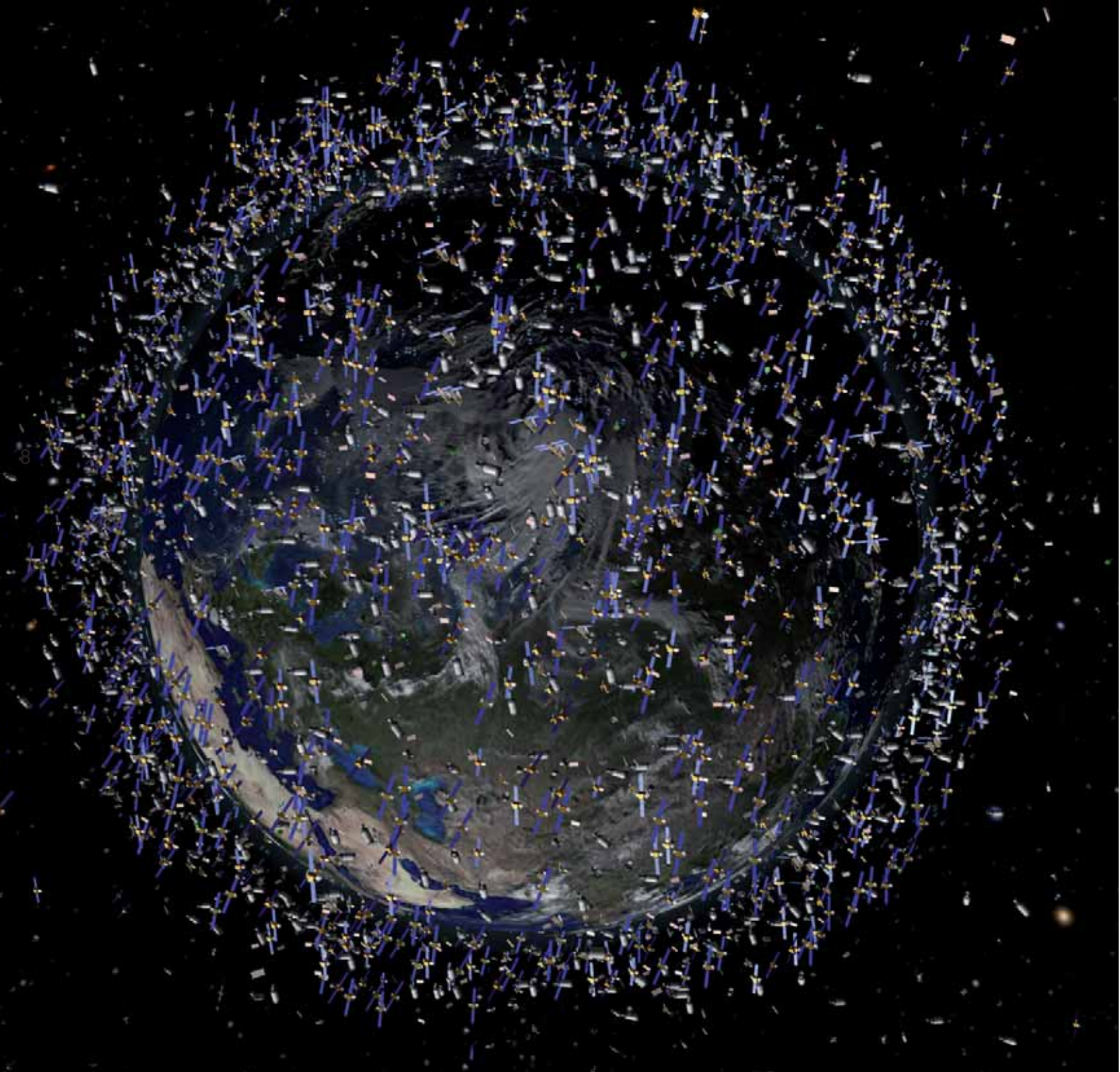


# Débris spatiaux : *où en est-on?*

Jean-François Mayence



Objets en orbite terrestre basse (LEO) — Vue sur le pôle Nord  
© ESA

La réputation de nos amis suisses en matière de propreté et de protection de l'environnement n'est décidément pas surfaite : les voilà qui s'attaquent aujourd'hui à l'épineux problème du nettoyage des orbites terrestres. Avec *CleanSpaceOne*<sup>1</sup>, un satellite de la taille d'une corbeille à papier (30 x 10 x 10 cm) développé par l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, les ingénieurs helvètes espèrent pouvoir capturer les débris pour les ramener dans l'atmosphère.

