



# Assemblée générale

Distr.: Générale  
3 décembre 2001

Français  
Original: Anglais

## Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique

### Recherche nationale sur les débris spatiaux, la sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaires et les problèmes relatifs à leur collision avec des débris spatiaux

#### Note du Secrétariat

#### Table des matières

	<i>Paragraphes</i>	<i>Page</i>
I. Introduction.....	1-2	2
II. Réponses reçues des États Membres .....		2
Australie .....	1-12	2
États-Unis d'Amérique.....	1-20	4
Finlande.....		8
Iran (République islamique d') .....		8
République de Corée .....	1-2	8
Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord .....	1-18	9
III. Réponses reçues d'organisations internationales .....		13
A. Organisations du système des Nations Unies .....		13
Union internationale des télécommunications (UIT) .....		13
B. Autres organisations internationales .....		13
Union astronomique internationale .....		13

## I. Introduction

1. À sa quarante-quatrième session, le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique est convenu qu'il faudrait continuer d'inviter les États Membres à faire rapport chaque année au Secrétaire général sur les recherches nationales et internationales sur la sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaires, mener des études supplémentaires sur la question de la collision entre de tels objets spatiaux placés sur orbite et des débris spatiaux, et tenir le Sous-Comité scientifique et technique informé des résultats de ces études<sup>1</sup>. Le Comité a également noté que le Sous-Comité était convenu que les pays devraient poursuivre leurs recherches sur les débris spatiaux et que les États Membres et les organisations internationales devraient communiquer les résultats de ces recherches, y compris les informations sur les pratiques qui avaient permis de réduire la création de débris spatiaux, à toutes les parties intéressées (A/AC.105/761, par. 127).

2. Dans une note verbale en date du 8 août 2001, le Secrétaire général a prié les gouvernements de communiquer des informations sur les questions susmentionnées avant le 31 octobre 2001 afin qu'elles puissent être transmises au Sous-Comité scientifique et technique à sa trente-neuvième session. Le présent document a été établi par le Secrétariat sur la base des informations qui avaient été reçues des États Membres à la date du 3 décembre 2001. Les informations reçues après cette date figureront dans un additif au présent document.

## II. Réponses reçues des États Membres

### Australie

1. Le rapport soumis par l'Australie expose les procédures de réduction des débris à suivre dans le contexte de l'exploitation des installations australiennes de lancement d'engins spatiaux. Si de telles installations de lancement ne sont pas encore opérationnelles, il existe plusieurs propositions fermes visant à en créer dans un proche avenir. Le rapport de l'Australie présente aussi les activités menées par le secteur privé en ce qui concerne la gestion des débris spatiaux.

### Accords de licence

2. L'Australie ne construit pas encore de satellites, à l'exception du petit satellite expérimental FedSat 1. Toutefois, en tant que pays susceptible de procéder à des lancements, elle se préoccupe des incidences du recours à l'énergie nucléaire dans l'espace.

3. Dans le cadre du régime de licences pour les activités spatiales qu'applique l'Australie, les candidats doivent se conformer à des exigences très strictes en matière de sûreté et d'environnement. En outre, les objets spatiaux ne peuvent pas contenir d'armes nucléaires ni de matières fissiles sans l'approbation du Ministre. Le régime appliqué pour faire respecter ces trois séries d'exigences est très strict au sujet de la présence de sources nucléaires parmi les débris spatiaux.

---

<sup>1</sup> Documents officiels de l'Assemblée générale, cinquante-sixième session, Supplément n° 20 et Corrigendum (A/56/20 et Corr.1), par. 108.

### **Centre spatial Asie-Pacifique**

4. Le Centre spatial Asie-Pacifique (APSC) est en train d'aménager une installation commerciale de lancement d'engins spatiaux sur l'île Christmas. L'APSC effectuera des lancements d'engins géostationnaires au moyen du lanceur russe Aurora, qui se compose de trois étages auxquels peut venir s'ajouter un étage supérieur Corvet. Les lancements devraient commencer en 2004.

5. Le Gouvernement australien a achevé une évaluation complète de l'impact de cette installation de lancement sur l'environnement et a formulé plusieurs recommandations à l'intention de l'APSC. Parmi les questions dont traitent ces recommandations figurent les risques de production de débris en orbite dans les conditions normales de fonctionnement, en cas d'incident, et à la suite d'un impact avec des débris spatiaux existants ou avec d'autres systèmes spatiaux en orbite, et la menace potentielle pour la sûreté ou l'environnement que des objets peuvent présenter lors de leur rentrée.

6. L'APSC a établi un plan de gestion de l'environnement (EMP) qui définit des stratégies pour répondre à ces recommandations. Conformément aux prescriptions du Manuel de réduction des débris spatiaux de l'Agence spatiale européenne (ESA, 1999), ce plan de gestion de l'environnement préconise qu'aucun objet ne doit être libéré lors de la séparation du troisième étage, ni lors de la séparation de l'étage supérieur Corvet. Cela signifie qu'aucun petit débris n'est abandonné et que les objets liés à la mission ne sont pas générateurs de débris spatiaux.

