

A

الأمم المتحدة

Distr.
GENERAL

A/AC.105/619*
21 November 1995

ARABIC
ORIGINAL: ENGLISH

الجمعية العامة



لجنة استخدام الفضاء الخارجي
في الأغراض السلمية

الأبحاث الوطنية المتعلقة بمسألة الحطام الفضائي

سلامة السوائل التي تعمل بالطاقة النووية

مشاكل اصطدامات مصادر الطاقة النووية بالحطام الفضائي

مذكرة من الأمانة العامة

المحتويات

الصفحة الفقرات

٢	.....	٤-١	.....	مقدمة
٣	.....	.....	.....	الردود الواردة من الدول الأعضاء
٣	.....	.....	.....	كندا
٣	.....	.....	.....	شيلي
٥	.....	.....	.....	اليابان
١٦	.....	.....	.....	المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية

* هذه الوثيقة صادرة دون تنقيح رسمي.

مقدمة

- ١ - رأت الجمعية العامة ، في الفقرة ٣٢ من قرارها ٩/٤٩ المؤرخ ٩ كانون الأول/ديسمبر ١٩٩٤ ، أنه من الضروري أن تولي الدول الأعضاء مزيداً من الاهتمام لمشكلة اصطدامات الأجسام الفضائية ، بما فيها مصادر الطاقة النووية ، بالحطام الفضائي ، وللحواف الأخرى لهذا الحطام ، ودعت إلى مواصلة البحوث الوطنية بشأن هذه المسألة ، وإلى استحداث تكنولوجيا محسنة لرصد الحطام الفضائي ، وإلى جمع ونشر البيانات المتعلقة بالحطام الفضائي . ولاحظت الجمعية أنه ينبغي تقديم معلومات بهذا الشأن ، قدر الامكان ، إلى اللجنة الفرعية العلمية والتقنية التابعة للجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية .
- ٢ - ودعت الجمعية العامة الدول الأعضاء ، في الفقرة ١٧ من نفس القرار ، أن تقدم إلى الأمين العام بصفة منتظمة تقارير عن البحوث الوطنية والدولية المتعلقة بسلامة السواحل التي تعمل بالطاقة النووية .
- ٣ - ووجه الأمين العام إلى جميع الدول الأعضاء مذكرة شفوية مؤرخة في ٤ آب/أغسطس ١٩٩٥ ، يدعوها فيها إلى إرسال المعلومات المطلوبة أعلاه إلى الأمانة العامة ، قبل حلول ٣١ تشرين الأول/أكتوبر ١٩٩٥ ، كيما يتسعى للأمانة العامة إعداد تقرير يضم هذه المعلومات لتقديمه إلى اللجنة الفرعية في دورتها الثالثة والثلاثين .
- ٤ - وقد أعدت الأمانة العامة هذه الوثيقة استناداً إلى المعلومات الواردة من الدول الأعضاء حتى ٣١ تشرين الأول/أكتوبر ١٩٩٥ ، وسوف تدرج المعلومات التي ترد بعد ذلك التاريخ في إضافات لهذه الوثيقة .

الردود الواردة من الدول الأعضاء

كندا

[الأصل : بالإنكليزية]

يسر وكالة الفضاء الكندية أن تقدم التقرير التالي عن الأنشطة المتعلقة بحياة وفهم البيانات عن خصائص بيئه الحطام الفضائي وتقنيات التخفيف من آثارها :

- تجربة "ميليو" : كانت تجربة تعرض المواد في المدار الأرضي المنخفض (ميليو) تجربة فعالة أطلقت في رحلة المكوك STS-52 في تشرين الأول/أكتوبر ١٩٩٢ . وكانت التجربة تهدف أساسا الى قياس تأثير البيئة على عينات من المواد (مجموعها ٣١٣ عينة) وضعت على "الكندارم" (الذراع الروبوطي الكندي على مكوك الولايات المتحدة) وعرضت في الاتجاه الأمامي (التضاغطي) أثناء الرحلة لمدة مجموعها نحو ٣٠ ساعة . واشتملت التجربة أيضا على ميزانين دقيقين يعملان ببلورات الكوارتز ، صمما بحيث يعملان بطريقة عكسية بغية قياس تأثير الأوكسجين الذري أثناء التعرض . وقد صمم التجربة عدد من الباحثين المشاركون ، أدرج عدد منهم في التجربة بعض المواد بقصد احتجاز جسيمات من الحطام المداري والنيازك الدقيقة المدارية . وأثناء الرحلة ، استخدم محرك صاروخي يعمل بوقود دفعي صلب لرفع حمولة ساتلية الى مدار مرتفع بعد اطلاق الحمولة من المكوك . وكان هذا الحدث هو الذي وفر أغلبية البيانات عن الحطام المداري أثناء الرحلة . فعلى الرغم من أن عينات المواد كانت محظية أثناء عملية الاطلاق نفسها ، كان كثير من العينات التي أعيدت الى الأرض لتقييمها قد ارتطمت بجسيمات صغيرة كثيرة . وكان حجم الجسيمات التقديرية متقدما مع النفايات التي كان متوقعا أن تتبثق عن الصاروخ الذي يعمل بالوقود الدفعي الصلب ، على الرغم من أن مدةبقاء غمامه الحطام لم تكن متوقعة . ونتيجة لذلك أثارت هذه التجربة بيانات عن الحطام الفضائي الناجم عن احتراق محرك صاروخي يعمل بوقود دفعي صلب .
- تجربة "اكوميكس" : كانت التجربة المتقدمة لعرض المواد المركبة (اكوميكس) أيضا تجربة مركبة أطلقت على الرحلة STS-41G في تشرين الأول/أكتوبر ١٩٩٤ . وكان الغرض من هذه التجربة جمع بيانات عن تحلل المواد المركبة في مدار أرضي منخفض . وتألفت التجربة من عينات من المواد وضعت على "الكندارم" الذي وضع في الاتجاه الأمامي (التضاغطي) لمدة نحو ٤٠ ساعة أثناء الرحلة . ولم يكن الهدف من هذه التجربة قياس الحطام المداري ، ولكن دراسة العينات المستعادة الى الأرض بعد الرحلة قد وفرت بعض الملاحظات التي بينت أنه من المرجح أن تكون ناجمة عن اصطدامات حدثت في الفضاء . وعلى الرغم من عدم

الحصول على بيانات تفصيلية ، فقد أسمحت هذه التجربة في تصميم تجربة ميليو المذكورة أعلاه .

- مرفق التعرض الطويل الأمد "الديف" : قدم احدى التجارب التي أجريت على متن مرفق التعرض الطويل الأمد ، باحثون كنديون من جامعة تورonto . وقد نشر الكثير حتى الآن عن النتائج المستمدة من مركبة مرفق التعرض الطويل الأمد ، بما في ذلك النتائج المستمدة من هذه التجربة الكندية . وقد درست هذه التجربة دراسة دقيقة بعد عودة المرفق الى الأرض ، بغية تحديد مواضع الاصطدام . وقد حدد أكثر من ٧٠ موضعًا من مواضع الاصطدام تحديدا واضحا . وعلاوة على ذلك ، حللت البيانات المستمدة من المركبة الفضائية بأكملها ، بصيغتها التي أبلغ بها عن طريق فريق تقصي الحطام المداري ، وعرضت في شكل دراسة تخصصية هندسية يمكن أن تستخدم لتصميم المركبات الفضائية . وفضلا عن ذلك ، استخدمت اختبارات أرضية للربط بين حجم ونوع التلف الذي أصيبت به العينات والأحجام والسرعات المحتملة للجسيمات .
- يدرس حاليا معهد العلوم الفضائية والأرضية (استس) وجامعة اقليم أونتاريو الغربي معاً امكانات رصد الحطام المداري المتعلقة باستخدام مقرابات قائمة على الأرض كبيرة القطر غير قابلة للتوجيه ، تستند إلى مفهوم المرأة السائلية الذي طور في جامعة دو لافال .
- تقوم شركة تكنولوجيات "ام. بي. بي. MBP في بوانت - كلير ، كيبك ، بدراسة امكانية استخدام أجهزة استشعار الكترونية - بصرية وللأشعة تحت الحمراء من أجل مراقبة الفضاء ، وخصوصاً أجهزة الاستشعار القائمة في الفضاء ؛ والاهتمام هنا يتعلق بتطبيق التكنولوجيا الرادارية للموجة الميليمترية على رصد أجسام الحطام واقتفاء آثارها واستبياناتها .
- واستنادا الى البيانات الخاصة بالارتطام والمسجلة بواسطة مرفق التعرض الطويل الأمد (الديف) ، يقوم معهد الدراسات الفضائية التابع لجامعة تورونتو (يوتياس) بوضع مخططات تخصصية تصميمية لغرض التنبؤ بعدد الاصطدامات على مركبة فضائية ما كدالة للارتفاع والميلان والوقت في المدار والتوجة .
- ويقوم معهد الدراسات الفضائية الجوية التابع لجامعة تورونتو بتطوير تكنولوجيات وقائية لتخفييف الضرر الذي تسببه أجسام الحطام المداري عند الارتطام . وعلاوة على ذلك ، يعمل المعهد المذكور على تجارب اختبارات الطيران التي تؤدى خارج المحطات الفضائية .
- ويضطلع قسم الفيزياء في جامعة كولومبيا البريطانية بأبحاث على سلوك المادة الأساسية عند