Pour bien comprendre la problématique des débris spatiaux, un petit retour en arrière s'impose. Dès le début des années 1980, la NASA commence à se préoccuper du nombre important de satellites hors service, de morceaux ou de pièces d'engins spatiaux qui flottent en orbite. La vitesse relative de ces débris est telle que même les plus petits d'entre eux sont susceptibles de provoquer des dommages importants aux systèmes en exploitation et de représenter un danger pour les missions habitées. La situation est aggravée chaque jour par le développement exponentiel des activités spatiales des grandes nations et l'arrivée de nouveaux acteurs en orbite, publics ou privés.

La mise en place de politiques de limitation des débris spatiaux s'est faite progressivement, sur base volontaire et unilatérale. Les puissances spatiales imposeront progressivement des normes et des standards techniques encadrant la conception et l'opération des systèmes satellitaires par le biais des contrats industriels, puis, petit à petit, par le biais de législations et de réglementations. Le développement des lois spatiales nationales reste aujourd'hui la seule garantie de voir les normes de limitation et de réduction des débris spatiaux mises en œuvre dans l'ensemble du secteur spatial international.

Une approche multilatérale de la question des débris spatiaux a néanmoins été proposée à travers l'IADC (le Comité inter-agences sur les débris spatiaux). Celui-ci regroupe les principales agences spatiales dans le monde. Il a élaboré un ensemble de normes qui constituent des lignes directrices techniques visant la limitation et la réduction des débris. En 2007, le Comité des Nations Unies pour les Utilisations pacifiques de l'Espace extra-atmosphérique (UNCOPUOS) a entériné ces lignes directrices. Toutefois, certains éléments comme la désorbitation d'un satellite au terme de 25 années après son lancement, tel que préconisé par l'IADC, n'a pas été repris comme tel par l'UNCOPUOS.

En Europe, l'Agence spatiale européenne a intégré dans ses programmes des standards au moins aussi stricts que ceux recommandés par l'IADC. L'adoption d'un code de conduite de l'ESA applicable à ses propres activités ne s'est pourtant pas fait sans difficulté : il a fallu apprécier l'impact de telles mesures sur les coûts industriels et sur les budgets des programmes. Car c'est bien là le cœur du problème : les effets économiques de l'encombrement des orbites et des dommages causés par les débris tardent à se faire sentir de manière substantielle pour l'utilisateur final. Quelle part de notre facture de téléphonie longue distance, de notre connexion internet ou de notre service GNSS (pour la plus grande part gratuit) reflète le risque de collision, de destruction, de malfonction ou d'usure des satellites ? Sans cette réponse, la question des débris spatiaux demeure abstraite pour le grand public. La volonté politique d'adopter des règles internationales liantes pour les Etats fait défaut. Sociologiquement, l'Espace ne fait pas partie de notre environnement<sup>2</sup>. Nous ne lui accordons pas (encore) la même attention qu'aux ressources naturelles qui sont à notre portée quotidienne (eau, air, énergie). Pourtant, le coût du risque causé par les débris spatiaux est en constante augmentation et celui des mesures de remédiation tend à se stabiliser avec le progrès technique. Un moment viendra où, pour chaque opérateur, il coûtera moins cher d'agir que de ne rien faire. Et agir implique de s'inscrire dans un effort commun et global. Si certains Etats refusent de jouer le jeu, le risque est réel de voir apparaître, comme c'est le cas dans d'autres domaines industriels, des ruptures de compétitivité et un phénomène de pavillon de complaisance tel qu'on le connaît en transport maritime.



Cette image montre les résultats d'un test d'impact en laboratoire entre une petite bille d'aluminium se déplaçant à environ 6,80 km/seconde et un bloc d'aluminium de 18 cm d'épaisseur. Ce test simule ce qu'il peut arriver lorsqu'un débris de petite dimension heurte un engin spatial (diamètre de la bille d'aluminium : 1,20 cm, masse : environ 1,70 g – diamètre du cratère d'impact : 9 cm – profondeur du cratère d'impact : 5,30 cm). Lors d'une telle collision, il peut arriver que la pression et la température dépassent les pressions et températures observées au centre de la terre (plus de 365 GPa et plus de 6000 K, par ex.). © ESA

1. Voyez <http://space.epfl.ch>

2. On pourrait parler de "para-environnement", voyez : J.F. Mayence, *Article IX of the Outer Space Treaty and the Concept of Planetary Protection : Toward a Space Environment ?*, in 5th Galloway Symposium (2010).