7. Des mesures de passivation sont appliquées au troisième étage et à l'étage Corvet, ce qui supprime les risques ultérieurs d'explosion. On aura ainsi un objet unique pouvant être suivi plutôt qu'une multiplicité d'objets résultant d'une explosion non contrôlée. Lorsque l'étage Corvet est utilisé et que la mission le permet, le troisième étage peut être désorbité en opérant la séparation à une altitude suborbitale. L'étage supérieur (Corvet) peut aussi être désorbité quand la mission le permet.

### **Autres propositions**

8. Les autres propositions de création d'installations de lancement ne sont pas assez avancées pour que des mesures de réduction des débris puissent être recommandées.

### **Systèmes électro-optiques**

9. Des recherches concernant directement les débris spatiaux sont menées par Electro Optic Systems (EOS), société australienne spécialisée dans les systèmes électro-optiques de suivi des objets spatiaux. Ces dernières années, EOS a mis au point une nouvelle génération d'appareils laser et optiques permettant de suivre et de cataloguer les débris spatiaux. La recherche-développement concernant ces nouvelles technologies a été directement appuyée par le Gouvernement australien, qui a apporté un soutien financier et mis à disposition des installations.

10. Dans le cadre d'essais en vraie grandeur, ces nouveaux systèmes ont fait la preuve de leur capacité de suivre avec exactitude des débris de l'ordre du centimètre jusqu'à une altitude de 800 kilomètres. Grâce à cette technologie, qui permet de détecter un grand nombre de débris de cette taille qui jusque-là étaient inconnus, le

catalogue des débris spatiaux pourrait passer de 20 000 objets à 100 000 objets. L'infrastructure mondiale actuelle permet de suivre les débris à partir d'une taille de 10 centimètres, soit environ 15 000 objets. La mise en place des infrastructures de suivi qui permettront à la société EOS d'enrichir et de tenir à jour son catalogue de débris est en cours dans plusieurs pays. EOS prévoit de mettre son nouveau catalogue de débris en vente à compter de 2003.

### **L'engagement australien**

11. L'Australie est préoccupée par les risques que représentent les débris spatiaux, en particulier pour les satellites géostationnaires, et elle n'ignore pas qu'il y a eu ces dernières années un certain nombre de quasi-collisions. La perte de bande passante pendant des périodes prolongées en cas de collision est une des principales conséquences à redouter pour le secteur des télécommunications mondiales.

12. L'Australie souscrit à l'idée qu'il est nécessaire de faire en sorte que l'espace continue d'être accessible et sûr. Elle reste donc résolue à appuyer, afin de réduire au minimum les effets nuisibles des débris dans l'espace, les initiatives visant à en éviter, à en réglementer et à en limiter la production. La surveillance intégrée et coordonnée des débris spatiaux et les techniques permettant de désorbiter ou de remettre sur orbite des satellites et des débris potentiellement dangereux ont un rôle important à jouer à cet égard.

### **États-Unis d'Amérique**

1. Aux États-Unis d'Amérique, la recherche et les opérations se rapportant aux débris spatiaux ont continué d'être très actives en 2001, et des progrès importants ont été accomplis dans les domaines de la mesure et de la modélisation. La navette spatiale et la Station spatiale internationale ont poursuivi la mise en œuvre de procédures antidébris spatiaux et n'ont pas signalé de dommages appréciables. L'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace (NASA) a participé très activement à la troisième Conférence européenne sur les débris spatiaux à Darmstadt (Allemagne) en mars, où elle a présenté 19 communications techniques. Six autres communications ont été présentées par la NASA au cinquante-deuxième Congrès international d'astronautique à Toulouse (France) en octobre.

2. Deux engins spatiaux à longue durée de vie des États-Unis ont été retirés en 2001 et placés sur des orbites de rebut pour réduire les risques encourus par d'autres satellites. Le satellite GOES, âgé de 24 ans, a été placé sur orbite d'attente au-dessus de l'orbite géosynchrone (35 785 km +/- 200 km). Le satellite Landsat 4, âgé de 19 ans, a été retiré de son orbite héliosynchrone aux alentours de 700 km et remplacé sur une orbite plus basse pour faire en sorte qu'il ne reste pas sur une orbite terrestre basse plus de 25 ans après l'achèvement de sa mission.