درجات كثافة الطاقة العالية ؛ وتسهم تلك الأبحاث في تفهم ظاهرة الارتطام التي تحدث بدرجات السرعة الفائقة ؛ فقد شغل مدفع الغاز الخفيف الثنائي المراحل بسرعة بلغت ٤ كم/ثانية ؛ ويمكن أن يشغل بسرعة تبلغ حتى ٦ كم/ثانية ، وببعض التعديلات يتحمل أن تصل سرعته إلى ٨ كم/ثانية ؛ ولكن ليس من المزمع القيام باختبارات أخرى واسعة النطاق في المستقبل القريب من جراء المعوقات الخاصة بالميزانية .

شيلي

[الأصل : بالاسبانية]

تفيد شيلي في تقريرها بأنها لا تجري في الوقت الحالي أي بحوث تتعلق بالحطام الفضائي ، وليس لديها سواتل تعمل بالطاقة النووية . وبناء عليه ، لا يضطلع لديها بدراسات عن احتمالات اصطدام مصادر الطاقة النووية بالحطام الفضائي .

اليابان

[الأصل : بالانكليزية]

الأنشطة المعنية بالحطام الفضائي المضطلع بها حديثا في اليابان

تعد مسألة الحطام الفضائي في صيغتها مشكلة عالمية النطاق ، يجب على جميع الدول التي ترتد الفضاء أن تتعاون على حلها ، حفاظا على سلامة بيئة الفضاء من أجل الأنشطة الفضائية في المستقبل . وكان واحد من التحذيرات البكرة في العالم بشأن هذه القضية قد أطلقه في اليابان في عام ١٩٧١ ، الباحث م. ناغاتومو وزملاؤه من معهد علوم الفضاء والملاحة الفضائية (اساس). ^(١) ومنذ ذلك الوقت ، باشرت منظمات مختلفة في اليابان القيام بأبحاث مستقلة عن هذا الموضوع . يبد أنه لم يضطلع بأي أنشطة منهجية أو منظمة في هذا الصدد حتى عام ١٩٩٠ ، عندما بادرت جمعية اليابان لعلوم الملاحة الجوية والفضاء (جساس) إلى تأسيس فريق معني بدراسة الحطام الفضائي . وقد تكون فريق الدراسة مما يربو على ٣٠ عضوا من عدد من المنظمات والصناعات ذات الصلة بالفضاء ، وأصدر الفريق تقريرا أوليا في كانون الثاني/يناير ١٩٩٢ ، ثم تقريرا نهائيا في آذار/مارس ١٩٩٣ . ^(٢) وقد تابع بعض التوصيات الواردة في ذلك التقرير فريقا الدراسة التابع لجمعية (جساس) اللذان أنشأنا حديثا . ونتيجة للجهود المتواصلة التي يبذلها فريقا الجمعية الدراسية ، أصبحت الوكالات والمنظمات اليابانية ذات الصلة بالأنشطة الفضائية تسلم الآن بأن الخطورة الكامنة في الحطام الفضائي لم تعد مشكلة مجردة ، بل هي على الأرجح خطر حقيقي وجدي يهدد الأنشطة الفضائية المأهولة منها وغير المأهولة . ولقد أعربت هيئة الأنشطة الفضائية (ساك) التابعة للحكومة اليابانية ،

عن سياسة اليابان العامة بشأن قضية الحطام الفضائي ، في التقرير عن رؤية اليابان على المدى الطويل بشأن الفضاء ، الذي نشر في تموز/يوليه ١٩٩٤ ،^(٣) وجاء فيه : "سوف تستهدف اليابان استحداث نظم من شأنها ألا تترك سوى أقل قدر ممكناً من الحطام الفضائي . وأما فيما يتعلق بالحطام الفضائي الموجود حالياً ، فسوف تتعاون مع غيرنا من البلدان على تدارس الطرق الرامية إلى الحد منه" . وكذلك فإن الوكالة اليابانية الوطنية للتطوير الفضائي (ناسدا) ، وهي المسئولة عن تنفيذ التطبيقات العملية للتطورات الفضائية ، أنشأت فريقها العامل ، في آب/أغسطس ١٩٩٣ ، ليتولى دراسة مشاكل الحطام الفضائي ، ووضع السياسة العامة للوكالة "ناسدا" ومعايير تخفيف الحطام والحماية منه .

وفي هذا المقال ، تستعرض بайحاز الأنشطة المضطلع بها حديثاً والمخطط لها في ميدان أبحاث الحطام الفضائي في اليابان .

أولاً - قياس الحطام الفضائي

ألف - الرصد البصري

يضطلع مختبر بحوث الاتصالات (سي آر إل) بعمليات الرصد البصري للأجسام في المدار الثابت بالنسبة إلى الأرض ، مستخدماً نظام رصد بصري في كوغاني ، طوكيو (وأقع على خط العرض ٣٥٢ درجة شمالي وخط الطول ١٣٩٢٩ درجة شرقاً) . وهو نظام يتكون من مقراب ذي فتحة قطرها ١٥ م ، وآلة تصوير ذات أداة للمقارنة بواسطة الشحنات (سي سي دي) مبردة بأثير ظاهرة بلتيبيه* وذات صور بحجم شرائحي قدره 1242×1152 من العناصر الصورية الخاصة بالوضوح ، وحاسوب لمعالجة الصور وغير ذلك من المعدات العلمية وأجهزة الاتصالات . وكان هذا النظام قد بني أصلاً كمحطة أرضية ثابتة من أجل تجارب الاتصالات الفضائية باستخدام ساتل ثابت المدار بالنسبة إلى الأرض . وبواسطة هذا النظام الخاص بالرصد البصري التابع للمختبر المذكور (سي آر إل) ، يمكن نظرياً رصد أجسام صغيرة بقدر ٢٠ سم في مدار على ارتفاع ثابت بالنسبة إلى الأرض . ولهذا السبب ، من المتوقع له أن يسهم في مشروع تعاوني دولي لقياس تجمعات الحطام في المدار الثابت بالنسبة إلى الأرض وما حوله .

* ظاهرة بلتيبيه : اطلاق أو امتصاص الحرارة بمرور التيار الكهربائي عبر وصلة بين معدنين مختلفين .

وعلى سبيل التعاون في دراسة مع "ناسدا" ، يقوم المرصد الفلكي الوطني في اليابان (ناو) بعمليات رصد للسوائل في المدار الثابت بالنسبة إلى الأرض منذ عام ١٩٩٢ ، باستخدام مقرابات "شميت" في مركز كاغوشيمما الفضائي (كيه إس سي) التابع لمعهد "إسas" (على خط عرض ٣١°١٣'ـ) درجة شمالاً ، وخط طول ٤٠°٠٤'ـ درجة شرقاً) ، ومرصد كيسو التابع لجامعة طوكيو (على خط عرض ٤٨°٢٥'ـ درجة شمالاً وخط طول ٣٧°٢٨'ـ درجة شرقاً) . ولقد تبين أن استخدام مقرابات أخرى في اليابان ينطوي على احتمالات واعدة . ولكن تحقيقاً لغرض القيام بعمليات رصد أكثر تفصيلاً وأطول دواماً ، سوف يلزم ايجاد نظام مكرس لرصد الحطام الفضائي . ومن ثم فإن الجمعية (جسas) والوكالة (ناسدا) اليابانية سوف تباشران القيام بالدراسات الأولية المشتركة على سائل في مدار ثابت بالنسبة إلى الأرض لكشف الحطام الفضائي في ذلك المدار ، في تموز/يوليه ١٩٩٥ .