<http://www.spacelaw.olemiss.edu/events/pdfs/2010/galloway-mayence-paper.pdf>

## Un nuage sidéral

Aujourd'hui, la lutte contre les débris spatiaux s'organise en différents volets.

La limitation de la création de nouveaux débris se concentre sur les standards de conception et de construction des satellites. Les paramètres des missions sont également étudiés afin de permettre la rentrée dans l'atmosphère (et donc la destruction) ou la mise en "orbite-cimetière" des satellites en fin de vie.

Certains satellites opérationnels peuvent présenter un risque identique à celui d'un débris : c'est le cas des satellites victimes de défaillance technique (avec l'exemple de Galaxy 15 parti à la dérive en 2010) ou des satellites non-manœuvrables. Une fois lancés, ces (petits) satellites évoluent en orbite selon les lois de la physique. En cas de risque de collision, il ne faut pas compter sur eux pour faire un détour ! Or, il n'existe pas de "code de la route" en orbite, pas de priorité de droite ou de possibilité de freinage d'urgence. La seule parade à la collision consiste à suivre en permanence la course de quelques-uns de ces engins et d'anticiper les rencontres destructrices avec d'autres objets en opérant des manœuvres d'évitement avec les satellites qui le peuvent. Aux Etats-Unis, cette mission a été confiée au *Air Force Satellite Control Network*. La Russie dispose également d'une capacité de suivi de certains objets. L'Europe, à travers son programme *Space Situational Awareness* mené en coopération par l'ESA et l'Union européenne, entend développer une capacité propre et complémentaire. Les opérateurs du secteur privé développent également leurs propres moyens en mettant en commun les données utiles relatives à leurs systèmes spatiaux<sup>3</sup>.

Aujourd'hui, le catalogue des objets orbitaux surveillés représente quelque 16.300 items. Certains de ces objets ne font guère plus de 5 cm de diamètre. Les estimations sur la population d'objets en orbite sont impressionnantes.

taille	nombre
> 10 cm	29.000
> 5 cm	60.000
> 1 cm	700.000
> 1mm	200 millions
> 0,1 mm	n x 10 <sup>12</sup>

Si les collisions les plus destructrices impliquent logiquement les objets les plus gros, les micro-objets font également du dégât par le nombre considérable d'impacts qu'ils causent durant la vie en orbite du satellite. Et ils sont bien évidemment plus difficiles à surveiller...

## Nettoyage des orbites

Le projet suisse s'inscrit dans le second volet de la lutte contre les débris spatiaux : l'évacuation des débris (*Active Debris Removal*). L'idée n'est pas nouvelle d'éliminer les plus gros débris en allant les capturer pour les emmener sur une "orbite-cimetière" ou pour les ramener dans l'atmosphère.

En réalité, si cette solution ne pose plus réellement de problème technique, elle se heurte encore à des questions juridiques et sécuritaires. Comment garantir que seuls les débris concernés seront bien la cible de l'engin "nettoyeur", de cet aspirateur de l'Espace ? Comment protéger des systèmes stratégiques, militaires ou civils contre de tels engins actionnés par des puissances rivales ? Il semble clair aujourd'hui que toute solution d'évacuation des débris doit reposer sur une base volontaire, c'est-à-dire ne puisse être en œuvre qu'avec l'autorisation de l'exploitant et de l'Etat responsable.

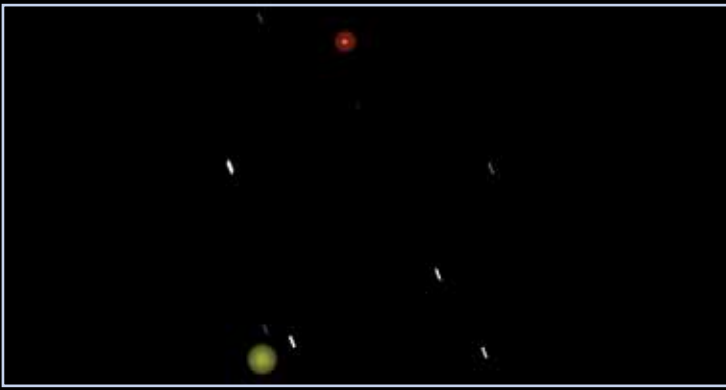
Une autre piste de réflexion consiste à doter les petits satellites de moyens de propulsion afin d'assurer leur désorbitation en temps utile. Cette solution, si elle est techniquement faisable, doit également être économiquement réaliste : les coûts supplémentaires liés au développement, la construction, le lancement et l'opération de ces satellites ne doivent pas devenir prohibitifs sous peine de décourager un grand nombre de projets menés par des instituts, des universités ou des PME. Il faut trouver un juste équilibre entre la protection de l'environnement orbital et le développement du secteur spatial