3. Le Gouvernement des États-Unis a poursuivi ses activités pour faire en sorte que soient bien comprises ses politiques et pratiques de réduction des débris, aussi bien au plan intérieur que dans l'industrie spatiale. Par exemple des représentants de chacun des centres de la NASA et de différentes entreprises sous-traitantes ont pris part à un colloque sur les débris orbitaux au siège de la NASA en avril. L'objectif fondamental de cette réunion était de passer en revue les politiques et les principes directeurs de la NASA en ce qui concerne la réduction des débris spatiaux en orbite

terrestre. Une réunion spéciale consacrée aux risques liés à la rentrée des satellites a été organisée en juin à l'intention de la NASA tout entière à son Johnson Space Center. Par ailleurs, le groupe de travail NASA/Département de la défense sur les débris orbitaux a tenu sa réunion annuelle en avril à Colorado Springs, Colorado.

4. Les États-Unis ont fourni à la Fédération de Russie des données de poursuite pour appuyer les opérations de désorbitation de la station spatiale Mir au mois de mars, qui ont été couronnées de succès, et ont participé à l'atelier sur la rentrée de Mir au Centre européen d'opérations spatiales, en mai. En outre, les États-Unis ont eu le plaisir de prendre part, en mai et en octobre, aux réunions du Comité de coordination interinstitutions sur les débris spatiaux.

#### **Débris spatiaux: risques d'impacts et recherche sur le blindage**

5. La question des risques liés aux débris spatiaux, et notamment aux météoroïdes, occupait une place importante au cours de la première décennie de l'ère spatiale, quand on connaissait encore mal l'environnement spatial. On jugeait alors qu'une configuration simple des engins devrait offrir une protection adéquate contre cette menace naturelle dans le cadre de missions relativement courtes. Les engins spatiaux d'aujourd'hui, dont la durée de vie est beaucoup plus longue, doivent faire face à la menace non seulement des particules naturelles, mais aussi des débris anthropiques, qui sont de plus en plus nombreux.

6. Depuis le retour et l'examen des éléments du satellite SMM (Solar Maximum Mission – mission sur le maximum solaire) récupérés par la navette spatiale en 1984, les États-Unis ont repris leurs investigations sur les risques d'impacts des débris spatiaux et sur les solutions de blindage. Cette même mission de la navette avait déployé le dispositif d'exposition de longue durée (LDEF) de la NASA, qui a livré de nombreuses données sur les impacts de débris spatiaux après avoir été récupéré six ans plus tard. Plus de 30 000 points d'impact ont été relevés sur le dispositif, soit en moyenne 15 impacts par jour, ou un impact par révolution autour de la Terre. Des points d'impact analogues sont observés de façon régulière sur le télescope spatial Hubble et sur la navette spatiale elle-même.

7. Les particules jusqu'à 1 millimètre de diamètre ne font normalement pas de dommages appréciables aux systèmes spatiaux. Toutefois les ingénieurs doivent tenir compte des effets à long terme de ces impacts à grande vitesse dans la conception des engins et en particulier de leurs systèmes d'alimentation en énergie et de régulation. Une exposition prolongée aux débris spatiaux particuliers peut réduire la puissance électrique délivrée en raison de la perte de certaines cellules solaires ou de la rupture de leurs connexions, et peut rendre moins efficaces les surfaces absorbant la chaleur.

8. À l'issue de 12 missions de navettes spatiales entre octobre 1998 et avril 2001, au total 30 hublots extérieurs ont été remplacés en raison d'impacts de petits météoroïdes et de débris orbitaux, ce qui équivaut à un taux de pratiquement 25 % de remplacement par vol pour les 11 hublots principaux de la navette. Comme indiqué dans le rapport technique sur les débris spatiaux<sup>2</sup> du Sous-Comité, actuellement, environ la moitié des particules de cette taille ont une origine naturelle et la moitié une origine anthropique.

---

<sup>2</sup> Publication des Nations Unies, numéro de vente: F.99.I.17.

9. En raison de l'hypervitesse de la plupart des impacts de débris spatiaux, même les particules les plus fines peuvent avoir une énergie cinétique relative élevée susceptible de provoquer des dommages beaucoup plus étendus que la taille de la particule proprement dite. Par exemple un fragment d'aluminium de 0,1 mm a creusé un cratère de 2 mm dans un hublot de la navette spatiale au cours d'un vol en 2000. En 1998, une particule de peinture de 0,3 mm a provoqué une perforation d'1 mm de diamètre dans un radiateur de la navette. Au cours des quelques années passées, les radiateurs de la navette ont été modifiés pour réduire la probabilité de pénétration et de rupture éventuelle d'une tubulure du circuit réfrigérant.

10. En 2001, des perforations provoquées par des débris spatiaux ont été constatées sur la Station spatiale internationale, l'une d'entre elles ayant été découverte à l'occasion d'une sortie, et d'autres lors de l'inspection du module logistique polyvalent Leonardo après son vol inaugural de moins de deux semaines. Parmi les impacts imputables à des débris spatiaux de moins d'1 mm de diamètre, l'un des plus graves a été dû à une particule de 0,4 mm qui a pénétré un revêtement en tissu et a percuté une tubulure du circuit réfrigérant de la navette. La force de l'impact a provoqué un cratère profond de la moitié de l'épaisseur de la tubulure et a entraîné le détachement d'une partie de sa paroi intérieure. Une particule un peu plus grosse ou plus rapide aurait pu provoquer une fuite de réfrigérant, ce qui aurait mis fin prématurément à la mission.

