



## Asamblea General

Distr.  
GENERAL

A/AC.105/659  
13 de diciembre de 1996

ESPAÑOL  
Original: INGLÉS

---

COMISIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO  
ULTRATERRESTRE CON FINES PACÍFICOS

INVESTIGACIONES NACIONALES SOBRE LA CUESTIÓN DE LOS DESECHOS ESPACIALES

SEGURIDAD DE LOS SATÉLITES NUCLEARES

PROBLEMAS DE LA COLISIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA NUCLEAR  
CON LOS DESECHOS ESPACIALES

Nota de la Secretaría

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN .....	2
RESPUESTAS RECIBIDAS DE LOS ESTADOS MIEMBROS .....	3
Brunei Darussalam .....	3
Bulgaria .....	3
Canadá .....	3
Hungría .....	4
Japón .....	4
Portugal .....	7
República de Corea .....	7
Suecia .....	7
Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte .....	7

## INTRODUCCIÓN

1. En el párrafo 37 de su resolución 50/27, de 6 de diciembre de 1995, la Asamblea General consideró que era indispensable que los Estados Miembros prestaran más atención al problema de las colisiones de objetos espaciales, incluidas las fuentes de energía nuclear, con desechos espaciales, así como a otros aspectos de la cuestión de esos desechos, y pidió que continuaran las investigaciones nacionales sobre la cuestión, se mejorase la tecnología para la vigilancia de los desechos espaciales y se recopilara y difundiera información sobre desechos espaciales. En el mismo párrafo de esa resolución, la Asamblea observó que, en la medida de lo posible se debía presentar información a ese respecto a la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.
2. La Asamblea General, en el párrafo 21 de esa misma resolución, invitó a los Estados Miembros a que informaran periódicamente al Secretario General acerca de las investigaciones realizadas en los planos nacional e internacional sobre la seguridad de los satélites propulsados por energía nuclear.
3. En una nota verbal de fecha 19 de julio de 1996, el Secretario General invitó a todos los Estados Miembros a que presentaran a la Secretaría, a más tardar el 30 de septiembre de 1996, la información solicitada más arriba para que la Secretaría pudiera preparar un informe con esta información a fin de transmitirlo a la Subcomisión en su 34º período de sesiones.
4. La Secretaría preparó el presente documento sobre la base de la información recibida de los Estados Miembros al 6 de diciembre de 1996. La información recibida con posterioridad a esa fecha se incluirá en adiciones al presente documento.

RESPUESTAS RECIBIDAS DE LOS ESTADOS MIEMBROS\*

Brunei Darussalam

[Original: Inglés]

Brunei Darussalam comunica que en la actualidad no realiza investigaciones relativas a los desechos espaciales y que no tiene satélites que funcionan con energía nuclear. Por esta razón, no se realizan estudios sobre posibles colisiones de fuentes de energía nuclear con desechos espaciales.

Bulgaria

[Original: Inglés]

Bulgaria comunica que actualmente no participa en programas espaciales que incluyan satélites con fuentes de energía nuclear a bordo, ni apoya ese tipo de programas, y que no participa en el desarrollo o lanzamiento al espacio de sistemas de transporte que descarguen desechos espaciales. Por consiguiente, Bulgaria no posee información sobre la seguridad de los satélites con reactores nucleares a bordo ni sobre colisiones de esos satélites con desechos espaciales.

Se ha previsto realizar en 1997 estudios sobre la contaminación del espacio en el marco del Programa Aeroespacial Nacional de la República de Bulgaria hasta el año 2000.

Canadá

[Original: Inglés]

Con respecto a la cuestión de las colisiones con desechos espaciales y las prácticas adoptadas para reducir al mínimo la creación de ese tipo de desechos, se han tomado las siguientes medidas:

A fin de reducir al mínimo la creación de desechos espaciales, el programa RADARSAT adoptó dos medidas de prevención específicas.

