), de l'Institut international de droit spatial (IIDS) et de l'Association de droit international (ADI).

5 La délégation italienne auprès du Sous-Comité scientifique et technique s'est déclarée satisfaite de cette prise en compte du problème. Elle préconise à ce sujet l'échange de vues sur les aspects juridiques et politiques. L'Italie confirme aussi qu'elle appuie, à l'échelle internationale et au sein des organismes compétents, toutes les initiatives visant à accélérer le progrès technique nécessaire pour élaborer des programmes en vue de l'application de mesures concrètes.

2. Agence spatiale italienne

6 Depuis les années 80, l'Agence spatiale italienne (ASI) s'intéresse au problème des débris spatiaux. Elle a d'abord porté son attention essentiellement sur la rentrée dans l'atmosphère des objets spatiaux dangereux non maîtrisés. En 1988, le retour dans l'atmosphère du satellite Cosmos 1900 de l'Union soviétique, transportant des matières nucléaires à son bord, avait représenté un événement important pour l'ASI dans le domaine de ses activités sur les débris spatiaux. Parallèlement, le Ministère italien de la protection civile a constitué un comité consultatif permanent sur les situations d'urgence associées à la rentrée dans l'atmosphère de gros objets spatiaux. Plusieurs administrations sont représentées au sein de ce comité, notamment la Commission italienne de l'énergie nucléaire et autres sources d'énergie (ENEA), compte tenu des risques associés aux sources d'énergie nucléaires embarquées. Au sein de ce comité, l'ASI est chargée, en collaboration avec le CNUCE, des questions techniques (surveillance continue, prévision des rentrées dans l'atmosphère, etc.). L'appui technique que le CNUCE apporte à l'ASI est régi par un accord entre l'ASI et le CNR.

7 L'ASI participe aussi aux activités de l'Agence spatiale européenne (ESA) et à celles de la délégation italienne auprès des deux sous-comités du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique. C'est cependant en qualité de membre du Comité de coordination interinstitutions sur les débris spatiaux que l'ASI assume les responsabilités les plus importantes à l'échelon international. L'ASI a été admise comme dixième membre de ce comité en juillet 1998 et a déjà contribué concrètement à ses activités lors de l'assemblée générale qu'il a tenue à Toulouse (France) du 2 au 6 novembre 1998.

8 L'intérêt qu'elle porte au problème des débris spatiaux a poussé l'ASI à constituer en février 1995 un groupe de travail des débris spatiaux. Ce groupe a réalisé une enquête sur les activités relatives aux débris spatiaux en Italie et a proposé des orientations futures en la matière. Dans son rapport final (juin 1996), le groupe passait en revue les principaux aspects du problème et les résultats obtenus, et proposait un plan de recherche sur trois ans à mettre en place en Italie. Le cadre juridique international a également fait l'objet d'une étude.

9 L'ASI a appuyé plusieurs projets de recherche sur les débris spatiaux, en particulier une étude récente sur un système spatial permettant d'extraire de son orbite un engin spatial en fin de vie à l'aide de longs fils conducteurs.

3. Institut du Conseil de la recherche spatiale à Pise

Activités

10 Le rôle qu'il tient depuis longtemps dans le domaine de la mécanique céleste et de la dynamique des vols dans l'espace a tout naturellement conduit le CNUCE à s'engager dans le secteur connexe des débris spatiaux. Depuis 1979, lors de la rentrée du Skylab dans l'atmosphère, le CNUCE se charge de déterminer l'évolution orbitale des objets spatiaux non maîtrisés et potentiellement dangereux et de prévoir leur retour dans l'atmosphère. Il entretient des relations directes avec les autorités nationales qui ont progressivement assumé des

responsabilités relativement aux situations d'urgence dans le domaine, ainsi qu'avec des organisations ayant des attributions analogues aux États-Unis d'Amérique, en Europe, dans la Fédération de Russie et au Japon.