بأء - الرصد الراداري

درس فكرة رصد الحطام الفضائي بواسطة نظام راداري ثانوي الاستاتية [ذى محطتين] الباحث ت. تاكانو وفريقه في المعهد (إسas) . وقد نجح هؤلاء في ايضاح امكانية تطبيق هذا النظام في تجربة الرصد "يوكوه" ، وهو سائل علمي ذو كتلة وزنها ٤٢٠ كغم موضوع في مدار دائري على ارتفاع ٦٠٠ كم ودرجة ميل ٣١°٣١'ـ . وفي تلك التجربة ، استخدم القائمون بها الهوائي الذي يبلغ قطره ٢٠ م في مركز كاغوشيمما الفضائي (كيه إس سي) ، كمحطة ارسال ، والهوائي الذي يبلغ قطره ٦٤ م في مركز يوسودا للفضاء السحيق (يودي إس سي) التابع لمعهد "إسas" (على خط عرض ٣٦°١٣'ـ درجة شمالاً ، وخط طول ٣٧°٣٨'ـ درجة شرقاً) ، كمحطة استقبال . وتبلغ المسافة بين المحطتين حوالي ١٠٠٠ كم . وقد دلت التجربة على أنه يمكن كشف الأجسام الصغيرة بقدر ٢ سم على ارتفاع ٥٠٠ كم بواسطة استعمال تكنولوجيا الاتصالات الحديثة .

وقام فريق تابع لمعهد "إسas" برأسه ت. يوكوتا ، بالتحقق من نظام الرادار الليزرى في كشف الحطام الفضائى . ويكون النظام المذكور من جهاز ليزر Nd:Yag ، وموسع للحزم الضوئية ، ومرقاب ، وآلية تصوير مزودة بجهاز مقارن بواسطة الشحنات ، ومضاعف ضوئي ، وحاسوب . ويتوقع أن تكون لهذا النظام القدرة على كشف جسم قطره ١ مم على مسافة ١ كم . ولذا ، يمكن استخدامه كنظام محمول على متن المحطات لرصد الحطام الفضائي من أجل كشف أجسام الحطام الصغيرة الحجم ومن أجل مناورات تجنب الاصطدامات . وقد طور التقنيون نموذجاً هندسياً من هذا النظام ، ويقومون باختبار أدائه الأساسي .

ويعد الرادار أفعى الوسائل في رصد أجسام الحطام في المدار الأرضي المنخفض "ذات الحجم الذي ينذر بالخطر" ، وهي قطع من الحطام أكبر حجماً من اسم . وإن جميع ما هو موجود حالياً من قواعد البيانات والاحصاءات المتعلقة بالحطام الفضائي من هذا القبيل ، بما في ذلك الكتبيات المصورة الصادرة عن "يو إس سبيس كوم USSPACECOM" ، يعتمد اعتماداً كبيراً على

عمليات رصد بواسطة نظم رادار مختلفة . وهي تحتوي عادة على بند مهم بخصوص "الحجم" الذي يحدد تبعاً لشدة الصدى المستقبل . ولدى تقييم تأثير وطأة اصطدام حطام بجدار مدرع ، على سبيل المثال ، من الشائع تفسيره باعتبار قطر الجسم الكروي .

غير أن الدراسات الاحصائية بينت أن ثمة مغالاة في التقدير تنشأ من خلال المقارنة بين الحجم المقدر بواسطة أجهزة الرادار ، والحجم المحسوب من المساحة الفيزيائية المسقطة المحددة من خلال التهاوي المداري من جراء السحب الجوي .⁽⁴⁾

أما حجم الهدف المرصود فيحسب من المقطع العرضي للرادار ، والذي يعرف بأنه مساحة مبعرث متanax قوة صدأه بقدر قوة صدى الهدف المعين . وهو يتواافق فعلاً مع المقطع العرضي الفيزيائي للأجسام الكروية المعدنية الكبيرة ، ولكنه كثيراً ما يختلف اختلافاً كبيراً في الأجسام ذات الأشكال غير المنتظمة ، وبخاصة عندما ترصد في نطاق ذي تردد عالٍ . وعلى سبيل المثال ، قد يساء تفسير دلالة قطعة سلك رفيع على أنها قذيفة مدفعة .

وبخصوص الأجسام التي هي أصغر من طول موجة الرادار ، فإن المقطع العرضي الراداري يتناصف عكساً مع ربع قوة طول الموجة (أو ربع قوة التردد) . ومن ثم فإن أكثر أجهزة الرادار المستخدمة لرصد الحطام الفضائي تستعمل ترددًا يتراوح بين ٥ و ١٠ جيجاهايرتز ، أو حتى أعلى من ذلك ، بغية الحصول على حساسية شديدة لكشف أجسام الحطام الصغيرة . وفي التردد العالي من هذا النحو ، يتباين المقطع العرضي الراداري تبايناً شديداً تبعاً لتغير توجه الهدف بالنسبة إلى الرادار . ويكون من العسير اذ ذاك تقدير المقطع العرضي الحقيقي من المقطع العرضي الراداري المرصود .

ولكنـ في التردد الذي ينخفض عن ذلك ، تصبح العلاقة بين المقطع العرضي الفيزيائي والمقطع العرضي الراداري أبسط بكثير من ذلك ، مع أنه يتغير علينا أن تتکبد تكلفة باهظة في انخفاض الحساسية بخصوص الأهداف الصغيرة .

وأما النظام الراداري الخاص بالغلاف الجوي المتوسط والأعلى ، في جامعة كيوتو في اليابان ، فهو رادار عالي التردد جداً يعمل بذبذبة قدرها ٤٦٥ ميغاهايرتز؛ ويعرض ناتج قوته البالغ ١ ميغاواط والهوائي الخاص به والبالغ قطره ١٠٠ م ، عن انخفاض الحساسية عند درجة هذا التردد . وإن حساسيته تساوي تقريراً حساسية الرادارات المستخدمة للحفاظ على تطوير الكتيبات المchorة الصادرة عن "يو إس سبيس كوم" .⁽⁵⁾

والهدف الرئيسي لهذا الرادار هو الغلاف الجوي المحيط بالأرض ، أو بمزيد من الدقة ، هو التبعثر المرتد من ظواهر الشذوذ في قرينة انكسار الهواء الناجم عن الاضطراب الجوي . وبما أن

