



Assemblée générale

Distr.: Générale
25 février 1999

FRANÇAIS
Original: Anglais

COMITÉ DES UTILISATIONS PACIFIQUES DE L'ESPACE EXTRA-ATMOSPHERIQUE

Recherche nationale sur les débris spatiaux, la sûreté des satellites équipés d'une source d'énergie nucléaire et problèmes de la collision des sources d'énergie nucléaires avec les débris spatiaux

Note du Secrétariat

Additif

Table des matières

	<i>Paragraphes</i>	<i>Page</i>
I. INTRODUCTION	1 - 2	2
II. RÉPONSES REÇUES DES ÉTATS MEMBRES	1-3	2
Allemagne	1-3	2

I. Introduction

1. Dans une note verbale du 17 juillet 1998, le Secrétaire général a invité tous les États Membres à fournir des informations sur les recherches nationales menées au sujet des débris spatiaux, de la sûreté des satellites équipés de sources d'énergie nucléaire ainsi que des problèmes causés 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 30 janvier et le 23 février 1999.

II. Réponses reçues des États Membres¹

Allemagne

[Original : anglais]

1. L'Allemagne continue de mener activement des recherches sur les débris spatiaux. Ses activités sont soit des activités nationales, soit des activités financées dans le cadre de contrats avec le Centre européen de recherche et de technologie spatiales (ESTRC) et le Centre européen d'opérations spatiales (ESOC) et l'Agence spatiale européenne (ESA), laquelle est financée au moyen de contributions de ses États membres, la part revenant à l'Allemagne étant d'environ 25 pour cent. Ces recherches sur les débris spatiaux sont menées en Allemagne par l'Institut de mécanique de vol et de technologie spatiale de l'Université technique de Braunschweig (IFR/TUBS) et l'Établissement de recherche en sciences appliquées de Wachtberg-Werthhoven (FGAN). D'autres activités de recherche sont également menées, par exemple, par l'industrie spatiale allemande.
2. Les sections ci-après du présent rapport sont par conséquent structurées en fonction des activités de recherche suivantes : modélisation; observation par radar et analyses de données; et autres activités de recherche sur les débris spatiaux.
3. Le rapport décrit les activités réalisées depuis le rapport précédent (voir le document A/AC.105/680/Add.1 du 2 février 1998). Depuis lors, le Centre aérospatial allemand (DLR) a organisé le 22 octobre un atelier en vue de revoir la stratégie nationale en matière de débris spatiaux. Les principales caractéristiques de cette nouvelle stratégie sont les suivantes :
 - a) Coordination des activités de recherche sur les débris spatiaux menées par les milieux industriels et scientifiques allemands et par le DLR lui-même;
 - b) Formulation d'une contribution autonome en vue de l'élaboration dans le cadre de l'Agence spatiale européenne d'une stratégie européenne intégrée concernant les débris spatiaux, à laquelle participeraient les entités allemandes disponibles;
 - c) Renforcement des capacités d'analyse des risques dans les domaines affectant les intérêts nationaux;
 - d) Élaboration de propositions et de recommandations en vue de réduire les débris spatiaux et d'atténuer les effets des collisions;

¹Les réponses sont reproduites telles qu'elles ont été reçues

e) Élaboration de méthodes de surveillance des projets spatiaux subventionnés ou financés par des entités nationales ou par l'État en vue d'éviter la génération de débris et assurer l'application des normes et réglementations internationales en vigueur;

f) Participation du DLR à la formulation de règlements et d'accords internationaux, et représentation des intérêts de l'Allemagne auprès des organes internationaux (comme la Commission de coordination de l'ESA sur les débris spatiaux, le Comité interinstitutions de coordination sur les débris spatiaux (IADC) et le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique).

4. Cette stratégie nationale a été présentée lors de la session annuelle de l'IADC. Une délégation présidée par le DLR, comportant cinq représentants de différentes institutions allemandes, a participé à la session. Un expert du FGAN préside actuellement le Groupe de travail 1 (Mesures).