11. Occasionnellement des particules d'une taille supérieure à 1 mm percutent des engins spatiaux, bien que le flux de particules de l'ordre du millimètre aux altitudes fréquentées par la Station spatiale internationale soit mille fois inférieur à celui des particules de l'ordre de 0,1 mm. À l'occasion de plusieurs vols, la navette a été touchée par des débris spatiaux de 1 à 2 mm de diamètre. Deux débris d'acier inoxydable de cette taille ont touché la navette Columbia en 1996, et un morceau d'aluminium de 2 mm a percuté la navette Atlantis en 1997. Heureusement, ces impacts se sont produits sur des surfaces relativement robustes et non critiques.

12. Le plus gros impact connu sur un engin spatial des États-Unis a été constaté sur l'une des antennes à haut gain du télescope spatial Hubble à l'occasion de la première mission d'entretien en 1993. Une perforation de 1,9 cm de diamètre a été découverte par l'équipage de la navette Endeavour. Une particule suffisamment grosse pour provoquer ce genre de dommage pourrait engendrer des dysfonctionnements graves sur beaucoup d'engins spatiaux, y compris ceux utilisés pour les vols habités.

13. Pour déterminer la vulnérabilité de certains éléments et structures d'un engin spatial, les essais d'impact à hypervitesse dans des laboratoires terrestres se sont révélés très précieux. On peut, au moyen de canons à gaz léger à deux étages de type classique, imprimer à des projectiles une vitesse allant jusqu'à 7 km/s. Des vitesses allant jusqu'à 11 km/s sont possibles avec des charges creuses avec inhibiteur. Ces installations permettent aux chercheurs d'évaluer les effets de la taille, de la composition, de la forme, de la vitesse et de l'angle de l'impact des particules. L'installation d'essai de la NASA à White Sands et le Centre d'études et de développement de l'Armée de l'air des États-Unis sont très bien équipés pour étudier les impacts à hypervitesse.

14. Pour réduire les essais nécessaires et prévoir les effets des vitesses d'impact supérieures à 11 km/s, on utilise des outils informatiques de simulation fondés sur

des données physiques qui sont appelés hydrocodes. Ensemble, les résultats donnés par les essais et les hydrocodes permettent d'écrire les équations balistiques limites, ou en d'autres termes d'établir des relations mathématiques qui indiquent dans quelles conditions une surface sera pénétrée par un débris. La pénétration est le principal paramètre qui permet de juger de l'efficacité d'une protection.

15. Les évaluations globales des risques encourus par un véhicule spatial sont faites en combinant le modèle de l'environnement constitué par les débris spatiaux et une description détaillée de ce véhicule, y compris les nombreuses équations balistiques limites correspondant à chaque type de surface qu'il comprend: le modèle bumper de la NASA, qui permet de calculer les probabilités d'impact et de pénétration pendant un intervalle de temps donné, est utilisé pour ces évaluations dans le cas de la navette spatiale, la Station spatiale internationale et les satellites robotisés.

16. Des boucliers antidébris peuvent être nécessaires pour protéger les véhicules spatiaux du risque de pénétration. Ceux-ci sont déjà protégés dans une certaine mesure des petits débris spatiaux par les éléments structurels et les matériaux isolants qui les constituent. Le type le plus simple de blindage est le bouclier Whipple: il se compose d'une fine feuille (le plus souvent d'aluminium), appelée pare-chocs, fixée à une courte distance devant la surface à protéger. Lorsque des particules de débris spatiaux heurtent le pare-chocs, une onde de choc se propage dans la particule et le pare-chocs, produisant un nuage de débris de taille plus petite et donc moins dangereux. Quand ce nuage de débris atteint la surface de l'engin spatial, les fragments sont distribués sur une superficie plus grande, ce qui réduit l'énergie transmise par unité de surface à la structure de l'engin.

17. Le bouclier Whipple composite, mis au point par la NASA, aussi appelé bouclier multichocs se fonde sur le principe du bouclier Whipple, mais comprend des couches additionnelles de matériaux légers entre le pare-chocs et la surface de l'engin spatial. Les matériaux les plus couramment placés derrière le pare-chocs sont le kevlar et le nextel. En faisant varier le matériau du pare-chocs, son épaisseur, la distance de garde, ainsi que le nombre et le type des couches intermédiaires, ces boucliers composites peuvent être adaptés pour protéger une surface donnée de l'engin spatial contre un type déterminé de débris, pour une masse totale de la protection notablement inférieure à celle d'un bouclier Whipple simple.