- La primera consistió en establecer como condición general para todo sistema que se contuviese cualquier desecho sólido resultante del funcionamiento de un mecanismo de sujeción y desenganche. Es decir, se exigió a todos los contratistas que diseñaran los sistemas de modo que la nave espacial no descargara desechos durante el despliegue
- La segunda medida preventiva consistió en proteger a las naves espaciales RADARSAT en el entorno de desechos ambientales existente. Esta medida tuvo por objeto asegurar, en la mayor medida posible, que las naves espaciales RADARSAT no se convirtieran prematuramente en desechos espaciales como consecuencia de una colisión con desechos de ese tipo. Esta actividad consistió en definir el entorno de desechos espaciales que habría de encontrar el RADARSAT, utilizando la base de datos EnviroNET de la NASA. Luego se examinaron los diversos componentes de la nave espacial para determinar su vulnerabilidad en el entorno previsto. En esta evaluación de la vulnerabilidad se utilizaron ecuaciones

---

\*Las respuestas se reproducen en la forma en que se recibieron.

del impacto a gran velocidad en el Centro Johnson de Investigaciones Espaciales de la NASA. Cuando resultó necesario, se agregó a la nave espacial un blindaje para aumentar sus posibilidades de supervivencia hasta un nivel aceptable. Esta protección incluyó la adición de Nextel (un tejido de fibra cerámica fabricado por 3-M) a los protectores térmicos, la adición de parachoques delante de la líneas de hidracina y de los haces de cables expuestos y el revestimiento de algunas cajas de componentes a fin de proteger los circuitos contenidos en ellas.

### Hungría

[Original: Inglés]

Hungría informa de que actualmente no realiza ninguna investigación sobre desechos espaciales y que no tiene satélites que funcionen con energía nuclear. Por lo tanto, no se realizan estudios sobre posibles colisiones de fuentes de energía nuclear con desechos espaciales.

### Japón

[Original: Inglés]

#### A. Introducción

La Comisión de Actividades Espaciales (SAC) del Gobierno japonés declaró la política japonesa sobre los desechos espaciales en el informe sobre el Concepto Japonés a Largo Plazo sobre el Espacio, que se publicó en julio de 1994<sup>1</sup>.

“El Japón se fijará como objetivo desarrollar sistemas que dejen en el espacio la menor cantidad posible de desechos. Con respecto a los desechos ya existentes, cooperará con otros países en los estudios sobre medios para reducirlos.”

Sobre la base de este informe, la SAC revisó la Política Fundamental sobre las Actividades Espaciales del Japón el 24 de enero de 1996<sup>2</sup>. Esta es la primera declaración de política nacional japonesa sobre la conservación del medio ambiente espacial.

Desde 1990 se han venido realizando actividades sistemáticas u organizadas; en ese año, la Sociedad de Ciencias Aeronáuticas y Espaciales del Japón (JSASS) creó el Grupo de Estudio sobre los desechos espaciales<sup>3</sup>. El Grupo de estudio, que está compuesto de 30 miembros de industrias y organizaciones del sector del espacio, publicó un informe provisional en enero de 1992 y el informe final en marzo de 1993. Algunas de las recomendaciones contenidas en ese informe son objeto de seguimiento por los Grupos de estudio de la JSASS recientemente creados.

El Japón (NAL, NASDA, ISAS y otras organizaciones relacionadas con el sector del espacio) también ha sido miembro del Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Espaciales (IADC) desde 1992 y se mantiene al tanto de las cuestiones de los desechos mediante intercambios de información y deliberaciones en el IADC, la FAI, el COSPAR, ISCOPS y otras conferencias nacionales e internacionales.

El presente informe contiene una breve reseña de los progresos recientes de las investigaciones y de las prácticas del Japón en materia de reducción de desechos espaciales.

## B. Progresos recientes de las investigaciones

### 1. Análisis post-vuelo del SFU

El Grupo de estudio de la JSASS, el Laboratorio Aeroespacial Nacional (NAL) y otras organizaciones están realizando conjuntamente análisis post-vuelo del vehículo espacial de vuelo libre (SFU). El SFU es un satélite no tripulado, reutilizable, orientado hacia el sol y estabilizado en tres ejes, y es el primero de su clase construido por el Japón. Su formato es octogonal, mide 4,46 m. de diámetro y 3 m. de alto, y pesa unas cuatro toneladas. Fue puesto en órbita en el tercer lanzamiento del cohete H-II el 18 de marzo de 1995 y fue recuperado por el transbordador STS-72 el 13 de enero de 1996. Se mantuvo en una órbita circular a una altura de 500 Km. con una inclinación de 28,5 grados. Los estudios sobre los impactos están bastante avanzados: hasta la fecha se han encontrado 337 rastros de impactos con diámetros entre 220 y 1.000  $\mu\text{m}$ , principalmente en superficies con aislamiento multicapa (MLI) Kapton y de Teflon<sup>4,5</sup>.