5. L'Allemagne appuie sans réserve les activités du Sous-Comité scientifique et technique et du Sous-Comité juridique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique visant à mener à bien l'élaboration du rapport contenant les résultats du plan de travail pluriannuel sur les débris spatiaux. Ce rapport devrait être adopté à la session de 1999 du Sous-Comité scientifique et technique pour pouvoir être présenté à la Troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (UNISPACE III), aussi bien à la Conférence intergouvernementale qu'au Forum technique. La délégation allemande à la Conférence UNISPACE III ainsi que les experts allemands qui participeront au Forum technique seront prêts à contribuer activement à la diffusion du rapport et à l'examen de la question des travaux futurs que devrait mener le Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique au sujet des débris spatiaux.

1. Activités de recherche sur les débris spatiaux : modélisation

6. En 1998, l'IFR/TUBS a travaillé principalement à deux études entreprises sur les débris spatiaux pour le compte de l'ESA. Ces deux études portent principalement sur le modèle de référence de l'ESA sur les météorites et les débris spatiaux dans l'environnement terrestre (MASTER).

a) Amélioration du modèle MASTER

7. Comme indiqué dans le rapport précédent (voir le document A/AC.105/680/Add.1), l'on a entrepris d'améliorer le modèle MASTER¹ de l'ESA afin d'y englober les débris autres que de fragmentation d'une dimension parfois non supérieure à 1 mm. Cette amélioration est devenue nécessaire car il ressort d'un certain nombre de mesures et d'observations que les débris artificiels ne sont pas créés exclusivement par des processus de fragmentation. Des particules de grandes dimensions produites par la mise à feu des moteurs à propergol solide, parfois appelées "scories", ainsi que des gouttelettes de liquide caloporteur de sodium-potassium (NaK) dégagées dans l'espace par les réacteurs nucléaires² ont été détectées par des installations de radar à terre.³ Les dimensions de ces objets sont de l'ordre d'environ 5 mm à plusieurs centimètres de diamètre. L'on peut s'attendre à des dégagements majeurs de ces sources, selon le spectre d'inclinaison des objets détectés et les densités spatiales correspondantes. S'agissant des débris de plus petites dimensions, les particules d'échappement des moteurs à propergol solide, les particules provenant de la désintégration de la surface des objets spatiaux et les ejecta⁴

résultant de l'impact de petits objets primaires sont au nombre des sources qui contribuent à l'environnement mondial de petits débris artificiels.

8. La partie du modèle MASTER concernant l'environnement de météorites, initialement fondé sur l'approche Divine/Staubach, a été refondue et complétée par un modèle concernant le flux météorique.^{5,6} La figure 1 illustre l'ensemble des améliorations qui ont été apportées au modèle pour ce qui est de la source des débris et de l'ordre de grandeur des débris pris en considération.

Figure 1

Aperçu général des améliorations apportées au modèle MASTER ainsi que des sources de débris autres que de fragmentation pris en considération

9. Selon la structure du modèle MASTER, les sources de débris autres que de fragmentation ont été définies au moyen d'une haute résolution spatiale à partir de 200 km d'altitude (orbite terrestre basse) jusqu'à la région de l'orbite géosynchrone. Toutes les sources ont été traitées sur une base semi-déterministe pendant la phase d'élaboration du modèle. L'on a ainsi généré des objets individuels, lesquels sont décrits par une série d'éléments orbitaux classés par époque de génération ainsi que par masse et par dimensions. À l'étape suivante du processus, tous les objets sont extrapolés à une époque commune, dite "époque de référence". La nouvelle version du modèle sera publiée officiellement pendant le dernier trimestre de 1999.

10. Du fait de l'extension du modèle MASTER, le programme est devenu plus complexe, notamment pour ce qui est l'acquisition des données à entrer et de la visualisation des données produites. Aussi a-t-on entrepris de transformer le modèle MASTER, qui était jusqu'à présent un programme piloté par commandes, en une application de pointe pilotée par menus.