18. La Station spatiale internationale utilisera plus de 300 types différents de boucliers Whipple simples ou composites pour se protéger de particules pouvant atteindre 1 à 2 cm de diamètre. Par exemple, un bouclier Whipple composite prévu pour le module laboratoire Destiny a une profondeur de 10,7 cm et se compose d'un pare-chocs en aluminium de 0,2 cm et d'une isolation de six couches de nextel et de six couches de kevlar placées devant la paroi du module, dont l'épaisseur est de 0,48 cm. Ce bouclier suffit à empêcher la pénétration d'une particule d'aluminium de 1,35 cm frappant de plein fouet à une vitesse de 7 km/s.

19. Le bouclier double à grille est une variante du bouclier composite Whipple qui comprend une fine grille métallique devant le pare-chocs plein. Cette grille permet de disperser les débris particuliers avant qu'ils n'atteignent le pare-chocs classique placé derrière.

20. La NASA a aussi élaboré un nouveau modèle de bouclier antidébris qui présente un intérêt tout particulier pour les véhicules spatiaux gonflables de grande

dimension. Une solution consiste à utiliser un sandwich de quatre couches de nextel (deux feuilles de chaque côté) et d'une couche de kevlar, chacune étant séparée par une mousse basse densité. Pendant le lancement, ce bouclier peut être rangé dans un petit volume, puis déployé une fois en orbite pour prendre une épaisseur de 75 cm et assurer la distance voulue entre les feuilles de nextel et de kevlar pour que l'effet de protection soit maximal. Cette configuration permet d'arrêter des particules d'aluminium pouvant atteindre 1,8 cm de diamètre se déplaçant à 7 km/s.

## **Finlande**

La Finlande mène un certain nombre d'activités de recherche et de travaux d'application sur les débris spatiaux:

- a) Le détecteur de débris spatiaux DEBIE et des unités de traitement des données ont été lancés à bord du satellite PROBA en octobre 2001;
- b) Le système DEBIE effectuera par la suite des vols de caractère plus opérationnel à bord de la Station spatiale internationale;
- c) Un recensement des débris spatiaux en orbite terrestre basse a été effectué à l'aide des radars européens à diffusion incohérente EISCAT installés en Laponie (capacité de détection: objets à partir d'un centimètre);
- d) L'Université d'Oulu et l'Observatoire géophysique de Sodankylä ont, dans le cadre d'une étude effectuée sous contrat pour le compte du Centre européen d'opérations spatiales de l'Agence spatiale européenne (ESAC/ESA), mesuré des débris spatiaux de petite taille;
- e) L'Université de Turku a effectué un recensement des débris spatiaux sur orbite géostationnaire au moyen du télescope de l'ESA aux îles Canaries.

## **Iran (République islamique d')**

Les débris spatiaux résultant des activités aérospatiales de l'humanité, outre qu'ils ont des effets sur l'état de l'environnement terrestre, sont devenus au cours des dernières décennies une grave menace pour les engins spatiaux en orbite, les plates-formes spatiales et les astronautes qui effectuent des sorties dans l'espace sur des orbites terrestres basses. En République islamique d'Iran, la recherche sur les débris spatiaux est menée par l'équipe chargée des débris orbitaux de l'Institut de recherche aérospatiale (ARI), au sein du Groupe de recherche sur les normes spatiales et le droit de l'espace. L'équipe chargée des débris orbitaux travaille sur divers sujets tels que la catégorisation, les caractéristiques, la surveillance et les aspects juridiques des débris orbitaux. Le Groupe envisage aussi d'effectuer des simulations mathématiques, des calculs de probabilité de collision et des analyses de risques.

## **République de Corée**

1. En ce qui concerne "la sûreté des objets spatiaux équipés de sources d'énergie nucléaires", la République de Corée n'a jamais utilisé de sources d'énergie



nucléaires dans l'espace et ne prévoit pas de le faire dans un avenir proche, mais elle assure pleinement la sûreté des engins spatiaux non équipés de sources d'énergie nucléaires.

2. En ce qui concerne les "débris spatiaux", la République de Corée ne dispose pas encore de son propre lanceur spatial. Cette question ne concerne donc pas ses activités spatiales. Toutefois, à compter de 2005, elle disposera de son propre lanceur, et fera alors de son mieux pour réduire au minimum la production de débris spatiaux.

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

### **I. Introduction**

1. L'intérêt que continue de manifester le Centre spatial national britannique (BNSC) à la question des débris spatiaux est reflété dans son rapport sur la stratégie spatiale du Royaume-Uni (1999-2002). L'un de ses principaux objectifs consiste à assurer la coordination avec d'autres organismes qui s'intéressent également aux risques posés par les débris spatiaux. Ainsi, il coordonne les activités menées au Royaume-Uni par l'intermédiaire du Groupe de coordination sur les débris spatiaux et veille à ce que ces activités soient harmonisées avec celles menées par l'Agence spatiale européenne (ESA) et ses États membres. Par ailleurs, le BNSC cherche activement, dans le cadre du Comité de coordination interorganisations sur les débris spatiaux (IADC) dont il est membre, à parvenir à un accord international sur les principales questions en la matière. Il appuie également le programme de travail du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra atmosphérique dans ce domaine.