### 2. Ensayo de impacto a gran velocidad

El Organismo Nacional de Aprovechamiento del Espacio del Japón (NASDA), que es responsable de aprovechar las aplicaciones prácticas resultantes de los adelantos espaciales del Japón, ha venido realizando una serie de ensayos de impacto, utilizando una pistola de gas de hidrógeno ligero de dos fases, en relación con el diseño del parachoques de oscilación del JEM y el tubo de plástico reforzado con fibra de carbono para el brazo del sistema de manipulación remota del JEM<sup>6</sup>.

El NAL ha venido realizando ensayos con cargas perfiladas en colaboración con MHI y Chugoku Chemicals. Los cambios utilizados son de 7,0 cm. en el diámetro y de 14,7 cm. en la longitud; el ángulo lineal en 30 grados, y el espesor del revestimiento de aluminio es de 2,1 mm. El inhibidor de cobre, que tiene un agujero de 15 mm., fue seleccionado tras intensos estudios paramétricos del método de inhibición y del método de placa reactiva. Utilizando este inhibidor se obtuvo un chorro cilíndrico único sin chorro de cola. La masa de la punta del chorro es de 1,9 g. y la velocidad obtenida de 10,6 Km/s<sup>7</sup>. NAL y MHI planean perfeccionar la carga perfilada inhibida para realizar ensayos de impacto para el JEM.

## C. Prácticas de reducción de los desechos espaciales

La NASDA ha puesto en práctica el drenaje de propulsores residuales (LOX, LH<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) y el gas de helio residual de la segunda parte de los cohetes H-I y H-II. La descarga de dispositivos mecánicos en el momento de la separación del satélite y el despliegue de la paleta solar se ha evitado, salvo en algunas misiones particulares como la separación de los motores de apogeo gastados del satélite meteorológico geoestacionario. A fin de impedir la destrucción en el espacio no prevista de la segunda parte del H-II, el sistema de comando de destrucción se anula inmediatamente después de la entrada en órbita y su parte pirotécnica queda con un aislamiento térmico que impide su ignición espontánea<sup>8</sup>.

Las medidas adoptadas por la NASDA, aunque parecen ser relativamente baratas han demostrado su gran eficacia. Por ejemplo, la vida orbital de la segunda etapa del ETS-VI H-II (1994-056B) se redujo en unos siete meses como resultado de su salida de órbita<sup>9</sup>. (Reingresó el 31 de marzo de 1995.)

Las medidas para limitar la generación de desechos espaciales deben ser desarrolladas y aplicadas en forma multilateral por las naciones que realicen actividades en el espacio. El comité de la JSASS sobre normas de diseño para la prevención de desechos espaciales publicó su informe final relativo a los criterios de diseño y las normas para la NASDA<sup>10</sup> en marzo de 1996. En base a este informe, la NASDA estableció en marzo de 1996 la "Norma de Mitigación de Desechos Espaciales NASDA-STD-18"<sup>11</sup>. En el 20º Simposio Internacional sobre Ciencia y Tecnología Espaciales, celebrado en Gifu (Japón) el 19 y 20 de mayo de 1996<sup>12</sup>, se compararon las directrices y los procedimientos de evaluación desarrollados en la Norma de Seguridad 1740.14 de la NASA y la Norma 18 de la

NASDA, y estaba previsto presentar los detalles de la norma en el 47º Congreso Astronáutico Internacional (Beijing, 7 a 11 de octubre de 1996)<sup>13</sup>.

El Japón, con el objetivo de reducir drásticamente los costos de transporte y proteger el medio ambiente espacial, iniciará actividades de I y D avanzadas en relación con nuevos vehículos de transporte totalmente reutilizables, basados en un concepto de diseño novedoso, perfeccionando los resultados del desarrollo de un vehículo de lanzamiento H-II avanzado y tecnologías HOPE<sup>1</sup>.