### La maintenance en orbite

Le troisième volet de la politique anti-débris consiste dans les services de maintenance et d'entretien en orbite (*In-Orbit Servicing*). Il s'agit de réparer ou de réapprovisionner en orbite les satellites opérationnels afin de prolonger leur exploitation. Ceci pourrait se faire en utilisant un engin spécialement conçu pour les ravitailler en carburant ou, le cas échéant, à l'occasion d'une mission habitée. Il n'est toutefois pas sûr que le coût de telles missions se justifie eu égard à celui d'un nouveau satellite. Une mission devrait vraisemblablement profiter à plusieurs satellites pour être rentable.

Le *Geostationary Orbit Impact Detector* (GORID), financé par l'ESA, a été placé en orbite GEO à bord du satellite russe Ekspress-2 en 1996. © ESA.





Deux objets géostationnaires (indiqués en jaune et en rouge) détectés par le Space Debris Telescope de l'ESA. Les étoiles apparaissent sous forme de rayures. © ESA.

### Prospective

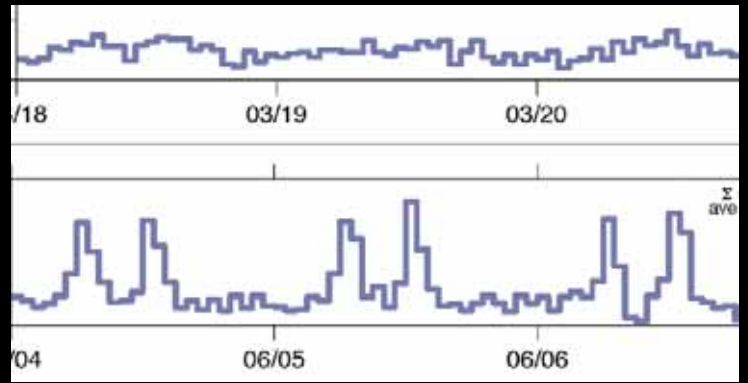
Quelles que soient les solutions retenues, elles auront un impact sur la conception des missions futures, tant afin de prévenir la création de nouveaux débris qu'afin de permettre leur éventuelle maintenance ou évacuation en orbite.

D'un point de vue juridique, si la liberté d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique est consacrée par le Traité des Nations Unies de 1967 sur l'Espace, elle ne l'est qu'au bénéfice des Etats et non de leurs citoyens. Le même traité impose d'ailleurs aux gouvernements d'autoriser et de surveiller de manière continue les activités spatiales de leurs entreprises privées. Il appartient donc aux Etats d'encadrer et de conditionner les activités d'exploitation de systèmes spatiaux. C'est l'une des finalités des législations spatiales, comme la loi belge du 17 septembre 2005<sup>4</sup> sur les opérations spatiales.

En outre, le texte du Traité de 1967 ne dit rien quant à l'accès à l'Espace. A première vue, on peut logiquement déduire de la liberté d'explorer et d'utiliser l'espace extra-atmosphérique la liberté d'y avoir accès. Pourtant, la nuance a son importance<sup>5</sup>, en particulier si l'on souhaite limiter le nombre de satellites lancés chaque année.



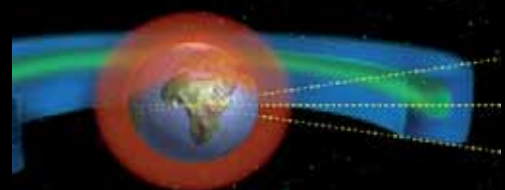
Six pour cent seulement de la population en orbite cataloguée est constituée d'engins spatiaux opérationnels, alors que 38 pour cent est attribuable à des satellites mis hors service, à des étages supérieurs usagés, ainsi qu'à des objets liés aux missions. © ESA.



Taux de détection horaire des débris spatiaux sur le site du radar EISCAT Svalbard avant (au-dessus) et après (en-dessous) un test antisatellite conduit par la Chine au début de l'année 2007. © ESA.