11. L'on travaille aussi actuellement à la mise au point d'une interface GUI qui constitue une enveloppe pour les programmes en binaire du modèle MASTER. L'utilisateur ne dialoguera qu'avec cette interface, et les programmes binaires du modèle MASTER seront exécutés en arrière-plan. L'interface MASTER offre les avantages suivants (voir l'exemple illustré à la figure 2) :

- a) Fourniture d'une interface ergonomique et intuitive afin de saisir toutes les données nécessaires aux applications MASTER;
- b) Exécution du modèle MASTER (application d'analyses et d'ingénierie);
- c) Affichage, sur l'écran ou au moyen de dispositifs d'écriture, des répartitions graphiques données par les résultats du modèle MASTER;
- d) Fourniture d'une aide en ligne à l'utilisateur.

Figure 2
Interface GUI du modèle MASTER

b) Extension du modèle MASTER en vue de prédire les détections de débris

12. L'étude a essentiellement pour objet de mettre au point et d'installer un outil logiciel modulaire permettant de prédire les taux de croisement et les caractéristiques de détections statistiques d'objets de dimensions inférieures au seuil du catalogue du Commandement spatial des États-Unis (USSPACECOM) ainsi que de prédire les délais d'acquisition et les caractéristiques de passage d'objets catalogués sur une base déterministe. Des prédictions seront possibles aussi bien pour les systèmes de radar que

pour les systèmes d'observations optiques avec leurs contraintes inhérentes ainsi que pour les installations à terre et dans l'espace. Des méthodes mathématiques (à des fins d'analyses aussi bien statistiques que déterministes) permettent d'établir des croisements ou les acquisitions prédites pour le champ de vision d'un capteur donné (et des fourchettes de la portée dans le cas des systèmes de radar). Sur la base du modèle de performance du capteur dont il s'agit, les taux de croisement sont ensuite transformés en taux de détection et en seuils de dimension pour un niveau de probabilité déterminé, la forme, la composition et les propriétés de surface des objets cibles étant préalablement définies.

13. Le système de logiciel mis au point à l'issue de cette étude, le Programme de prévision des observations radar et optiques (PROOF), est extrêmement modulaire. Il comporte des interfaces avec la population de la version améliorée du modèle MASTER (à des fins d'analyses statistiques) ainsi qu'avec un fichier Catalogue à une date déterminée, à des fins d'analyses déterministes, les données apparaissant sous format à deux lignes et comme entrées spécifiques pour chaque objet. Le système de logiciel est capable de vérifier les contributions individuelles de la population du modèle MASTER (par exemple gouttelettes de NaK) en les comparant aux données de mesure existantes (par exemple Haystack ou COBEAM). Ce logiciel peut également faciliter la planification des systèmes et des campagnes d'observation.

14. Le logiciel PROOF prend en compte :

- a) Toutes les sources connues de particules d'un diamètre supérieur à 1_m (environnement défini par la population de la version améliorée du modèle MASTER et par le catalogue USSPACECOM dans le cas des objets de plus grandes dimensions.
- b) Les altitudes comprises entre 150 km (infra-orbite basse) et 38 000 km (super orbite géostationnaire);
- c) Les systèmes radar et optiques à terre et dans l'espace.

Ce logiciel sera officiellement publié pendant le dernier trimestre de 1999.

2. Observations radar des débris spatiaux et des météorites et analyses des données

15. En 1998, les recherches menées au sujet des débris spatiaux et des météorites par l'Institut de recherche sur la physique des hautes fréquences (FHP) du FGAN ont été réalisées principalement dans le cadre de trois contrats d'étude avec l'ESOC de l'ESA :

- a) Techniques radar de pointe pour l'observation de débris spatiaux (février 1995-septembre 1998);
- b) Programme conjoint de poursuite des débris (avril 1997-juillet 1998);
- c) Mise au point d'algorithmes pour la détection radar des débris de taille moyenne (avril 1997-juillet 1999).