Para concluir, cabe decir que la conservación del medio ambiente espacial en relación con los desechos espaciales es necesaria para facilitar la realización de crecientes actividades humanas de larga duración en el espacio. Las medidas hay que tomarlas en este momento, en que todavía es posible solucionar el problema de los desechos espaciales y los costos son relativamente bajos.

### Referencias

<sup>1</sup>"Toward creation of space age in the new century", Report on Japan's Space Long-Term Vision, Space Activities Commission, July 1994.

<sup>2</sup>Fundamental Policy of Japan's Space Activities, revised on January 24, 1996.

<sup>3</sup>S. Tada and T. Yasaka, "Space debris studies in Japan", Adv. Space Res., vol.13, No. 8, 1993, pp. 289-298.

<sup>4</sup>K. Kuriki et al., "Preliminary results of SFU post flight analysis: Japan's first investigation of a retrieved spacecraft from space", to be published in ISAS Report.

<sup>5</sup>M. J. Neish et al., "Hypervelocity impact damage to space flyer unit multi-layer insulation", abstract submitted to 7th Symposium of Materials in the Space Environment, to be held at Toulouse, France, 16-20 June 1997.

<sup>6</sup>K. Shiraki, F. Terada and M. Harada, "JEM design progress for the micro-meteoroid and orbital debris protection", 96-m-21, 20th ISTS, Gifu, Japan, May 19-25, 1996.

<sup>7</sup>M. Kobayashi et al., "Study of hypervelocity impact testing with shaped charge", 96-m-19, 20th ISTS, GIFU, Japan, May 19-25, 1996.

<sup>8</sup>T. Ujino et al., "Debris prevention plans of the H-II rocket", IAF-93-V.5.633, 44th IAF, Graz, Austria, October 1993.

<sup>9</sup>A. Takano, T. Tajima and Y. Kanoh, "Recent efforts toward the minimization of GTO objects and its practices in NASDA", IAA.6.5.03, 46th IAF, Oslo, Norway, October 1995.

<sup>10</sup>Report on the Study for Establishment of the Orbital Debris Mitigation Design Standards (in Japanese), Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, March 1996.

<sup>11</sup>Space Debris Mitigation Standards (in Japanese), NASDA-STD-18, March 28, 1996.

<sup>12</sup>R. Reynolds et al., "Guidelines and assessment procedures to limit orbital debris generation", "96-m-15V, 20th ISTS, Gifu, Japan, May 19-25, 1996.

<sup>13</sup>A. Kato, "NASDA Space Debris Mitigation Standard", IAF-96-V.6.06, 47th IAF, Beijing, China, October 7-11, 1996.

Portugal

[Original: Inglés]

Portugal comunica que actualmente no tiene objetos espaciales que funcionen con energía nuclear. Por consiguiente, no se realizan estudios sobre posibles colisiones de fuentes de energía nuclear con desechos espaciales.

República de Corea

[Original: Inglés]

La República de Corea comunica que actualmente tiene dos satélites KITSAT y dos satélites KOREASAT en órbita. En vista de que el primer satélite KITSAT I lanzado en 1992 tiene una vida operacional de cinco años, ningún satélite de la República de Corea producirá desechos espaciales hasta 1997. Con respecto a las investigaciones nacionales sobre los desechos espaciales, la República de Corea comunica que ha iniciado algunas actividades de investigación preliminares, como la vigilancia de los desechos espaciales.

Suecia

[Original: Inglés]

Suecia comunica que no realiza ninguna actividad de investigación respecto de sus propios desechos espaciales, pero apoya las actividades que se realizan en el marco de las Naciones Unidas, la ESA y otros foros. El sector industrial (Saab Ericsson Space) está realizando estudios de diseño técnico sobre sistemas de separación de carga útil a fin de mitigar la creación de nuevos desechos espaciales.

Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte

[Original: Inglés]

En 1996 el Centro Nacional Británico del Espacio continuó sus deliberaciones con las agencias espaciales nacionales de Alemania (DARA), Francia (CNES) e Italia (ASI) y con la Agencia Espacial Europea sobre armonización de actividades relativas a los desechos. Este grupo ha generado un informe en el que se reseñan la experiencia y las instalaciones en Europa que tienen capacidad para abordar cuestiones relativas a los desechos espaciales.