11 Ces dernières années, le CNUCE a participé à une douzaine de campagnes de rentrée dans l'atmosphère, mais il a aussi contribué activement, en collaboration avec le Ministère de la protection civile et le Centre d'évaluation des données, à la gestion des situations d'urgence nucléaire, y compris celles découlant de la rentrée dans l'atmosphère d'engins spatiaux, notamment pour produire des manuels et établir des procédures. Le travail technique et organisationnel ainsi fourni a conduit à un regroupement à l'échelon national des fonctions, des responsabilités et des procédures, ce qui a grandement amélioré l'interface avec toutes les autres organisations compétentes ainsi que l'état général de préparation opérationnelle.

12 Après la création de l'ASI en 1988, l'activité habituelle du CNUCE dans le domaine des rentrées dans l'atmosphère et des débris spatiaux s'est élargie dans le contexte plus vaste des activités spatiales nationales et de la collaboration entre les organismes gouvernementaux et les institutions de protection civile. Le Service de surveillance continue des objets spatiaux (SMOS) a été créé à Pise, en application d'une partie des propositions faites par le groupe de travail spécialisé constitué par l'ancien Ministre de la protection civile, auquel avaient contribué des représentants de l'ASI et du CNUCE.

13 Lorsque l'encombrement du proche espace terrestre par les débris spatiaux artificiels s'est révélé, le CNUCE et le SMOS se sont lancés, en collaboration avec le groupe de mécanique spatiale du département de mathématiques de l'Université de Pise, dans l'étude de modèles mathématiques de plus en plus élaborés pour simuler l'évolution à long terme de la population des débris spatiaux. Les deux derniers modèles ont été mis au point dans le cadre d'un contrat de l'ESA s'étalant de 1992 à 1996. Ils sont brièvement décrits ci-après.

14 Les activités du SMOS comprennent, outre la prévision des rentrées dans l'atmosphère des objets spatiaux non maîtrisés et potentiellement dangereux, la surveillance continue des missions spatiales internationales et de leur positionnement sur orbite terrestre, l'élaboration, l'amélioration et la mise en œuvre de logiciels d'application, la publication de rapports, l'apport d'un soutien technique à l'ASI relativement aux débris spatiaux, l'étude de l'évolution à long terme de la population des débris orbitaux et l'évaluation de l'efficacité des mesures visant à réduire le nombre de ces débris.

Élaboration de logiciels

15 L'évolution future de la population des débris sur orbite terrestre est fonction de nombreuses variables. Nous pouvons en maîtriser certaines (le nombre et le type de lancements, les mesures visant à éviter les explosions et les collisions, etc.), mais d'autres relèvent plus spécifiquement de la physique (la distribution de la masse des fragments issus d'explosions ou collisions et leur vitesse, la résistance à l'impact d'autres objets, la probabilité des collisions et la vitesse à l'impact suivant l'orbite, l'effet de la traînée atmosphérique au cours de la rentrée dans l'atmosphère d'objets de formes et de dimensions diverses, et ce à partir d'altitudes diverses). Dans le cadre d'une étude quantitative du problème, il faut pouvoir mettre au point des modèles et des algorithmes relativement complexes si l'on veut obtenir une simulation réaliste et suffisamment de souplesse pour examiner de nombreux scénarios possibles à partir des options ou paramètres numériques correspondants.

16 Ces dix dernières années, la recherche à ce sujet a pris beaucoup d'ampleur en Italie. Un modèle mathématique simple, reposant sur un système à deux équations différentielles seulement, s'est d'abord révélé satisfaisant pour illustrer le mécanisme pouvant mener à une réaction en chaîne en ce qui concerne les débris orbitaux. Plus tard, un modèle numérique réaliste fut mis au point à partir d'une estimation précise de la probabilité de collision en fonction de l'altitude et d'une description quantitative des mécanismes (traînée atmosphérique, lancements, explosions, collisions) qui tendent à accroître ou à diminuer la population des débris. Ces processus ont été modélisés suivant un système de 150 équations différentielles pour les objets en orbite autour de la Terre, divisé en sous-programmes pour 15 tranches d'altitudes et 10 fourchettes de masse (allant du milligramme à dix tonnes par multiple de dix). Ce dernier modèle a confirmé le risque d'une réaction

en chaîne et le fait que le moment où se produit un tel phénomène dépende du paramétrage, en particulier du degré de résistance des objets de grandes dimensions à une destruction en cas de collision.