L'idéal serait d'organiser un partage des ressources et des capacités en orbite, à l'instar de l'orbite géostationnaire. L'encombrement et la pollution actuels se concentrent sur les orbites de 500 à 900 km. La probabilité de collisions en chaînes (phénomène connu sous le nom de Syndrome de Kessler) dans les prochaines années touche tout particulièrement les systèmes évoluant à 800 km d'altitude et au-delà. Et ils sont nombreux sur ces orbites. Ce partage des ressources pourrait prendre plusieurs formes :

- un accès aux données satellitaires plus ouvert et simplifié,
- un partage de structures porteuses ("bus") pour accueillir plusieurs charges utiles ou instruments,
- une alternance dans l'accès aux niches orbitales ou aux fréquences utilisées,
- une meilleure internationalisation des projets.



Concept de régions protégées développé par l'IADC :

- LEO : de la surface terrestre à 2 000 km
- GEO : entre 34 786 et 36 786 km au-dessus de la surface terrestre (latitude équateur  $\pm 15^\circ$ ). © CNES.

4. Voyez [http://www.belspo.be/belspo/space/beLaw\\_fr.stm](http://www.belspo.be/belspo/space/beLaw_fr.stm)

5. Cette nuance est illustrée par la récente affaire du lancement, par la Corée du Nord, d'un satellite d'observation. Indépendamment du fait de savoir si les intentions de Pyongyang sont ou non légitimes, la Résolution du Conseil de Sécurité des Nations Unies, à laquelle font référence les Etats-Unis et une bonne partie de la communauté internationale pour condamner l'attitude nord-coréenne, prohibe l'utilisation de toute technologie de missile balistique à des fins de lancement, ce qui revient *de facto* à interdire tout lancement puisque lanceurs spatiaux et missiles partagent la même technologie. Dans ce cas, c'est bien l'accès à l'Espace qui est dénié à la Corée du Nord.

Les systèmes SSA détecteront les risques susceptibles de toucher l'infrastructure spatiale critique.  
© ESA - P. Carrill

12

## La carotte et le bâton

Aujourd'hui, sommes-nous dénués de tout recours juridique en cas de dommage causé par un débris spatial ? La réponse est négative, mais il faut la nuancer. Il existe plusieurs formes de responsabilités qui permettent d'obtenir la réparation du dommage, même si elles sont difficiles à mettre en œuvre.

Une piste de réflexion proposée par la Belgique lors de la dernière session du Sous-Comité juridique de l'UNCOPUOS consiste à revoir fondamentalement la responsabilité des États pour le dommage causé dans l'Espace, par un satellite ou par des débris. La responsabilité pour faute, qui n'a, à ce jour, jamais abouti à la condamnation d'un État, devrait être abandonnée au profit d'une renonciation mutuelle (telle qu'on la pratique habituellement dans le cadre des coopérations spatiales<sup>6</sup>) pour autant que l'État impliqué se conforme aux normes et standards internationaux en matière de réduction des débris spatiaux. Dans le cas contraire, l'État serait tenu de manière absolue du dommage causé par son satellite.



6. Voyez par exemple l'Accord intergouvernemental relatif à la Station spatiale internationale.

## En conclusion...

La problématique des débris spatiaux est au cœur de thématiques d'actualité telles que la sécurité dans l'Espace ou l'appréhension de la situation spatiale (*Space Situational Awareness*). Ces thématiques sont d'ailleurs au menu d'organisations internationales très diverses (ONU, Organisation météorologique mondiale, OTAN). Rien qu'en Europe, elles occupent à des degrés divers l'ESA, l'Agence européenne de Défense, le Centre satellitaire européen, le Centre de recherche commun de l'Union européenne, la Commission et le Service européen d'Action extérieure.

Au sein de l'UNCOPUOS, un groupe de travail *ad hoc* a été mis en place afin de formuler des recommandations permettant de garantir la viabilité à long terme des activités spatiales, ce qui suppose au premier chef de résoudre la question des débris spatiaux. Dès l'année prochaine, le Sous-Comité juridique va également pouvoir évoquer les aspects de la question qui ressortissent à ses compétences.

L'urgence est là : on ne nous demande déjà plus de songer aux générations futures. C'est notre société spatiale à court terme qui est en jeu. □

## L'auteur

Jean-François Mayence est responsable de la Cellule juridique "Relations internationales" de la Politique scientifique fédérale.