El martes 14 de mayo de 1996 se celebró en Matra Marconi Space, en Bristol (Inglaterra), la cuarta reunión del Grupo de Coordinación sobre Desechos Orbitales, del Reino Unido. Participaron en ella representantes del mundo académico, la industria y el gobierno, incluidos el Centro Nacional Británico del Espacio, el Centro Geológico Británico, Fluid Gravity Engineering, Cranfield College of Aeronautics, Advanced Systems Architectures, Century Dynamics, Matra Marconi Space, el Observatorio Real de Greenwich, el Queen Mary and Westfield College, SIRA, Vega, la Universidad de Kent y el Organismo de Investigaciones de Defensa. Entre los temas de la reunión y de las exposiciones figuraron la detección por medios ópticos y de radar de los desechos orbitales, la predicción de la actividad solar y las reacciones atmosféricas, el diseño de sistemas ópticos para detectar desechos, la predicción de la evolución a largo plazo de los grupos de desechos orbitales, las fuentes de desechos sobre las que no hay modelos,

las poblaciones de micropartículas inferidas que se encuentra en órbita, derivadas del examen de superficies expuestas al espacio de objetos recuperados, y la preparación de modelos por códigos hidrodinámicos. Se celebró también un seminario especial sobre los problemas de utilizar códigos hidrodinámicos para preparar modelos de impactos a gran velocidad de meteoritos y desechos. También asistieron a la reunión representantes de muchos programas nacionales que realizan actividades internacionales, que participaron en las deliberaciones y en la coordinación, como el Comité Interinstitucional sobre Desechos y la Comisión de las Naciones Unidas para la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos. La reunión siguiente se celebrará en 1997, en el Observatorio Real de Greenwich, en Herstmonceux (Inglaterra).

Una delegación del Reino Unido asistió a la 13ª reunión del Grupo Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos, celebrada del 28 de febrero al 1 de marzo de 1996 en Darmstadt (Alemania). Esta reunión reflejó la preocupación por el peligro creciente de los desechos espaciales y la necesidad de encontrar una solución internacional a este problema de carácter mundial. Aunque el Reino Unido ha participado en las actividades del IADC desde su creación, en su calidad de miembro de la ESA, esta fue la primera reunión a la que el Reino Unido asistió como miembro independiente. Entre los miembros del IADC figuran la Agencia Espacial Europea (ESA), la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA), la Agencia Espacial Rusa (RKA), la Administración Nacional China del Espacio (CNSA), el Japón, la Organización de Investigación Espacial de la India (ISRO) y la Agencia Francesa del Espacio (CNES).

El gran interés despertado por el reingreso de objetos de desecho, como la cápsula del China 40 (FSW-1), llevó al Reino Unido a participar en un Seminario sobre el reingreso de objetos espaciales de desecho organizado por la Agencia Espacial Europea, que se celebró en el Centro Europeo de Operaciones Espaciales en Darmstadt, el 17 de septiembre de 1996.

Durante 1996, los grupos de investigación del Reino Unido produjeron varios documentos técnicos. En la sección de referencia del presente informe se enumeran algunas de las monografías publicadas.

#### A. Análisis de superficies recuperadas y morfología del impacto

La Universidad de Kent continua sus trabajos sobre análisis de superficies recuperadas y preparación de modelos de impacto a gran velocidad. Se han publicado numerosas monografías sobre nuevos trabajos en que se presentan los resultados de la respuesta de los materiales quebradizos a los impactos a gran velocidad<sup>1,2,3</sup> y nuevos conjuntos de datos de experimentos en vuelo<sup>4,5</sup>. También se han realizado importantes trabajos sobre fenómenos relacionados con los impactos a gran velocidad que probablemente puedan causar daños a satélites, como la producción de plasma por impacto<sup>6</sup>. También se realizan serios trabajos sobre modelos de conjuntos<sup>7</sup>.