2. Des réunions nationales permettent de coordonner toutes les activités de recherche du Royaume-Uni sur les débris spatiaux. Le Groupe de coordination donne l'occasion aux chercheurs d'échanger des informations et des idées et, chaque fois que possible, encourage le travail en coopération. Il s'est réuni pour la dernière fois en novembre 2001 et la plupart des grandes équipes de recherche sur les débris de l'industrie spatiale et des milieux universitaires du Royaume-Uni y ont pris part, à savoir notamment QinetiQ (anciennement DERA), le Ministère de la défense, Astrium, Century Dynamics, Observatory Sciences, Advanced System Architectures, le laboratoire Rutherford Appleton, Open University, et les Universités de Cranfield, Oxford et Southampton.

3. La coordination des activités sur les débris spatiaux dans le cadre de l'ESA est maintenant assurée par un réseau de centres sur les débris spatiaux associant l'Agence spatiale italienne (ASI), le BNSC, le Centre national d'études spatiales français (CNES) et le Centre aérospatial allemand (DLR), la participation étant ouverte à tous les membres de l'ESA actifs dans le domaine des débris spatiaux.

4. L'IADC est une instance internationale de coopération sur tous les aspects du problème des débris. Ce groupe s'efforce en particulier de parvenir à un accord pour recommander des mesures de réduction des débris fondées sur une analyse technique judicieuse du problème. Au cours de l'année écoulée, le Royaume-Uni a participé à la dix-neuvième réunion de l'IADC, qui a été accueillie par la DLR

(Allemagne) en mars 2001. La vingtième réunion de l'IADC sera accueillie par le BNSC à l'Université du Surrey (Royaume-Uni) en avril 2002.

5. Le Royaume-Uni dispose de moyens particulièrement importants en matière de recherche sur les débris spatiaux, auxquels le BNSC fait régulièrement appel pour obtenir un appui et des conseils techniques impartiaux. Au cours de l'année écoulée, divers organismes du Royaume-Uni ont effectué des travaux de recherche-développement dans les domaines présentés ci-après.

## **II. Observation et mesures de la population de débris**

### *A. Système d'observation optique des débris*

6. Sira Electro-Optics Ltd a pris part à la fourniture d'un système à caméra électronique pour l'observation des débris en collaboration avec Carl Zeiss Jena pour le compte de l'ESA. Ce dispositif a été installé sur un télescope Zeiss d'un mètre d'ouverture à l'Observatoire de Teide, à Ténérife. De nombreux essais d'observation au moyen du télescope et de la caméra de Sira ont été effectués entre décembre 2000 et juillet 2001. Les observations optiques ont été concentrées sur l'orbite géostationnaire (GEO) et ses abords proches, région dite de l'anneau géostationnaire. C'est l'une des régions de l'espace les plus intensément utilisées, avec environ 300 engins opérationnels. On sait que, malheureusement, l'étage supérieur d'une fusée et un satellite s'y sont désintégrés, mais la localisation des fragments qui en ont résulté était pour l'essentiel inconnue, car les activités habituelles du réseau des États-Unis de surveillance de l'espace ne portent pas sur les objets d'une taille inférieure à un mètre présents dans cette zone. Au moyen du télescope Zeiss d'un mètre d'ouverture, un grand nombre de débris ont pu être décelés et leurs orbites déterminées à titre préliminaire, la magnitude limite étant légèrement supérieure à 20 pour un temps d'exposition de 2 secondes, la taille minimale des objets discernables est de 10 à 20 centimètres. Les observations d'essai ont permis de découvrir et de caractériser partiellement un grand nombre de débris de petite taille dans la région de l'orbite géostationnaire. Actuellement la caméra à dispositif de transfert de charge (DTC) et son cryostat sont chez Carl Zeiss Jena pour mise au point définitive. Les observations d'essai finales devraient reprendre à Ténérife en novembre 2001.

### *B. Radar de détection de débris*

7. Un accord de collaboration a été conclu entre le Laboratoire Rutherford Appleton et QinetiQ pour mettre au point un système radar 3 GHz à l'Observatoire Chilbolton, dans le Hampshire (Royaume-Uni), pour la détection des débris spatiaux. Bien qu'utilisant une antenne de 25 mètres totalement orientable, l'émetteur à magnétron existant, utilisé principalement pour la météorologie radar, était d'une puissance insuffisante pour déceler autre chose que les plus gros débris. Au cours de l'année passée, il a été mis en place un émetteur à tube à onde progressive qui délivrera une puissance moyenne très supérieure (2,7 kW contre 600 W). Le nouveau système sera pleinement cohérent et permettra la détection d'objets de 5 cm de diamètre jusqu'à une altitude de 1 000 km, (c'est-à-dire en orbite terrestre basse). Les essais du nouveau système devraient être achevés au début de 2002.