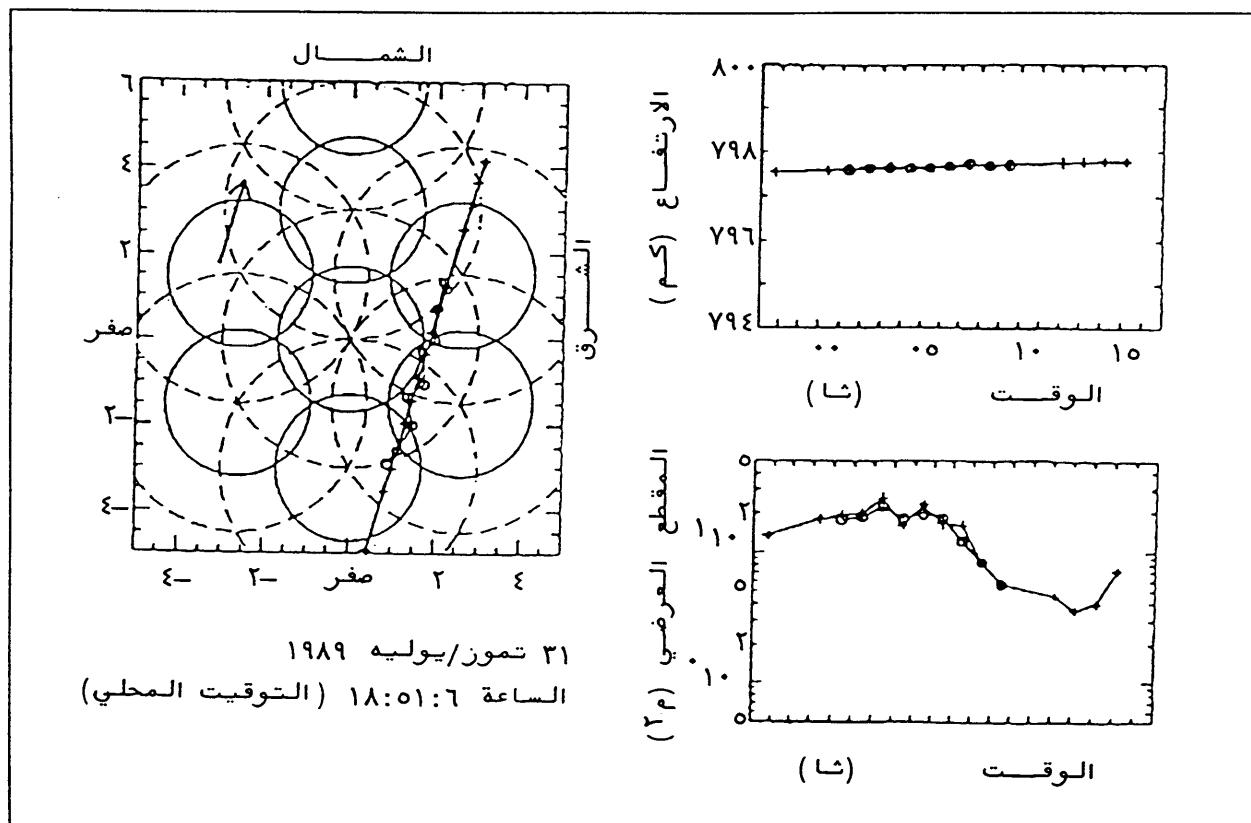
هذا الصدى الجوي ضعيف جدا ، يشعر العلماء بالانزعاج من جراء ما يشوبه من أصوات قوية "غير مرغوبة" تصدر من أجسام شتى مثل أجسام الحطام الفضائي . وقد قررنا أن نستغل هذه الأصوات التي كانت مهمة في السابق ، وشرعنا في القيام بدراسة احصائية لأجسام الحطام الفضائي في عام ١٩٨٨ .

ويكون هواي رادار الغلاف الجوي الأوسط والأعلى ، من هوائيات طراز "ياغي ٤٧٥" مرصوصة على شكل مصفوفة هوائيات متباورة فعالة . ومزية هذا النوع من الهوائيات هي أنه يستطيع رصد اتجاهات مختلفة على نحو متزامن تقريباً بواسطة التبديل الإلكتروني لعدة حزم موجة هوائية . ويبين الشكل ١ مثلاً على رصد الحطام باستخدام ثمانى حزم موجة هوائية تبدل بالتعاقب من نسبة إلى نسبة حول المست .^(٦) والهدف ، الذي تبين أنه محرك الدعم الصاروخي للمركبة "كوزموس" ١٠٢٣ ، مر من خلال هذه الحزم الموجية ، وأمكن تتبع مسار تغير المقطع العرضي الراداري زهاء ٢٠ ثانية . ومن الممكن أيضاً تحديد المدار التقريري للهدف من عملية رصد واحدة فقط . أما الرadarات التقليدية ذات الهوائي المكافئ ، فلا تستطيع مواصلة رصد جسم مداري لأكثر من جزء من الثانية ، ما لم يكن مداره معيناً من قبل .

ويشير التغير الكبير والسلس في المقطع العرضي الراداري مقابل الزمن (المبين في المخطط السفلي الأيمن من الشكل ١) إلى دوران محرك الدعم الصاروخي . وتتوافق القيمة القصوى توافقاً تقريرياً مع المقطع العرضي الفيزيائى الأقصى .

هذا وإن أفضل الطرق المباشرة في "رؤية" شكل هدف ما باستخدام الرادار ، إنما هي في جعل حزمة الهوائي الموجية حادة بدرجة كافية لكي تتمكن من استبابة الهدف . بيد أنه من غير الممكن عملياً الحصول على درجة استبابة بمقدار متر واحد من مسافة قدرها ١٠٠ كم ، لأن القطر اللازم للهوائي يكون أذاك حوالي ١٠ كم . وشدة تقنية معقولة أكثر من ذلك في اللجوء إلى استغلال دوران الهدف . وال فكرة المتداولة هي استبابة جزء مختلف من هدف يتحرك بسرعة مختلفة بالنسبة إلى الرادار ، وذلك بواسطة قياس أطياف السرعة بطريقة مفعول دوبلر . وتسمى هذه الطريقة "ISAR" (الرادار ذا الفتاحة التركيبية المعكوسة) ، أو "RDI" (قياس التداخل على أساس تعين المدى بتطبيق مفعول دوبلر) ، وتستخدم على نطاق واسع في الرadarات العسكرية وفي علم الفلك بالرصد الراداري . وقد سبق تطبيقها على رصد الحطام المداري باستخدام رادار "فغان" (FGAN) الألماني ، مما أدى إلى كشف صورة واضحة لمجمع سلسلة ساليوت - كوزموس .^(٧) ولكن في اللحظة الراهنة ، لا تزال درجة الاستبابة محدودة بمقدار متر واحد تقريباً ، ومن ثم فلا يمكن استخدامها للتعرف على أشكال الأهداف الصغيرة التي يتراوح حجمها بين ١ و ١٠ سم ، مما يعتبر مدعاة لأنشد القلق .

الشكل ١ - الحركة الزاوية (يسارا) وتغيرات الارتفاع (يمينا في الأعلى)
وتغيرات المقطع العرضي الراداري (يمينا في الأسفل) لمحرك
الدعم الصاروخي كوزموس - ١٢٢، بحسب رصده بواسطة
رادار الغلاف الجوي الأرضي الأوسط والأعلى . وتبين
الدوائر في المخطط العلوي الأيسر نطاق تفطية حزم
موجات البوانيات



يحصل على بعض المعلومات الاحصائية عن شكل الحطام الفضائي بالمقارنة بين المقطع العرضي الفيزيائي المقدر من السحب الجوي وبين المقطع العرضي الراداري ، كما هو مبين أعلاه . ولكن التقييد الرئيسي الذي يحد من هذه التقنية هي أنه يتطلب فيها رصد الجسم الحطامي نفسه لمدة طويلة من أجل كشف التهاوي المداري .

وان تائج عملياتنا الرصدية بواسطة رادار الغلاف الجوي الأوسط والأعلى تقدم أيضاً معلومات مماثلة . وقد بيّنت عمليات المحاكاة العددية أن مقدار تغيرات المقطع العرضي الراداري يمكن تفسيره بالنسبة إلى تطاول الجسم . وبما أن عملية الرصد الواحدة تعطي التغيير مرئياً من اتجاه واحد ، فاننا نحتاج إلى تفسير عمليات رصد عديدة بطريقة احصائية . وتشير نتيجة مثل ذلك التحليل إلى أن حجم أجسام الحطام الصغيرة نسبياً المرصودة بواسطة رادار الغلاف الجوي الأوسط والأعلى ، أقل من نصف الجسم الكروي الذي له المقطع العرضي الراداري نفسه .

وبغية تقييم الحجم الفعلى للحطام الفضائي ، يجب الحصول على معلومات عن الشكل . ومع أن الأولوية الأولى في تصميم رادار للحطام الفضائي في المستقبل هي أنه ينبغي أن يكون ذا حساسية لكشف الأجسام التي يتراوح حجمها بين ١ و ١٠ سم ، ينبغي أيضاً أن تكون لذلك الرadar القدرة على تتبع مسار جسم مجهول تتبعاً مستمراً ١٠ ثوان على الأقل ، مما يلزم للقيام بالتحليل بواسطة الرادار ذي الفتحة التركيبية المعاكسة وقياس التداخل على أساس تعين المدى بتطبيق مفعول دوبلر ، وأو التحليل الاحصائي المبين أعلاه . وتعد مصفوفة الهوائيات المتطابرة العنصر الأساسي اللازم في تحقيق هذه القدرة .

جيم - عمليات قياس الارتطام

بناء على الدراسة المكثفة التي استغرقت عاماً ، اقترح الفريق الدراسي المعنى بكشف ارطامات الحطام الفضائي والنماذج الدقيقة ، التابع للجمعية اليابانية لعلوم الملاحة الجوية والفضاء (جاس) ، طريقة التحليل اللاحق لوحدة الطيران الفضائي على معهد الطيران الفضائي التجاري الحر في الرحلات غير المأهولة .