#### B. Detección desde bases terrenas

La división de electro-óptica de SIRA trabaja en el diseño y la construcción de los elementos electrónicos de una cámara CCD y en programas de computadora de control y adquisición de datos para una cámara óptica de vigilancia de desechos espaciales, que se instalará en Tenerife en 1997. Esta labor cuenta con financiación de la Agencia Espacial Europea. El British Geological Survey realiza investigaciones sobre la preparación de modelos de los efectos atmosféricos<sup>8</sup> en las trayectorias de los satélites y los desechos espaciales. El Observatorio Real de Greenwich sigue trabajando en la detección de objetos de desecho en órbita usando sistemas ópticos desde bases terrenas<sup>9,10</sup>.

#### C. Simulación de impactos

Century Dynamics sigue desarrollando el programa de computadora Autodyne Hydrodynamic, para preparar modelos de diversos escenarios y simulaciones de impactos. Estos van desde investigaciones sobre límites balísticos generales<sup>11</sup> hasta impactos específicos en planchas delgadas y gruesas. El Departamento Aeroespacial del

Cranfield College of Aeronautics también ha trabajado en la preparación de modelos de impactos a gran velocidad en el espacio<sup>14</sup>, utilizando el código DYNA3D<sup>15</sup> y evaluando el daño resultante.

#### D. Evaluación del riesgo, preparación de modelos de conjuntos

El Organismo de Investigaciones de Defensa continúa trabajando en la preparación de modelos de conjuntos<sup>17</sup> y análisis de riesgo<sup>18</sup>, haciendo particular hincapié en el impacto de arquitecturas de constelaciones novedosas<sup>19</sup> en el entorno espacial<sup>20</sup>. Además de definir los riesgos para los satélites, se examinan medidas de protección<sup>21</sup>. La Universidad de Southampton ha sumado a su labor sobre riesgos, el análisis siguiente a el desmembramiento de un objeto en órbita. Aprovechando el ulterior desarrollo del método probabilístico de la dinámica de transición<sup>22</sup>, se han considerado<sup>24</sup> diferentes escenarios de fragmentación<sup>23</sup>. El Queen Mary and Westfield College de la Universidad de Londres continúa las investigaciones sobre modelos de crecimiento de los futuros conjuntos de desechos<sup>25</sup> y sobre la estimación de fuentes para las que no hay modelos, como la expulsión de chorros de micropartículas.

Estos estudios demuestran que el Reino Unido continúa participando activamente en una amplia gama de actividades relacionadas con los desechos, para muchas de las cuales cuenta con una capacidad singular.

#### Referencias

<sup>1</sup>E. A. Taylor, K. Edelstein and J.A.M. McDonnell, "Hypervelocity impact on float glass: morphology approaching the ballistic limit", paper B0.8-0007, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

<sup>2</sup>E. A. Taylor, N.R.G. Shrine and L. Kay, "Hypervelocity impact on semi-infinite brittle materials: fracture morphology related to projectile diameter", paper B0.8-0003, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

<sup>3</sup>A. D. Griffiths and J.A.M. McDonnell, "In-situ debris production from solar array surface impact spallation: results from the Hubble Space Telescope", paper B0.7-0007, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

<sup>4</sup>N.R.G. Shrine, J.A.M. McDonnell, M. J. Burchell, D. J. Gardner, H. S. Jolly, P. R. Ratcliff and R. Thomson, "EUROMIR '95: first results from the Dustwatch-P detectors of the European Space Exposure Facility", paper B0.8-0012, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

<sup>5</sup>J.A.M. McDonnell, P. R. Ratcliff and A. D. Griffiths, "In-situ detection of debris and meteoroids: development strategy on MIR and space station opportunities for debris monitors and meteoroid collectors", paper B0.7-0009, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

<sup>6</sup>P. R. Ratcliff, M. J. Cole and M. Reber, "Velocity thresholds for impact plasma production", paper B0.8-0010, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

<sup>7</sup>J.A.M. McDonnell, P. R. Ratcliff and C. Cook, "Particle lifetime studies in LEO for aerocaptured interplanetary dust", paper B0.8-0015, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

<sup>8</sup>T.D.G. Clark and A. D. Aylward, "Modelling the effects of thermospheric winds on satellite orbits", paper presented at ESTEC Symposium on Environment Modelling for Space-Based Applications, Noordwijk, Netherlands, 18-20 September 1996.