### III. Modélisation de l'environnement des débris

8. La modélisation de l'environnement des débris, son évolution à long terme et les risques qui peuvent en résulter pour les systèmes spatiaux futurs continue d'occuper beaucoup les chercheurs du Royaume-Uni qui se consacrent à la question des débris. Les effets de l'introduction continue de nouveaux engins dans l'espace proche de la Terre, et les conséquences pour cet environnement font aussi l'objet de recherches importantes.

#### A. *Modélisation de l'environnement des débris en orbite terrestre basse*

9. Au cours de l'année passée, QinetiQ a mis l'accent sur l'étude des mesures de réduction du point de vue de leur utilité à long terme pour la réduction de la croissance des débris à l'avenir, des coûts de la mise en œuvre de ces mesures, et des risques encourus par des engins spatiaux importants. Cette étude a permis d'apporter des améliorations significatives aux modèles de l'environnement des débris spatiaux pour le long terme, à savoir IDES (pour le Ministère de la défense du Royaume-Uni) et DELTA (pour l'ESA), et de développer un outil autonome appelé DEORBITER permettant de planifier les manœuvres postérieures à la mission et d'estimer des besoins en propergol. Une présentation spéciale sur le rapport coût-efficacité des mesures de réduction des débris spatiaux a été faite à l'occasion de la réunion du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, à Vienne en février 2001. Une analyse approfondie de l'évolution à long terme de l'environnement des débris, des mesures de réduction des débris et de la protection des engins spatiaux a été effectuée en vue de la mise à jour du Manuel de réduction des débris spatiaux de l'ESA. Une impulsion et une contribution technique ont été apportées à une importante étude internationale sur la mise au rebut en fin de vie sur orbite terrestre basse, en vue de l'élaboration de principes directeurs de l'IADC sur la réduction des débris spatiaux.

10. L'Université de Southampton a entrepris en 2001 de travailler sur un thème nouveau, celui des lisses spatiales. Une lisse spatiale est un câble de grande longueur et de haute résistance généralement utilisé pour relier un engin spatial à un autre. Ce câble assure une liaison mécanique qui permet de transférer de l'énergie cinétique d'un objet à un autre, et peut donc servir de mode de propulsion spatiale. Il peut aussi interagir avec la magnétosphère terrestre pour produire de l'électricité ou de l'énergie de propulsion. Les lisses sont de plus en plus envisagées pour une utilisation en orbite terrestre. Les travaux menés à Southampton sont axés sur la dynamique des lisses, leur vulnérabilité dans l'environnement des débris spatiaux et leur effet réciproque sur l'environnement.

#### B. *Modélisation de l'environnement des débris dans la région des orbites terrestres hautes*

11. Les modèles IDES et DELTA (développés par QinetiQ) ont tous deux été étendus pour permettre de prévoir l'évolution à long terme de l'environnement des débris orbitaux en orbite terrestre basse, moyenne et géosynchrone de manière simultanée. Des prévisions à long terme des risques de collisions sur toutes les orbites terrestres (y compris sur les orbites très excentrées) sont également possibles grâce à la simulation de la dynamique de la population complète.

12. Le principal axe de recherche à l'Université de Southampton au cours de la période considérée a été la question des débris dans la région de l'orbite géostationnaire. Un logiciel d'analyse est en cours de développement dans le cadre d'un contrat conclu avec le Conseil de la recherche en ingénierie et en sciences physiques du Royaume-Uni ("Évolution à long terme des débris spatiaux sur orbite terrestre haute"). Ce logiciel, baptisé DAMAGE (architecture d'analyse et de surveillance des débris dans l'environnement géosynchrone), aura des caractéristiques originales et fera intervenir des techniques novatrices pour évaluer l'évolution à long terme de l'environnement des débris orbitaux en orbite terrestre haute et les risques encourus par les systèmes orbitaux dans cette région. Le modèle comprend désormais une population d'objets de référence dont la trajectoire traverse cette région, deux volumes de contrôle et un propagateur orbital qui permet de représenter les perturbations résultant des harmoniques sphériques zonales principales, des sous-harmoniques cubiques, des effets gravitationnels lunisolaires, et de la pression du rayonnement solaire. Des efforts considérables ont été consacrés au développement et à la validation du propagateur, en collaboration étroite avec QinetiQ. Le développement du modèle se poursuit actuellement avec l'ajout de plusieurs algorithmes d'évaluation des risques de collision et d'un modèle d'explosion. Cet outil sera utilisé pour l'étude de la stabilité de l'environnement et de stratégies de mise au rebut des engins spatiaux en fin de vie.