16. Les principaux objectifs de ces activités sont les suivants :

- a) Étude de techniques améliorées d'observation des débris et de collecte des données;

- b) Mise au point et application de techniques et d'algorithmes efficaces, hautement automatisés, pour le traitement des données et la détection et l'analyse des débris et des météorites;
- c) Aide à la création d'une interface unique et clairement définie entre les résultats des mesures et les prévisions obtenues par modélisation.

a) Observations radar des météorites et analyses des données

17. Il ressort d'une étude de sensibilité poussée que le système de radar de poursuite et de radar imageur (TIRA) en bande L est capable actuellement de détecter des objets sphériques de 2 cm à une distance de 1 000 km à l'aide de stratégies de détection optimales et compte tenu de toutes les modifications et améliorations qui ont été apportées au matériel et au traitement des signaux dans le cadre de contrats d'étude avec l'ESA.^{7, 8, 9}

18. Le système TIRA de l'Institut de recherche sur la physique des hautes fréquences (FHP) du FGAN est principalement utilisé pour étudier des méthodes et des techniques de classification et d'identification des engins spatiaux et des avions. Dans une certaine mesure, il est également utilisé pour détecter des météorites, observer leurs traînées d'ionisation et déterminer leur flux. Ces traînées ont une longueur d'environ 10 km et sont situées à une centaine de kilomètres au-dessus de la Terre. Il faut connaître leur flux pour pouvoir évaluer les risques auxquels sont exposés les satellites opérationnels en cas d'activités météorites intenses, comme celle attendue dans les Léonides le 17 novembre 1999, pour laquelle la NASA prévoit une augmentation de 10 000 à 30 000 fois du flux de fond. Un flux relativement réduit de météorites est extrait du flux global par le radar à bande étroite de l'antenne TIRA. Il faut par conséquent pouvoir détecter des météorites même de très petite taille, qui sont plus nombreux que les grands, pour pouvoir obtenir un nombre statistiquement significatif de détection pendant le temps de mesure. La tentative qui a été faite pour observer le flux de météorites dans les Léonides en 1997 en orientant l'antenne dans une direction perpendiculaire au flux s'est soldée par un échec.¹⁰ Des météorites aussi petits que ceux qu'il faut détecter causent des traînées d'ionisation à faible densité d'électrons que pénètre l'onde émise. Comme les traînées d'ionisation ont un rayon initial de plusieurs longueurs d'ondes pour le système TIRA, les interférences font disparaître une bonne part des ondes réfléchies par les électrons.¹¹ C'est pourquoi les radars à faible longueur d'ondes comme le système TIRA ne peuvent pas détecter les météorites de petite taille, même avec l'utilisation d'une antenne parabolique de 34 m de diamètre et une énergie de transmission de 1,5 MW.

19. En 1998, l'on s'est attaché surtout à mettre au point une autre méthode d'observation, ce qui a été fait dans le cadre du contrat d'études avec l'ESOC de l'ESA relatif à la mise au point d'algorithmes pour la détection radar des débris de taille moyenne (avril 1997-juillet 1999).

i) Observation des flux de météorites

20. Plutôt que de vouloir avoir une vue perpendiculaire au flux de météorites, l'on a étudié en 1998 la possibilité d'avoir une vue à contre-sens. Dans ce cas également, l'antenne est ajustée pour compenser la rotation de la Terre. Il a été établi en théorie¹² que l'on peut détecter à une distance de 100 km des particules qui produisent une densité d'électrons de $1,74 \cdot 10^{12} \text{ m}^{-3}$, ce qui correspond à une masse ne dépassant pas environ 3 g, ce qui suffit à obtenir au moyen du radar un taux horaire raisonnable même si la

section transversale est plus petite que dans le cas d'une observation perpendiculaire. Les algorithmes de détection ont été encore améliorés et automatisés.

ii) Résultats des mesures

21. Les tentatives d'observation du flux de météorites dans les Léonides faites en 1997 s'étant soldées par un échec, une campagne de mesure a été organisée pendant 15 heures les 12 et 13 août pour mettre à l'épreuve la méthode d'observation à contre-sens, lors de l'activité météorite maximum annuelle prédite dans les Perséides. Le nombre de détections a correspondu au nombre prédit sur la base du taux horaire mesuré par d'autres observateurs ainsi que par les méthodes géométriques, et il a confirmé la théorie. Encouragés par ce résultat, les chercheurs ont organisé une nouvelle campagne de mesure d'une douzaine d'heures les 17 et 18 novembre pendant l'activité météorique dans les Léonides. Les prédictions concernant le moment auquel l'activité météorique atteindrait son maximum s'étant avérées incorrectes, le nombre de détections a été plus faible que prévu. La figure 3 illustre quatre des cinq derniers échos contenus dans une détection de 17 impulsions consécutives provenant de la campagne de mesure dans les Perséides. Pour chaque impulsion, les valeurs absolues des spécimens de signaux reçus sont comparées au nombre de spécimens pour un intervalle de détection de 2 μ s. L'on a utilisé une longueur d'impulsion de 500 μ s et un intervalle de répétition des impulsions de 13,75 ms. Évidemment, les interférences se produisent peu à peu avant de s'évanouir.