أما وحدة الطيران الفضائي فهي مرفق منصة فضائية غير مأهولة موجهة نحو الشمس مستقرة بثلاثة محاور ، كانت قد أطلقت في ١٥ آذار/مارس ١٩٩٥ بواسطة الاطلاق الثالث للصاروخ H-II ، ومن المزمع بحسب البرنامج أن تستعاد بواسطة المكوك الفضائي STS-72 في كانون الثاني/يناير ١٩٩٦ . وسوف تبقى في مدار دائري على ارتفاع يتراوح بين ٣٠٠ و ٥٠٠ كم وبميل قدره ٢٨.٥ درجة ، وسوف تكون أول هيكل فضائي ياباني يعاد إلى الأرض . وتقدر المساحة الكلية من السطوح الخارجية المعرضة من وحدة الطيران الفضائي بحوالي ١٥٠ م^٢ ، والسطح الخارجية الكبيرة الرئيسية الأربع هي المستهدفة بحسب الخطة في التحليل اللاحق لرحلة الطيران وهي كما يلي :

- العازل المتعدد الطبقات لوحدة الحمولة (MLI) ، وهو هيكل مشمن الأضلاع قطره ٤٦٤٠ متر وارتفاعه ٤٤٠ متر ؛

- وحدة المرفق الطائر المعرض (EFFU) ، وهي هيكل يشبه الصندوق سطحه الأعلى مساحته ٤٤٨ متر × ٤٤٨ متر مغطى بمادة التفلون المطلية بالفضة كشعاع حرارة ، وعازل "كبتون" متعدد الطبقات ذي أربعة أوجه مطلي بالألومنيوم ارتفاعه ١٠٥ متر) ؛

- محرك بمصفوفة شمسية بطول ٤٢٤ مترًا وعرض ٢٣٦ متر ؛

- مصفوفة خلايا شمسية عالية الفولطية قابلة للانفتاح ذات بعدين ، وهي شراع مثلث ارتفاعه ٣٨٤ أمتار بخط قاعدي طوله ٦٢ ر ٣ أمتار ، عند الانفتاح الكامل .

ومن المتوقع الحصول على كثير من المعلومات من خلال المقارنة بين البيانات المستمدة من التحليل اللاحق للرحلة والخاص بمصفوفات الخلايا الشمسية لكل من مرفق دراسة التعرض الطويل الأمد (LDEF) ، والناقلة الأوروبية التي يمكن استردادها (EURECA) ، ومقراب هابل الفضائي (HST) .

ومن المخطط كذلك القيام بتجربة البالون العملي لطيران الأنموطة التجريبية اليابانية (JFD) على متن المكوك الفضائي ، كاختبار للتحقق من نظام المشغل الميكانيكي في وحدة الأنموط التجريبية اليابانية التابعة لمحطة آلفا الفضائية الدولية (ISSA) . واستغلالا لهذه الفرصة ، يزمع مختبر القطع والمواد التابع للوكالة "ناسدا" اليابانية ، القيام بالتجربة الخاصة بالبيئة الفضائية وتأثيرها في المواد (ESEM) . ويكون نظام هذه التجربة من أجهزة جمع غبار الحطام الفضائي (DC) وأجهزة الامساك بعينات المواد (MSH) فيما يخص تقييم أثر الأوكسجين الذري في الفضاء . وسوف تركب تلك الأجهزة على جسم الأنموط التجريبية (JFD) فيجيب حمولة المكوك الفضائي ، وسوف تعرض لاتجاه طيران المكوك لمدة ٤٠ ساعة . والموعد المحدد للقيام بهذا البرنامج هو خلال شهر نيسان / أبريل ١٩٩٧ .

ثانيا - التخفيف من الحطام الفضائي

من بين مختلف أنواع الأجسام المدارية ، تعد أكبرها عددا شظايا الحطام الناجمة عن الانفجارات . وهي تنتج عن انفجارات المراحل الصاروخية العليا وحالات التشتت المتعمد وغير ذلك من العوامل غير المعروفة . وطبيعة هذه المسببات الأخيرة غير واضحة تماما . ولكن يعتقد بأنها تشمل الانفجارات التي تسببها ارتطامات فائقة السرعة . وتجنبها لحدوث المزيد من الحطام الطارئ الخطير الشأن ، لجأت الوكالة "ناسدا" إلى تنفيذ عمليات لتصريف نفايات الوقود من الدواسر المختلفة ("لوكس" متفجر الأوكسجين السائل ، لـ هـ "الهييدروجين السائل" ، نـ هـ "نيتروجين" ، هـ "هـيدروجين") وغاز الهليوم المختلف من المرحلة الصاروخية الثانية لمركبة الاطلاق ٢-٥/٥-II-H-I . وقد تم تجنب نبذ نبات ميكانيكية لدى انفصال السواتل ونشر الألواح المجدافية الشمسية ، ما عدا في بعض حالاتبعثات الفضائية المعينة ، ومنها مثلا انفصال المحرك الأوجي المستهلك في السواتل الثابتة المدار بالنسبة إلى الأرض المخصصة للأرصاد الجوية . ولغرض منع تدمير مرحلة الاطلاق الصاروخي الثانية لمركبة ٥-II-H دون قصد في الفضاء ، يلجأ إلى تعطيل قدرة نظام التحكم بآلية التدمير فورا بعد الدخول في المدار ، وتعزل قذائفها النارية حراريآ للحيلولة دون بدء فعلها التفجيري تلقائيا .

هذا وان الأجسام في مدار الانتقال الثابت بالنسبة الى الأرض آخذة في الازدياد ، وتعتبر ذات خطر على الأنشطة الفضائية في المستقبل ، سبب طول عمرها المداري . ومن ثم يجري حاليا بذل جهد لتقليل العمر المداري لمرحلة الاطلاق الصاروخي الثانية لمركبة هـ-٢^(٨). وعلى سبيل المثال ، فان المرحلة الثانية (١٩٩٤ - بي ٥٦) من رحلة الطيران الفضائية الثانية لمركبة هـ-٢^(٩) في آب/أغسطس ١٩٩٤ ، قد بدل مدارها من مدار الانتقال الثابت بالنسبة الى الأرض لسائل الاختبارات الهندسية السادس بأوج قدره ٣٦٣٤٦ كم وحضيض قدره ٢٥١ كم الى مدار انتقال ثابت بالنسبة الى الأرض بأوج قدره ٣٢٩٨ كم وحضيض قدره ١٥٠ كم ، وذلك بتنفيذ عملية العرق في الحالة العاملة وتبديد الدواسر المتخلفة . ولوحظ أن المرحلة الثانية قد تشتظت الى ستة أجسام جديدة على الأقل حتى ٣١ آذار/مارس ١٩٩٥ ، وقد اضحت الآن^(١٠) . ونفذت الوكالة "ناسدا" أيضا عمليات تبديل مدارات السوائل ذات المدار الأرضي التزامني ، بعد نهاية عمرها التشغيلي ، بادخالها في مدار آخر يبعد ١٥٠ كم على الأقل صعودا ، هادفة الى بلوغ مسافة قدرها ٣٠٠ كم ، منذ عام ١٩٨٥ .

وقامت الجمعية اليابانية (جساس) بتشكيل اللجنة المعنية بمعايير التصميم اللازمة لمنع حدوث الحطام الفضائي ، في أيلول/سبتمبر ١٩٩٣ ، بناء على طلب "ناسدا" . والهدف الرئيسي المنشود هو التباحث في خلفيات الموضوع التقنية وإعداد مشروع وثيقة بشأن "معايير "ناسدا" التصميمية اللازمة للحد من الحطام المداري" والتي من المزمع اقرارها حوالي عام ١٩٩٧ . وت تكون اللجنة المذكورة من أعضاء من المختبر الوطني للفضاء الجوي "نال" (NAL) ومعهد علوم الفضاء والملاحة الفضائية "إسas" (ISAS) والجمعية "ناسدا" ، ومن الجامعات والشركات الكبرى ذات الصلة بأنشطة الفضاء . كما أجريت دراسة موسعة بشأن الجدوى العملية التقنية والاقتصادية لتدابير التقليل من الحطام الفضائي ، مع التركيز على ما يلي :

- تعطيل مفعول المراحل العليا من المركبات الفضائية والصواريخ :
- ازاحة مدار المراحل العليا باخراجها من مدار الانتقال الثابت بالنسبة الى الأرض :
- ازاحة مدار السوائل الثابتة المدار بالنسبة الى الأرض بادخال في مدار آخر ، بعد نهاية عمرها التشغيلي :
- اللجوء الى اتخاذ تدابير مجدية عمليا ومهمة أخرى ، مثل منع حدوث حطام أثناء عمليات التشغيل .