<sup>9</sup>J. Marchant, S. Green and J. Dick, "Real-time ground-based optical detection system for space debris", SPIE Conference, Denver, United States of America, August 1996.

<sup>10</sup>J. M. Marchant and S. F. Green, "Real-time ground-based space debris detection networks", paper B0.7-0005, 31st Scientific Assembly of COSPAR, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

<sup>11</sup>C. J. Hayhurst, R. A. Clegg, I. A. Livingstone and N. J. Francis, "The application of SPH techniques in Autodyn-2D to ballistic impact problems", paper presented at 16th International Symposium on Ballistics, San Francisco, United States of America, 23-28 September 1996.

<sup>12</sup>C. J. Hayhurst and R. A. Clegg, "Cylindrically symmetric SPH simulations of hypervelocity impacts on thin plates", paper presented at 1996 Hypervelocity Impact Symposium, Freiburg, Germany, October 1996.

<sup>13</sup>C. J. Hayhurst, H. J. Ranson, D. J. Gardner and N. K. Birnbaum, "Modelling of microparticle hypervelocity oblique impacts on thick targets", *International Journal of Engineering*, Vol. 17, 1995.

<sup>14</sup>J. Campbell and R. Vignjevic, "Lagrangian hydrocode modelling of hypervelocity impact on spacecraft", Third International Conference on Computational Structures Technology, Budapest, Hungary, 21-23 August 1996.

<sup>15</sup>J. Campbell and R. Vignjevic, "Modelling hypervelocity impact in DYNA3D", 3rd International Conference on Dynamics and Control of Structures in Space, London, 28-29 May 1996.

<sup>16</sup>J. Campbell and R. Vignjevic, "Development of Lagrangian hydrocode modelling for debris impact damage prediction", Hypervelocity Impact Symposium, Freiburg, Germany, 7-10 October 1996.

<sup>17</sup>A. Shukry, I. Shukry, R. Walker and H. Stokes, "A database of historical satellite launches and future traffic predictions: applications for orbital debris environment models", paper B0.7-0012, 31st COSPAR Scientific Assembly, Birmingham, United Kingdom, July 1996.

<sup>18</sup>R. Walker, S. Hauptmann, R. Crowther, H. Stokes and A. Cant, "Introducing IDES: characterising the orbital debris environment in the past, present and future", paper AAS 96-113, 6th AAS/AIAA Space Flight Mechanics Meeting, Austin Texas, United States of America, February 1996.

<sup>19</sup>R. Walker, R. Crowther and G. G. Swinerd, "The long-term implications of operating satellite constellations in the low earth orbit debris environment", paper B0.7-0031, 31st COSPAR Scientific Assembly, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

<sup>20</sup>R. Crowther, V. Marsh, H. Stokes and R. Walker, "Interactions between space systems and the orbital environment", SPIE Conference, Denver, United States of America, August 1996.

<sup>21</sup>H. Stokes, R. Crowther, R. Walker and F. Aish, "Introducing PLATFORM: a new software programme to simulate debris and meteoroid impacts on space platforms", paper B0.7-0034, 31st COSPAR Scientific Assembly, Birmingham, United Kingdom, 14-21 July 1996.

<sup>22</sup>S. P. Barrows, G. G. Swinerd and R. Crowther, "Debris-cloud collision risk analysis: polar-platform case study", *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol. 32, No. 5, 1995, pp. 905-911.

<sup>23</sup>S. P. Barrows, G. G. Swinerd and R. Crowther, "Assessment of target survivability following a debris cloud encounter", paper presented at 1st International Workshop on Space Debris, Moscow, October 1995 (to appear in *Space Forum*, 1996).

<sup>24</sup>S. P. Barrows, G. G. Swinerd and R. Crowther, "A comparison of debris cloud modelling techniques", *Advances in the Astronautical Sciences*, Vol. 89, Part II, 1996, pp. 1233-1247.

<sup>25</sup>L. Wang, J.P.W. Stark and R. Crowther, "Direct Monte-Carlo simulation of collision frequency of orbital debris", IAA-95-IAA.6.4.02, 46th International Astronautical Congress, Oslo.