17 Entre 1993 et 1995, dans le cadre d'un contrat de l'ESA/ESOC avec le *Consorzio Pisa Ricerche* (Consortium de recherche de Pise), le CNUCE (Pise) a franchi une nouvelle étape dans le domaine expérimental. Il s'agissait de mettre au point des modèles physiques, des algorithmes mathématiques et des codes numériques devant servir à l'analyse de l'évolution à long terme de la population des débris spatiaux en orbite autour de la Terre. Le projet était axé sur l'élaboration et la mise en place de stations de travail UNIX, sur la validation et l'exploitation de trois codes numériques et des programmes correspondants de prétraitement et de post-traitement.

18 Le contrat en question avait nécessité aussi toute une gamme d'activités de soutien hautement spécialisées, notamment : une étude détaillée des modèles du trafic passé et futur (lancements, constellations de satellites, stations spatiales, missions militaires et commerciales); la détermination des caractéristiques physiques et du type d'utilisation de toutes les fusées porteuses exploitées actuellement et prochainement; la mise au point de modèles de la densité de l'atmosphère, compte tenu notamment des variations du flux solaire; la mise au point d'un simulateur de la propagation en orbite, suffisamment rapide et précis pour suivre simultanément plusieurs milliers d'objets; une étude et une évaluation des différents modèles destinés à décrire les phénomènes de fragmentation (explosions et collisions de haute et de basse énergie); et la simulation de la population actuelle des débris spatiaux (issus des lancements, de la détérioration des engins et d'anciennes fragmentations) d'une masse supérieure à un milligramme.

4. Protection des engins spatiaux

19 Il appartient aux ingénieurs spatiologues de bien prendre en considération le risque d'une collision potentiellement dangereuse avec des débris spatiaux auquel les structures spatiales sont exposées. A une vitesse d'impact d'environ 10 km/s, la pression d'impact atteint jusqu'à quelques Mbar; la réaction est dominée par l'onde de choc; les matériaux subissent des changements d'état (solide-liquide-vapeur). Les débris orbitaux présentent un danger particulièrement élevé pour la station spatiale internationale, en raison des grandes dimensions de celle-ci (surface supérieure à 11 000 m²), de sa longévité (supérieure à 10 ans) et de la présence permanente d'êtres humains à son bord. L'évaluation des risques d'impacts montre que les modules de la station spatiale doivent être protégés à l'aide de blindages spéciaux.

20 L'Italie s'est également intéressée à ce problème. Au Centre d'études et activités spatiales de l'Université de Padoue, un canon à gaz a été conçu et fabriqué pour accélérer de petits projectiles métalliques à de grandes vitesses. Il s'agit d'un canon à deux étages et à hélium, dont la pression et la température maximales au deuxième étage atteignent respectivement 6 000 bars et 5 000 degrés. Des diagnostics précis permettent de suivre toutes les phases de l'accélération à un régime d'utilisation s'élevant à un tir par minute. Des masses de 0,5 et 2,5 g sont propulsées jusqu'à des vitesses respectives de 6 et 2,1 km/s. Bien que ces vitesses soient moins élevées que celles atteintes habituellement par les débris, les impacts obtenus possèdent la même structure physique et produisent les mêmes effets que ceux des débris spatiaux. Ils sont donc très utiles pour comprendre les phénomènes complexes et instantanés qui se produisent au cours de collisions à hypervitesse, notamment : ondes de choc, fusion et vaporisation, fragmentation, éjection de fragments dans différentes directions et réchauffement et refroidissement rapides de la cible et du projectile. Le canon employé est également précieux en tant que prototype d'un appareil plus grand qui permettra d'atteindre des vitesses plus élevées.