Figure 3
Échos radar de quatre impulsions conséquentes

Amplitude

Amplitude

Amplitude

Amplitude

b) Observations radar pour les analyses de fragmentation et des dommages causés les débris spatiaux

22. Le système TIRA a été utilisé pour faciliter l'analyse d'événements inattendus, par exemple des collisions entre des débris et un satellite en activité ayant causé une fragmentation et des dommages. Dans le cadre de contrats d'étude, des observations ont été effectuées par image radar en bandes L et Ku, et les résultats ont servi à compléter

l'examen des causes et de l'ampleur des dégâts causés. Par exemple, l'on a observé et analysé en 1998 les problèmes qu'a connus l'Advanced Earth Observation Satellite (ADEOS) lancé en 1996 par l'Agence nationale pour le développement des technologies spatiales du Japon. Ce satellite, qui avait coûté environ un milliard de dollars EU, avait été conçu de manière à durer plus de trois ans. Par suite d'un dysfonctionnement du système d'alimentation électrique, toutefois, le satellite ADEOS est en panne depuis le 30 juin 1997.

23. Dans le cadre du contrat d'étude des techniques radar de pointe pour l'observation des débris spatiaux, l'ESA a demandé au FGAN de mesurer et d'analyser plusieurs passages du satellite ADEOS au moyen de son système TIRA. Afin d'analyser la cause du dysfonctionnement, il a été calculé une série d'images radar avec une résolution de 25 cm. Les figures 4 et 5 donnent des exemples des images radar calculées. Ces images montrent clairement l'élément principal du satellite ADEOS, dont les dimensions sont d'environ 4 m x 4 m x 7 m. Le dispersiomètre monté par la NASA - élément caractéristique du satellite ADEOS - est visible aussi. Toutes les images radar font apparaître également un certain nombre de disperseurs à l'extrémité de la bôme du panneau solaire, de 24 m de longueur, de 3 m de large et de 0,5 mm d'épaisseur seulement. Le panneau a été assujéti sur la bôme par des entretoises en fibres de carbone, lesquelles devraient également être visibles sur les images radar. Le fait que ces groupes de disperseurs n'apparaissent pas sur les images, ainsi que le nombre de disperseurs observés à l'extrémité de la bôme, ont porté à penser que le panneau solaire n'était plus assujéti à la bôme mais s'était déplacé jusqu'à son extrémité. Cette hypothèse est confirmée par les informations publiées par l'Agence nationale pour le développement des techniques spatiales (les capteurs situés sur le panneau solaire ont enregistré une augmentation des températures et des vibrations).

Figure 4
Image radar du satellite ADEOS

Figure 5
Mouvement intrinsèque du satellite ADEOS

24. Pour étudier le mouvement intrinsèque du satellite ADEOS, il a été mis au point un modèle simple à grille à trois dimensions. L'on a constaté que le satellite ADEOS a une période de rotation de plus de 800 secondes autour de la bôme et une période de rotation de plus d'une heure autour de l'élément principal.

c) **Participation à la campagne d'essais visant à vérifier la fonctionnalité de la base de données sur la rentrée d'objets spatiaux du Comité interinstitutions de coordination sur les débris spatiaux**