13. Au cours de l'année passée, un consortium international associant l'Université du Kent, QinetiQ, Onera (Toulouse, France), l'Institut Max Planck (Heidelberg, Allemagne) et l'Université du Maryland (États-Unis) a mené à bien sous contrat pour le compte de l'ESA un travail consistant à étendre la modélisation des débris spatiaux et d'autres facteurs environnementaux de l'orbite terrestre basse à l'orbite géostationnaire. En particulier, des évaluations quantitatives des interactions et une modélisation de la dynamique des populations de débris ont été effectuées. Dans le cadre de cette activité, le modèle DIADEM de prévision des populations sur l'orbite géostationnaire a été établi et mis à l'essai. Ce modèle est relié à Master 99, l'outil global de l'ESA pour la caractérisation de l'environnement du flux de débris et de météoroïdes.

#### **IV. Protection des engins spatiaux contre les débris et évaluation des risques**

14. L'évaluation des risques d'impact à hypervitesse de débris sur des engins spatiaux et la protection de ces engins contre ces impacts sont un autre domaine de recherche dans lequel le Royaume-Uni est très actif.

##### *A. Modélisation de la capacité de survie des satellites*

15. QinetiQ a achevé le développement de la version 1.0 d'un modèle informatique innovant et unique appelé SHIELD qui sert à évaluer la capacité de survie d'engins spatiaux non habités dans l'environnement formé par les débris, et de recommander des stratégies appropriées de protection offrant un bon rapport coût-efficacité. Une série initiale de simulations de validation a été effectuée récemment et a démontré que les résultats donnés par le programme SHIELD étaient extrêmement fiables. Une communication sollicitée mettant en évidence certaines des capacités et des résultats du modèle a été faite en 2000 au Brésil lors du congrès de la Fédération internationale d'astronautique.

*B. Simulation d'impacts à hypervitesse*

16. Century Dynamics continue de vendre et d'assurer le soutien technique de l'hydrocode AUTODYN dans toute la communauté spatiale. Ce modèle permet de simuler la réponse d'un matériau à un impact à hypervitesse. La société a de nombreux clients qui participent directement à des études sur la protection contre les impacts de débris spatiaux à hypervitesse. La NASA, l'ESA, l'Agence nationale japonaise de développement spatial, la European Aeronautic Defence and Space Company et nombre de leurs sous-traitants continuent d'utiliser AUTODYN. L'application d'AUTODYN aux matériaux non métalliques comme le verre et les matériaux composites s'est étendue. Au cours de l'année passée, Century Dynamics a lancé le logiciel AutoShield, qui est spécifiquement conçu pour l'analyse numérique aux fins de la conception des protections contre les impacts à hypervitesse.

17. Cette société continue d'effectuer des travaux pour le compte de l'ESA/Alenia dans le domaine de la validation de la conception des protections du module Columbus de la Station spatiale internationale. Elle a aussi participé à plusieurs autres travaux sous contrat liés aux impacts à hypervitesse sur les structures et les composants des satellites.

*C. Conception des engins spatiaux en vue des risques liés aux débris*

18. La direction du segment Observation et sciences de la Terre de la société Astrium Ltd poursuit ses travaux dans le domaine de l'"ingénierie des débris", en étudiant la conception des systèmes et en analysant les missions d'engins spatiaux. Les outils de la NASA et les résultats des recherches de l'ESA, ainsi que des outils maison sont utilisés pour analyser les risques de collision des satellites et leur désorbitage en fin de vie. Les recherches se poursuivent sur les boucliers destinés aux engins non habités et sur les structures connexes. Au cours de l'année passée, on a notamment mis au point une structure en fibres de carbone tissées, combinée avec des couches de protection en kevlar.

### **III. Réponses reçues d'organisations internationales**

#### **A. Organisations du système des Nations Unies**

##### **Union internationale des télécommunications (UIT)**

Les groupes d'études techniques du Secteur des radiocommunications de l'UIT n'ont pas rassemblé d'informations pertinentes sur ce sujet dans le cadre de leurs travaux.

#### **B. Autres organisations internationales**

##### **Union astronomique internationale**

L'Union astronomique internationale estime que les débris spatiaux sont l'un des principaux problèmes d'environnement qui ont une incidence pour l'astronomie,

en particulier mais pas exclusivement pour les observations effectuées à partir de satellites. Elle suivra, avec le plus grand intérêt, les travaux relatifs aux mesures concrètes de réduction des débris entrepris par le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique pour donner suite aux recommandations de la troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (UNISPACE III) et elle a l'intention d'y apporter un certain nombre de contributions. Par ailleurs, ses membres contribuent à ces travaux dans le cadre de leurs activités professionnelles au sein des agences spatiales nationales et internationales bien qu'elle ne mène pas de programme indépendant dans ce domaine étant donné sa nature.

---