21 Certes l'on connaît l'essentiel des phénomènes microscopiques qui se produisent lors de collisions à hypervitesse, mais ceux-ci sont bien trop complexes du point de vue de la physique pour faire l'objet d'un traitement analytique. Il est nécessaire d'élaborer des codes numériques complexes pour décrire les effets de ces phénomènes sur une paroi métallique et sur un blindage multicouche. Des codes évolués de ce type, fondés sur la technique de l'hydrodynamique adoucie des particules (SPH) ont été mis sur pied et sont actuellement utilisés à l'Université de Rome "*La Sapienza*". Les codes SPH, établis à l'origine pour les besoins de l'astrophysique,

décrivent l'évolution du milieu considéré en étudiant des " particules " développées dont le mouvement et les propriétés sont mesurés dans le temps.

22 La société Alenia Aerospazio à Turin est chargée de concevoir la structure de plusieurs modules de la station spatiale internationale et de fabriquer ces modules. On s'attache actuellement à concevoir avec soin les blindages de protection pour chacun de ces modules, puis à en évaluer l'efficacité. Pouvant ajouter jusqu'à 1,5 tonne à la masse d'un module, le blindage a une grande influence sur la conception globale. La méthodologie à appliquer à l'évaluation des risques de dommages dus aux impacts de débris ainsi qu'à la conception et aux essais du blindage a été mise au point. Alenia a défini un concept innovant en matière de blindage. Il s'agit d'un système formé de trois parois : un matériau amortisseur, mélange de fibres céramiques, de tissu à haute résistance et de résine époxy, est pris en sandwich entre une fine paroi extérieure en aluminium et une paroi intérieure en alliage d'aluminium qui constitue la structure du module à protéger. L'Institut Ernst Mach à Fribourg (Allemagne) procède à des expériences d'impacts à hypervitesse à l'aide d'un canon à gaz léger. Les tirs effectués permettent de propulser des sphères d'aluminium d'un diamètre se situant entre 0,9 et 1,75 cm à des vitesses atteignant entre 3 et 7 km/s. Le travail de simulation numérique entrepris en collaboration avec l'Université de Rome " *La Sapienza* " permet de comparer les expériences et d'évaluer l'efficacité du blindage. Grâce à ce blindage, on est parvenu à réduire la probabilité de perforation de la coque étanche du module européen à moins de 1,5 % durant 10 ans.

5. Étude par des systèmes radar au sol des effets des flux de météorites sur les plates-formes spatiales

23 Composante importante de l'environnement spatial de la Terre, les météorites naturels présentent un risque pour les plates-formes spatiales en orbite. Leur nombre augmente beaucoup au cours de phénomènes dits de pluies ou de tempêtes, telles les pluies annuelles de Léonides. Leur dimension est en général faible et se mesure en millimètres, mais leur vitesse est très élevée (jusqu'à 70 km/s). Aussi les météorites peuvent-ils endommager ou éroder la surface ou les structures externes des satellites, et y produire des décharges électromagnétiques. Il convient donc, dans les stratégies mises au point pour placer en orbite autour de la Terre une plate-forme spatiale, de tenir compte des risques de pénétration mais aussi de production de charge et de plasma associés aux flux de météorites, et ce par l'étude et la prévision.

24 Les radars au sol constituent un outil bien adapté à l'observation des objets spatiaux, en particulier les radars qui fonctionnent par tous temps et aussi bien le jour que la nuit. L'Institut de physique et de chimie des basse et haute atmosphères (FISBAT) du CNR, à Bologne, exploite une installation radar depuis 1992 pour observer et mesurer les traînées ionisées laissées par les météorites. A partir des données recueillies, on a pu calculer les probabilités d'impact sur les plates-formes spatiales en orbite terrestre basse, au cours des pluies de météorites. La probabilité d'impact calculée à l'aide des mesures radar est deux fois supérieure en général à celle obtenue par l'observation optique. Les données radar montrent en outre que, au cours des pluies de météorites, la probabilité d'impact peut augmenter par un facteur de 10^2 à 10^4 , voire plus, par rapport au flux de fond sporadique.