25. Ces dernières années, le FGAN a mis au point une technique radar et des méthodes d'analyse en vue de surveiller le retour dans l'atmosphère d'objets spatiaux à haut risque, l'objectif étant de fournir au Ministère fédéral de l'intérieur, lors de la rentrée d'objets spatiaux à haut risque, des prévisions fiables de rentrée (heure et trajectoire), des estimations quant à l'orientation des objets et une évaluation des risques qu'ils présentent. Dans le cadre d'un contrat avec le DLR, le FGAN était donc bien placé pour participer à la campagne d'essais, dont le principal objectif était de vérifier la fonctionnalité de la base de données sur la rentrée dans l'atmosphère d'objets spatiaux tenue par le Comité interinstitutions de coordination pour les débris spatiaux. Cette base de données a été constituée et mise en place par la société madrilène GMV S.A. dans le cadre d'un contrat avec l'ESA. Le satellite allemand Inspektor (objet 25100) a été sélectionné pour les essais. Le satellite a été observé à partir de différentes stations du monde entier et l'on a estimé sur la base des séries d'observations optiques et d'observations radar des éléments orbitaux la durée de vie sur orbite et l'heure et la trajectoire de rentrée, données qui ont été archivées à des fins de comparaison dans la base de données.

26. Du 27 octobre au 1er novembre 1998, le FGAN a procédé en tout à 20 observations radar de l'objet 25100, a calculé les séries d'éléments orbitaux et a estimé la durée de vie sur orbite et l'heure et la trajectoire de rentrée du satellite. Tous les résultats ont été rentrés dans la base de données. Le 1er novembre 1998, à 09h06 temps universel coordonné (TUC), il a été procédé à la toute dernière mesure (dernière orbite visible pour le système TIRA) environ 12 heures avant la désintégration. Sur la base de ces données, il a été calculé une heure de rentrée de 2138 $\dot{\text{A}}$ 2,1 heures. Selon l'analyse à posteriori réalisée par l'ESA et la NASA, ce chiffre a été calculé à 1949 $\dot{\text{A}}$ 2 heures.

3. Autres activités de recherche concernant les débris spatiaux

27. Outre les questions susmentionnées, certaines des recherches menées dans le cadre du contrat avec l'ESA ont été les suivantes :

- a) Amélioration du télescope Zeiss de 1 m (Carl Zeiss, Iéna) à l'Observatoire du Teide, aux îles Canaries (Espagne);
- b) Élaboration de modèles avancés de simulation d'impacts à hypervitesse à l'Institut Ernst-Mach (EMI) de Fribourg afin d'identifier les paramètres dynamiques des différents matériaux;
- c) Recherches sur les phénomènes causés par les impacts à hypervitesse sur des éléments pressurisés (EMI);
- d) Réalisation par l'EMI d'études sur la possibilité de renforcer la protection contre les impacts de parties très exposées du module European Columbus Orbital Facility (COF) de la station spatiale internationale;
- e) Amélioration de la base de données du système d'information de l'ESA pour la caractérisation des objets dans l'espace (DISCOS) par eta_max du Braunschweig;
- f) Élaboration par la société Hypersonic Technology de Göttingen de modèles avancés de désintégration des engins spatiaux pendant la rentrée dans l'atmosphère.

28. Outre ces activités nationales réalisées dans le cadre de contrats avec l'ESA, les activités décrites ci-dessus, financées par l'Allemagne, ont tendu principalement à appuyer les analyses des risques, à étudier les effets de dégradation et à appuyer les travaux du Comité interinstitutions de coordination sur les débris spatiaux.

29. L'EMI a entrepris une étude des dommages causés par l'impact de micrométéorites et de particules sur les miroirs d'orientation des terminaux de communications optiques sur des orbites à une altitude de 700 km et de 1 400 km et à une inclinaison de 48° E. Le risque maximum de dommages a été calculé pour ces orbites ainsi que la probabilité d'une destruction totale par l'impact d'une particule isolée.

30. Plusieurs codes d'ordinateurs existants utilisés pour les analyses des risques sont à l'essai à l'École technique supérieure de Rhénanie-Westphalie d'Aix-la-Chapelle. En outre, l'on prépare actuellement la mise en place d'un serveur afin de rassembler et de diffuser les résultats des essais, les programmes d'ordinateur et les formules de conception. Ces études ont été entreprises dans le cadre du programme du Groupe de travail 3 (Protection) du Comité interinstitutions.