وقد نشر تقرير السنة المالية ١٩٩٤ في آذار/مارس ١٩٩٥^(١٠) .

ثالثا - الوقاية من الحطام الفضائي

قامت الجمعية "ناسدا" بدراسة نظم الوقاية من الحطام الفضائي من أجل الأنماط التجريبية اليابانية . وقد أجري أكثر من مائة اختبار ارتطامي بسرعة ارتطامية يصل مداها الى ٥ كم/ثانية ، باستخدام مدفع الغاز الهيدروجيني الخفيف الثنائي المراحل . وتعتبر تجارب الارتطامات الفائقة السرعة مهمة لا من أجل تصميم نظم حماية المحطات الفضائية فحسب ، بل أيضاً من أجل تطوير علم الارتطامات الفائقة السرعة ، ومن أجل تفهم ظاهرة نشوء الحطام وتبيده . وقد أجريت دراسة أساسية عن الارتطامات الفائقة السرعة ، في المختبر الوطني للفضاء الجوي ، بالتعاون مع منظمات مختلفة . كما أجريت تجارب ارتطامية بسرعات مختلفة المدى ، أي سرعات بحوالي ٢ كم/ثانية باستخدام مدفع بارود مسحوق أحادي المرحلة ، في جامعة كيوتو ، وبسرعة ٤ كم/ثانية باستخدام مدفع غاز هليوم ثنائي المراحل ، في جامعة طوهوكو ، وبسرعة نحو ٧ كم/ثانية باستخدام مدفع على سكة ، في المعهد "إسas" . وكانت عينة الهدف تتكون من ثلاثة صفائح مصنوعة من سبيكة الألومنيوم بسمك قدرها ٣٥ مم ، مركزة في رتل يفصل بين كل صفيحة منها مسافة بنحو ٦٠ مم . وبعد القيام بالتجربة لوحظ أن جميع الصفائح الثلاث ثقبت ثقوباً توسيعية ، وأن فتحة الثقب التوسيعية الخلفية أكبر من الأمامية في الصفيحة . وهذا يبين بوضوح أن الصفيحتين المتصدين أمام الصفيحة الرئيسية لم توفران حماية من ارتطام الجسم الحطامي الذي كانت تزن كتلته ١٤ غ وتبلغ سرعته الاصطدامية ٢ كم/ثانية . وبغية التحقق من ظاهرة الارتطام الفائق السرعة بسرعات تصل إلى ١٥ كم/ثانية ، يجري المختبر "نال" دراسة تعاضدية مع شركة ميسوبوبيتشي المحدودة للصناعات الثقيلة ، بشأن نظام إطلاق بالحسوات المتفجرة المدببة الشكل ، يكون قادرًا على زيادة تسارع مقدوفات الألومنيوم بكتلة زنتها من رتبة الغرام ، إلى سرعات تزيد عن ١٠ كم/ثانية . ومن المخطط أيضًا إجراء سلسلة من تجارب التفجير من أجل تحديد نماذج انفصال وتحطم المراحل الصاروخية العليا .

رابعا - الاستنتاجات

لابد من الحفاظ على البيئة الفضائية ضماناً لدوام وتوسيع الأنشطة الفضائية . ولقد قدمت مقترنات علمية وتقنية شتى حتى الآن ، ومن شأنها أن تتطلب بالضرورة قدرًا ما من التكاليف الإضافية والحد من مقدرات النظم الفضائية . والشيء المطلوب هو تحديد تدابير مقبولة وفعالة تقنياً ومجديّة من ناحية التكاليف . وأخرج حالات البليبة بشأن الحطام الفضائي مردًا إلى جهلنا بماهية بيئـةـ الحـطـامـ الفـضـائـيـ الدـقـيقـةـ . ومن ثم فـانـ التعاونـ فيـ بـذـلـ الجـهـودـ بـيـنـ اليـابـانـ وـغـيـرـهـاـ مـنـ الدـولـ وـالـمـنـظـمـاتـ العـالـمـةـ فـيـ اـرـتـيـادـ الـفـضـاءـ ، أمرـ لـازـمـ لـدـرـاسـةـ تـجـمـعـاتـ الـحـطـامـ الفـضـائـيـ ، وـتـكـدـيـسـ الـبـيـانـاتـ الرـصـينةـ مـنـ أـجـلـ التـحـقـقـ مـنـ مـخـتـلـفـ الـنـظـريـاتـ وـالـمـقـترـنـاتـ الـمـطـرـوـحةـ ، وـلـتـقـيـيـمـ مـخـتـلـفـ الـتـدـابـيرـ وـمـاـ يـرـتـبـطـ بـذـلـكـ مـنـ الـعـقـوـبـاتـ .

الحواشي

M. Nagatomo, H. Matsuo and K. Uesugi, "Some considerations on utilization control of the near Earth space in future", Proc. 9th ISTS, Tokyo, pp. 257-263 (1971). (1)

S. Toda and T. Yasakka, "Space debris studies in Japan", *Adv. Space Res.*, 13, 8, pp. 289-298 (1993). (2)

Toward Creation of Space Age in the New Century (Report on Japan's Space Long-Term Vision) by Special Committee on Long-Term Vision, Space Activities Commission (July 1994). (3)

G. D. Badhwar and P. D. Anz-Meador, "Determination of the area and mass distribution of orbital debris fragments", *Earth, Moon, and Planets*, 45, 29-51 (1989). (4)

T. Sato, H. Kayama, A. Furusawa and I. Kimura, "MU radar measurements of orbital debris", *J. Spacecraft*, 28, 677-682 (1991). (5)

T. Sato, T. Wakayama, T. Tanaka, K. Ikeda and I. Kimura, "Shape of space debris as estimated from RCS variations", *J. Spacecraft*, 31, 665-670 (1994). (6)

D. Mehrholz, "Radar tracking and observation of noncooperative space objects by reentry of Salyut-7/Kosmos-1686", *Proc. Internat. Workshop on Salyut-7/Kosmos-1686 Reentry*, No. ESA SP-345, pp. 1-8 (1991). (7)

T. Ujino, I. Yamazaki, T. Nakagawa and K. Mori, "Debris prevention plans of the H-II rocket", Proc. 44th IAF, IAF-93-V.5.633, Graz, Austria (Oct. 1993). (8)

N. Johnson, private communication (April 1995). (9)

Report on the Study for Establishment of the Orbital Debris Mitigation Design Standards, Japan Society for Aeronautical and Space Sciences (May 1995). (10)

المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية

[الأصل : بالإنكليزية]

في آذار/مارس ١٩٩٥ وتشرين الثاني/نوفمبر ١٩٩٥ ، واصل المركز البريطاني الوطني لشؤون الفضاء (BNSC) مناقشاته مع وكالات الفضاء الوطنية في فرنسا ("سنис" CNES) وألمانيا ("دارا" DARA) وإيطاليا ("آسي" ASI) ووكالة الفضاء الأوروبية ("إيسا" ESA) ، بشأن التوفيق بين الأنشطة المعنية بالحطام . وكانت المواضيع الرئيسية المشمولة : الأهداف التقنية ، والمتطلبات التشغيلية ، ونتائج الدراسات البحثية التامة والجارية ، وتحديد الدراسات الازمة في المستقبل ، والتنسيق بين الأنشطة ، والبحث عن سياسة عامة مشتركة بشأن التقليل من الحطام في الفضاء . وقام المركز البريطاني المذكور (BNSC) بتنسيق جمع ومعالجة البيانات ذات الصلة بالأنشطة والقدرات (أدوات البرامجيات ومرافقها) الخاصة بهذه الصناعة والمؤسسات الجامعية ومراكز البحث الحكومية في المملكة المتحدة . ثم أحيلت المعلومات الى وكالة الفضاء الأوروبية (إيسا) ، من أجل مقارتها بالأوصاف الواردة من دول أعضاء أخرى فيها . وسوف تنشر "إيسا" تقريرا يلخص هذه المعلومات لكي ينتاح لكل من الدول الأعضاء وغير الأعضاء . وقد هيأت هذه المجتمعات التنسيقية الدولية أيضا فرصة سانحة لوكالة إيسا ، التي تمثل حاليا دولها الأعضاء في فريق التنسيد المشترك بين الوكلات بشأن الحطام ("إيادك" IADC) ، لتعيم المعلومات المتباينة إبان اجتماعات الفريق المذكور ؛ الذي عقد اجتماعه لعام ١٩٩٥ في هيوستون ، تكساس ، خلال شهر آذار/مارس ١٩٩٥ .