6. Travaux juridiques

25 A l'Université de Rome " *La Sapienza* ", on s'intéresse beaucoup à l'étude des responsabilités gouvernementales relativement aux activités spatiales. L'attention se concentre actuellement sur les responsabilités relatives à la production de débris spatiaux. Les responsabilités en la matière sont nulles lorsque la propriété d'un engin spatial n'est pas reconnue officiellement, c'est-à-dire par exemple que cet engin n'est pas enregistré en application de la Convention sur l'immatriculation des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique. Pour le moment, l'Italie n'a ni signé ni ratifié cette convention, mais le Ministre des affaires étrangères a pris des mesures en vue de donner son adhésion à cet outil de droit international qui revêt une importance majeure en matière de débris spatiaux.

Japon

[Original : anglais]

1. Introduction

1 Le Japon mène toute une série d'activités relatives aux débris spatiaux, conformément à sa politique fondamentale en matière d'activités spatiales, publiée en janvier 1996¹ par la Commission japonaise des activités spatiales.

2 Depuis que la Société japonaise pour les sciences aéronautiques et spatiales (JSASS) a fondé le Groupe d'étude des débris spatiaux, en 1990, les activités dans le domaine sont organisées et menées à bien de façon systématique. Le Laboratoire aérospatial national (NAL), l'Institut des sciences spatiales et astronautiques (ISAS), l'Agence japonaise chargée des applications pratiques des activités spatiales (NASDA) et d'autres organisations ayant un lien avec l'espace (représentant collectivement le Japon) tiennent avec assiduité leur rôle de membre au sein du Comité de coordination interinstitutions sur les débris spatiaux depuis 1992 et ont aussi contribué aux travaux menés par le Comité de la recherche spatiale, le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, la Fédération internationale d'aéronautique et d'autres organisations internationales.

3 Le présent rapport comporte une brève description des activités conduites récemment au Japon dans le domaine des débris spatiaux et plus précisément relativement à la mesure, aux bases de données, à la protection contre les débris et à la réduction de leur nombre.

2. Mesure

4 L'ISAS et le Laboratoire de recherche sur les communications observent les débris spatiaux sur orbites basses et orbites géostationnaires, à l'aide de moyens optiques. L'ISAS et l'Université de Kyoto observent de leur côté les débris spatiaux sur orbite terrestre basse à l'aide de radars. L'ISAS emploie la technique d'observation par radar bistatique, tandis que l'Université de Kyoto utilise son radar MU (système radar pour l'étude des moyenne et haute atmosphères)^{2,3,4}.

5 En 1998, le NAL, la NASDA et le Forum japonais pour l'espace ont annoncé qu'ils projetaient de construire un nouveau système d'observation radar et optique⁵ des débris spatiaux qui permettrait d'observer les débris d'un diamètre minimum égal à un mètre (à une altitude de 600 km). L'achèvement de ce système est prévu pour 2003.

6 Le NAL et la NASDA ont procédé à l'analyse de l'état de la plate-forme SFU après son retour sur terre en 1996, ce qui a permis d'obtenir des données supplémentaires sur la répartition des microdébris dans l'espace. Une expérience a été réalisée en août 1997. Il s'agissait d'exposer un collecteur de poussières cosmiques monté en bout du dispositif de manipulation en vol (MFD) lors du vol STS-85 de la navette spatiale, et ce en coopération avec l'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace (NASA) des États-Unis d'Amérique. La NASDA a analysé les particules recueillies dans l'aérogel du collecteur⁶, en petit nombre en raison de la durée relativement courte d'exposition en vol. On met au point actuellement un dispositif analogue pour le module expérimental japonais (JEM) qui équipera la station spatiale internationale⁷.

7 De 1994 à 1997, la NASDA et la JSASS ont mené conjointement une étude visant à mettre au point un nouveau dispositif embarqué d'observation des débris spatiaux d'une taille minimale égale à un centimètre. Elles ont présenté les caractéristiques de base du dispositif qui constituerait une mission de coopération internationale⁸.

3. Modélisation et bases de données

8 La NASDA a établi en 1997 une base de données sur les débris spatiaux appelée *Space Debris Orbit Analysis Test System* qu'elle a mise en exploitation en avril 1998. Cette base de données est conçue comme un outil de gestion et d'analyse des données orbitales des objets spatiaux. Elle comprend plusieurs sous-fonctions, telles que la prévision de rentrée dans l'atmosphère, l'analyse des collisions et l'analyse de la dispersion des débris.