31. Le DLR a organisé un colloque national pour informer toutes les entités intéressées de la question des débris spatiaux, de la stratégie nationale, des événements prévus dans l'immédiat (comme le retour dans l'atmosphère de la station spatiale Mir et l'activité météorique dans les Léonides), de l'avancement des travaux d'élaboration du Manuel sur la réduction des déchets spatiaux entrepris sous l'égide de l'ESA, des activités du Sous-Comité scientifique et technique du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique et des travaux du Comité interinstitutions. Un représentant de la société de réassurance Bayerische Rück a donné un aperçu général des

activités d'assurance et de réassurance des activités spatiales et a fourni des informations de caractère général à ce sujet.

32. L'Allemagne est représentée au Comité interinstitutions de coordination par le DLR, et contribue en permanence à ses travaux sous forme d'échanges d'informations, de la préparation des activités au sein des groupes de travail et de la coordination des interventions de la délégation allemande. Le DLR a pris l'initiative d'organiser une page d'accueil du Comité interinstitutions sur Internet. À la seizième session du Comité interinstitutions, tenue à Toulouse du 3 au 6 novembre 1998, la délégation allemande comprenait cinq représentants, dont l'un préside actuellement le Groupe de travail 1 (Mesures). Le document de synthèse élaboré par le DLR au sujet des débris spatiaux, qui décrit la stratégie nationale susmentionnée, a également été présenté au Comité interinstitutions lors de cette session.

Notes

¹ J. Bendisch et al., "The consideration of non-fragmentation debris in the MASTER Model", document présenté au quarante-neuvième Congrès de l'Académie internationale d'astronautique tenu à Melbourne (Australie) en 1998 (IAA.6.3.04).

² C. Wiedemann et al., "Debris modelling of liquid metal droplets released by RORSAT", document présenté au quarante-neuvième Congrès de l'Académie internationale d'astronautique tenu à Melbourne (Australie) en 1998 (IAA.6.3.03).

³ T.J. Settecerri, E.G. Stansbery et M.J. Matney, "Haystack measurements of the orbital debris environment", document présenté au trente-deuxième Congrès scientifique du Comité de recherches spatiales tenu à Nagoya (Japon) en 1998 (à paraître).

⁴ J.C. Mandeville et M. Rival, "Review and selection of a model for ejecta characterization", Rapport technique 452200/01 préparé sous l'égide du Centre d'études et de recherche de Toulouse/Office national d'études et de recherche aérospatiales, 1996.

⁵ N. Divine, "Five populations of interplanetary meteoroids", *Journal of Geophysical Research*, vol. 98 (1993), p. 17,029-17,048.

⁶ P. Staubach, "Numerische modellierung von Mikrometeoriden und ihre Bedeutung für interplanetare raumsonden und geozentrische Satelliten", thèse défendue à l'Université de Heidelberg (Allemagne), avril 1996.

⁷ L. Leushacke et al., "Radar detection of mid-size space debris", rapport final No. 6-94, contrat avec l'ESOC de l'ESA No. 10182/92/D/IM (Wachtberg-Werthhoven, FGAN-FHP, novembre 1994).

⁸ L. Leushacke, "First FGAN/MPIfR Cooperative Debris Observation Campaign: experiment outline and first results", *Proceedings of the Second European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany, 17-19 March 1997* (ESA SP-393).

⁹ L. Leushacke, "Mid-size space debris measurements with the TIRA system", *Proceedings of the Forty-eight International Astronautical Congress, Turin, 1997*.

¹⁰ J. Rosebrock, "Beobachtung des Leonidenstroms 1997", *FGAN-FHP Jahresbericht 1997* (Wachtberg-Werthhoven, FGAN-FHP, 1997), p. 87-92.

¹¹ D.W.R. McKinley, *Meteor Science and Engineering*, New York, McGraw-Hill, 1961, p. 233.

¹² J. Rosebrock, “Radarreflexion an unterkritischen Ionisationsschläuchen von Meteoriten bei Sicht in den Radianten”, *FGAN-FHP Jahresbericht, 1998* (Wachtberg-Werthhoven, FGAN-FHP, 1998).