وعقد الاجتماع الثالث لفريق التنسيد بشأن الحطام المداري في المملكة المتحدة ، في جامعة ساوثهامبتون في همبشاير ، إنجلترا ، يوم الجمعة ٧ نيسان/أبريل ١٩٩٥ ، والتلى في هذا الاجتماع لفيف من المتحدثين من المركز البريطاني (BNSC) وجامعة ساوثهامبتون وجامعة لندن وجامعة كنت ورابطة بحوث الآلات العلمية "SIRA" ووكالة بحوث الدفاع وهيئة المهندسين المعماريين للنظم المتقدمة . وكان من بين المواضيع الرئيسية التي نوقشت : نبذة مخاطر الحطام على المدى القصير والمدى الطويل ، وكشف أجسام الحطام بالوسائل البصرية والرادارية القائمة على الأرض ، وقياس جزيئات الحطام الدقيقة من خلال تحليل سطوح الأجسام المستعادة ، والمبادرات الدولية ذات الصلة بالحطام الفضائي . وحظي هذا الاجتماع كذلك بحضور جيد وأتاح الفرصة لتعيم المزيد من المعلومات عن البرامج الدولية المضطلع بها على صعيدي وكالة الإيسا والفريق المشترك "إيادك" .

وأصدرت أفرقة البحث في المملكة المتحدة عددا من الأوراق التقنية خلال عام ١٩٩٥ . وتعد في الجزء الخاص بالمراجع من هذا التقرير قائمة بعض ورقات البحث المنشورة .

كما تواصل "يونيسبيس" ، وهي وحدة علوم الفضاء في جامعة كنت ، تصدر الجماعة

كما تواصل "يونيسبيس" ، وهي وحدة علوم الفضاء في جامعة كنتربرى ، تصدر الجماعة الأوروبية في تحليل سطوح المركبات الفضائية المستعادة من المدار . فان عودة الحامل الأوروبي المسترجع (يوريكا) وكذلك واحدة من مصفوفات ألواح الخلايا الشمسية من مقراب هابل الفضائي (HST)^(١) ، أثاحت المجال لفحص مساحة سطحية كبيرة من السطوح الخارجية المعرضة من أجل معاينة مواضع الارتطام عليها . ومن خلال تطبيق صيغة ارتطامية تجريبية ثبتت العلاقة بين الخصائص المادية التي تميز كلًا من الأجسام المرتقطة وسطح المركبات الفضائية ، وسرعة الجسم الارتطامي ومعدل حدوث الارتطام ، وبين السمات الارتطامية ، أمكن الاستدلال على بينة الحطام الدقيق التي صادفتها تلك السطوح ، وذلك بواسطة تعداد المخلفات الملاحظة في مواضع الارتطام وقياسها وتحليلها كيميائيًا^(٢) . وهذا سوف يمكن المهندسين من تقييم النماذج الحالية من تجمعات الحطام الفضائي والنيزكى ، وإثبات صحة التنبؤات بالأضرار التي تصيب مختلف عناصر النظم الفرعية . وإن مثل هذه التحليلات يتطلب أيضًا إجراء بعض اختبارات معايرة الارطامات بغية دراسة استجابة مواد المصفوفات الفريدة إلى الارتطام الفائق السرعة . وكانت أكبر مساحة معرضة من مصفوفات ألواح الشمسية في الحامل (يوريكا) ٩٦ م^٢ على السائل المستعاد . وسجلت صور بدرجات استبابة عالية ومنخفضة لمواضع الارطامات على المصفوفة التي بلغ مجموعها أكثر من ٣٠٠٠ موقع ارتطام (أكبر من حجم ٥٠ ميكرون) . وكان هناك ما يربو على ١٠٠٠ ارتطام يمكن رؤيتها بالعين المجردة على كل مصفوفة . أما التحليل المتعلق بمصفوفة مقراب هابل ، فقد ركز على مواضع الارطامات ذات السمات التي كانت أكبر من ١٢ م على مساحة المصفوفة البالغة ٢٠ م^٢ . وسجل ما مجموعه ٧٠٤ سمة ارتطام كبيرة . وفي كل حالة من الحالات ، قيست مواضع الارطامات ومعالم أحجامها وسماتها التشكيلية واتجاهاتها . ثم سجلت كل تلك الصور بالرموز الرقمية وخزنت على أقراص مدمجة متاح الحصول عليها عن طريق وكالة الإيسا ، من أجل القيام بالمزيد من الدراسات التحليلية . وكان دفق الحطام الدقيق الذي صادفه مقراب هابل^(٤) أكبر بقدر يتراوح بين ضعفين وثمانين ضعاف مما صادفه الحامل "يوريكا"^(٥) . وقد قيل ردًا على ذلك أن هذا يبين بوضوح التأثير الشديد الناجم عن الكثافة الجوية ، التي تتناقص أُسْتِيَاً بالنسبة إلى الارتفاع ، والتي تحدد عمر جسيمات الحطام في المدار . وقد تحققت الوحدة "يونيسبيس" من تلك المؤشرات أيضًا ، واستنتجت أنه لا بد من أن يكون هناك تجمعات من جسيمات الحطام في المدارات الإهليلجية العالية بالقرب من ارتفاعى المقراب "هابل" والحامل "يوريكا" ، أكبر مما تتنبأ به النماذج المعروفة ، مما يسوغ التدفقات الشديدة التي صودفت . وما يشير الاهتمام أيضًا أن الكثير من تلك النماذج يعتمد على تجمعات الحطام الكبيرة القابلة للرصد كأساس لتعريفها . كما استبيانات "يونيسبيس" وجود اختلافات متفردة في أحجام تجمعات الجسيمات واتجاهات ارطاماتها^(٧) ، مما يتبع المجال لاستبابة أجسام الحطام من صنع الإنسان ، من النيازك الطبيعية . وكذلك فإن تجربة خلية أسر الجسيمات خلال النطاق الزمني "TICCE" المركبة على منصة الحامل "يوريكا" ، أثاحت القدرة على أسر جسيمات غير منقوصة من الحطام الدقيق في مواد مثل الهلامة الهوائية "ايروجل"^(٨) . ثم أمكن دراسة التدفق الحطامي الذي صادفته التجربة^(٩) ، بتحليله كيميائيًا ، وساعدت معرفة اتجاه الارتطام على استبيانات تجمعات متفردة من

الحظام والنيازك . والعمل مستمر على المقارنة بين تدفقات الحظام التي صودفت وبين نماذج البيئة التصميمية مثل تلك التي وضعتها وكالة الفضاء الأوروبية "ESABASE" .

هذا ، وثمة قسمان جامعيان آخران ينشطان في الاضطلاع بالبحوث التعاونية مع أوساط الصناعة بغية تقدير مخاطر الاصطدام بالحظام على المدى القصير والمدى الطويل التي تتعرض لها المركبات الفضائية .

والمجموعة الأولى ، في جامعة ساوثهامبتون في همبشاير ، تعتمد على سمعتها بصفتها مركز تفوق ، في الاضطلاع بالدراسات في مجال علم الحركيات الفلكية ، بغية العثور على طرائق مستجدة وفعالة لتمييز خصائص مخاطر الاصطدام التي تتعرض لها النظم السائلية من جراء تحطم أجزاء الأجسام في الفضاء . وقد اهتم عدد من الدراسات بمسألة الخطورة التي تهدد الحمولة الفضائية من جراء تحطم مرکبة اطلاق^(١١) ، والخطورة التي تهدد مجموعة من السوائل من جراء تحطم واحد من العناصر المكونة للسوائل^(١٢) ، وكذلك الى المقارنة بين تقنيات التندجة في أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية كليهما معاً^(١٣) .