4. Protection contre les débris

9 Le NAL et la NASDA ont exécuté une série d'études et d'essais sur un système expérimental destiné au module pressurisé JEM. En 1998, ils avaient mené à bien une analyse numérique des phénomènes d'impact à grande vitesse, ainsi que des essais de simulation d'impacts à grande vitesse à l'aide d'un canon à un étage à poudre, d'un canon à deux étages à gaz léger, d'un canon à rail et d'un système à charge creuse^{9,10,11,12}, et avaient pris en compte les données recueillies au cours des analyses et essais dans la conception du modèle de vol du JEM.

5. Réduction des débris spatiaux

10 En mars 1996, la NASDA a établi la norme NASDA-STD-18 pour réduire le nombre de débris spatiaux. Cette agence ne cesse de s'efforcer de réduire la création de nouveaux débris spatiaux. Elle étudie pour cela comment effectuer en toute sécurité le retour dans l'atmosphère des vecteurs non récupérables et des engins spatiaux une fois leur mission terminée, ainsi que les critères techniques applicables en la matière pour réduire les risques au sol. En application de sa norme STD-18, la NASDA neutralise les étages supérieurs des vecteurs et en réduit la durée de vie au minimum; ainsi œuvre-t-elle régulièrement pour ne pas créer de nouveaux débris spatiaux^{12,13}.

6. Conclusion

11 Conscient de ses responsabilités au plan international, le Japon met tout en œuvre pour traiter les questions relatives aux débris spatiaux et à la préservation de l'environnement spatial. Le Japon continuera de porter une très grande attention au problème et juge que, sans coopération internationale, on ne peut envisager poursuivre à long terme et en toute sécurité les activités dans un environnement spatial préservé.

Notes

- ¹ Fundamental Policy of Japan's Space Activities, Space Activities Commission of Japan, revised on 24 January 1996.
- ² T. Sato and I. Kimura, "Debris observation with a VHF radar", *Earth Science Review*, vol. 4, No. 3 (1995).
- ³ T. Nakajima and others, "Current and planned space debris activities in Japan", *Advanced Space Research*, vol. 19, No. 2 (1997), pp. 391-397.
- ⁴ A. Takano, T. Takano and S. Toda, "Technical problems of space debris and international cooperation" (in Japanese), Technical Report of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, October 1997 (SANE97-64).
- ⁵ T. Tsujino, "Arrangement plan of the first Japanese space debris observation facilities" (in Japanese), 42nd Space Sciences and Technology Conference, October 1998.
- ⁶ Y. Kitazawa and others "Development of a dust collector for a material exposure experiment on the manipulator development facility (in Japanese), *Proceedings of the 17th Shock Wave Symposium*, 1997, pp. 253-256.
- ⁷ Y. Kitazawa and others, "Development of the micro-particle capturer of the JEM exposed facility" (in Japanese), 14th Space Station Conference, JSASS, April 1998.
- ⁸ A. Takano, Y. Arimoto and S. Isobe, "A baseline specification of the GEO debris observation satellite", 49th International Astronautical Congress, September 1998 (IAA-98-IAA.6.5.04).
- ⁹ A. Takano, "Space debris related activities in NASDA", *Proceedings of the Second European Conference on Space Debris*, March 1997 (ESA SP-393), pp. 31-34.
- ¹⁰ K. Shiraki and others, "Hydrocode simulation for the JEM pressurized module structure performance for space debris impact", 7th ISCOPS (C-8-6).
- ¹¹ K. Shiraki and others, "The results of hypervelocity impact tests", *Journal of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, vol. 44, September 1996.
- ¹² M. Katayama and others, "Analysis of JET formation and penetration by conical-shaped charges with the inhibitor", 1998 Hypervelocity Impact Symposium, Huntsville, AL, United States of America, 16-19 November 1998.
- ¹³ A. Takano, T. Tajima and Y. Kanoh, "Recent efforts toward the minimization of GTO objects and its practices in NASDA", *Acta Astronautica*, vol. 40, No. 11 (1997), pp. 807-813.