والمجموعة الدراسية الثانية توجد في جامعة لندن ، ومعهد كوين ماري ، وويستفילד . والتركيز في عملها ينصب على التنبؤ على المدى الطويل بتجمعات الحظام من خلال تطبيق تقنيات مونت كارلو للمحاكاة المباشرة تمثيلاً لنطورة البيئة الحظامية الفضائية . وكذلك بتطبيق تقنيات استحدثت لدراسة حركيات الاصطدام في نظم الغازات المتخلخلة ، استطاعت المجموعة أن تندمج حالات التحطّم الحادثة بسبب الاصطدام ضمن التجمع الحظامي . وسوف يستخدم النموذج للتحقق الكامل من ظاهرة التعاقب الاصطدامى^(١٤) .

وتعمل- المجموعتان على كشف ورصد أجسام الحظام من الأرض باستخدام المقرابات البصرية . وتعتمد رابطة بحوث الآلات العلمية "سيرا" على الخبرة المكتسبة من دعم وكالة "الإيسا" في اعداد دراسات جدوی سابقة اسهاماً في بدء تشغيل مقراب وكالة "الإيسا" قطره ١ م . وبموجب العقد ١٠٦٢٣/٩٣/دار مع "الإيسا" ، قدمت رابطة بحوث الآلات العلمية "سيرا" المشورة والارشاد إلى التعاقد الرئيسي ، وهو المعهد الفلكي في جامعة بيرن ، في سويسرا ، بشأن مجموعة الاجراءات الحسابية (الخوارزمية) الخاصة بكشف وتحليل الحظام باستخدام مصفوفات من الأجهزة المترافقنة بواسطة الشحنات . وأسهمت المجموعة الدراسية الثانية ، وهي مرصد غرينتش الملكي ، في اعداد ورقات بحوث عن الجدوی العملية والدقة في طرائق كشف الأجسام في المدار الفضائي باستخدام المقربات البصرية^(١٥) . وبينت هاتان الدراسات بوضوح أن هناك مؤشرات انتقائية خطيرة الشأن يقل بسببيها احتمال كشف الأجسام في المدارات الإهليلجية عن احتمال كشفها في المدارات الدائرية .

وأما وكالة بحوث الدفاع في فارنيبورو ، فتقدم مجالا للتركيز التقني لكل المجموعات الدراسية في المملكة المتحدة ، كما تقوم بدعم المركز الوطني البريطاني للفضاء في اطار لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية (يونكوبوس) . وكانت هي أول مجموعة سلطت الأضواء على المشاكل المحتملة المرتبطة بتوزيع التشكيلات المعمارية الفضائية ، مثل المجموعات السائلية على ارتفاعات متفردة . وقد صدرت دراسة مشتركة⁽¹¹⁾ مع جامعة ساو�هامبتون ، خلصت الى انه فيما يخص أحجام المجموعات الكبيرة المتباينة بها خلال نهاية هذا القرن ، هناك محاطر محددة خطيرة الشأن تتعرض لها نظم الكواكب وما يجاورها من البعثات الفضائية القريبة منها ، مردتها الى الارتطامات الحطامية . ويجري توسيع نطاق هذه الدراسة لكي تضع في الاعتبار المؤثرات (التعاقبة) من المرتبة الثانية في رزمة برامجيات متكاملة تسمى : مجموعة البرامجيات المتكاملة لتطور الحطام ("إيس" IDES) . ويمكن أن تستخدم هذه المجموعة أيضا للاضطلاع بدراسات عن فاعالية تدابير التخفيف من آثار الحطام .

وهذه الدراسات كلها تبين بوضوح أن المملكة المتحدة من hemisphere في الاضطلاع ، وفي حالات كثيرة لديها قدرة فريدة على القيام ، بسلسلة واسعة التنوع من الأنشطة الهادفة الى تعريف البيئة المدارية ، وتقدير الأخطار التي تتعرض لها البعثات الفضائية ، وصياغة سياسات عامة ترمي الى تخفيف حدة مشكلة الحطام الفضائي المتباينة .

المنظمة (المنظمات)	النشاط	الهدف التقني
جامعة كنت	تحليل سطوح الأجسام المستعادة	تعريف البيئة
رابطة "سيرا" ، مرصد غرينتش الملكي	الاتجاه البصري	تعريف البيئة
وكالة بحوث الدفاع ، جامعة لندن	نمذجة التجمعات	تعريف البيئة
جامعة ساو�هامبتون	النمذجة على المدى القصير	تقدير الأخطار
وكالة بحوث الدفاع	النمذجة على المدى الطويل	تقدير الأخطار
وكالة بحوث الدفاع	التقييم	تحفييف الآثار/السياسة العامة

الحواشي

- G. Drolshagen, J.A.M. McDonnell, T. Stevenson, R. Aceti and L. Gerlach, "Post-flight measurements of meteoroid/debris impact features on Eureca and the Hubble Solar Array", *Adv. Space Res.*, Vol. 16, No. 11, pp. 85-89, 1995. (1)
- W. G. Tanner Jr., J.A.M. McDonnell, H. Yano, H. J. Fitzgerald and D. J. Gardner, "Meteoroids and space debris hypervelocity impact penetrations in LDEF MAP foils compared with hydrocode simulations", submitted to *Adv. Space Res.* 95. (2)
- J.A.M. McDonnell, G. Drolshagen, D. J. Gardner, R. Aceti and I. Collier, "EuReCa's exposure in the near-Earth space environment: hypervelocity impact cratering at a time of space debris growth", *Adv. Space Res.*, Vol. 16, No. 11, pp. 73-83, 1995. (3)
- G. Drolshagen, W. C. Carey, J.A.M. McDonnell, T. Stevenson and J-C. Mandeville, "Impact damage to a solar array caused by debris and meteoroids", *Preparing for the Future*, Vol. 5, No. 2, ESA publication, June 1995. (4)
- R. Aceti, G. Drolshagen and J.A.M. McDonnell, "Micrometeoroids and space debris: the EuReCa post-flight analysis", *ESA Bulletin*, No. 80, pp. 21-26, November 1994. (5)
- J.A.M. McDonnell, P. R. Ratcliff and I. Collier, "Atmospheric drag modelling for orbital micro-debris at LEO altitudes", *Adv. Space Res.*, Vol. 17, No. 12, pp. 183-188, 1996. (6)
- J.A.M. McDonnell, "Eureca's hypervelocity impact score: microcrater flux decreases but the large crater flux increases in specific directions", Lunar and Planetary Science Conference, 1994, Abstracts Volume, p. 867. (7)
- H. Yano, I. Collier, N. Shrine and J.A.M. McDonnell, "Microscopic and chemical analyses of major impact sites on timeband capture cell experiment of the Eureca spacecraft", submitted to *Adv. Space Res.* 95. (8)
- M. J. Burchell and R. Thomson, "Intact hypervelocity particle capture in aerogel in the laboratory", presented at American Physical Society Topical Conference on Shock Compression of Condensed Matter, Seattle, August 1995. (9)
- D. J. Gardner, I. Collier, N.R.G. Shrine, A. D. Griffiths and J.A.M. McDonnell, "Micro-particle impact flux on the timeband capture cell experiment of the EuReCa spacecraft", *Adv. Space Res.*, Vol. 17, No. 12, pp. 193-199, 1996. (10)
- S. P. Barrows, G. G. Swinerd and R. Crowther, "Debris-cloud collision risk analysis: polar platform case study", *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol. 33, No. 5, 1996. (11)
- S. P. Barrows, G. G. Swinerd and R. Crowther, "The cascade fragmentation of a satellite constellation". *Adv. Space Res.*, Vol. 16, No. 11, pp. 119-122. (12)
- S. P. Barrows, G. G. Swinerd and R. Crowther, "Cloud debris-collision risk analysis", *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol. 32, No. 5, 1995. (13)
- L. Wang, J.P.W. Stark and R. Crowther, "Direct Monte-Carlo simulation of collision frequency of orbital debris", IAA paper, IAA-95-IAA.6.4.02, 46th Astronautical Congress, Oslo. (14)
- R. Crowther, R. Walker, J.S.B. Dick, S. F. Green and J. Marchant, "Detectability of satellite fragmentations in highly eccentric orbits", *Adv. Space Res.*, Vol. 16, No. 11, pp. 123-126. (15)
- R. Crowther, P. H. Stokes, R. Walker, S. P. Barrows and G. G. Swinerd, "Characterisation of the potential impact of space systems on the orbital debris environment: satellite constellations", paper presented at Aerosense, Florida, April 1995. (16)