



Pollution spatiale en orbite basse : quelles solutions ?

L'espace est aujourd'hui encombré de débris concentrés principalement en orbite basse (moins de 2 000 km d'altitude) et en orbite géostationnaire (35 786 km d'altitude). Selon le syndrome de Kessler, même en arrêtant les lancements d'engins spatiaux, les débris sont si nombreux que leurs collisions avec les autres objets en orbite entretiennent cette population.

Une situation qui se dégrade avec la miniaturisation des satellites

Majoritairement concentrés en orbite basse, ces débris sont générés par des collisions, des fragmentations ainsi que des dysfonctionnements. En 2013, l'Agence Spatiale Européenne (ASE) en compte environ 23 000 de plus de 10 cm, 700 000 de plus de 1 cm et 135 millions de plus de 1 mm.

Avec une vitesse orbitale comprise entre 29 000 et 36 000 km/h, les petits débris même les plus petits occasionnent des dégâts considérables sur les satellites en fonction. Face au risque de collision, ces derniers peuvent effectuer des manœuvres d'évitement. Ce faisant, les satellites épuisent prématurément leurs réserves de carburant et réduisent leur durée de vie.

La pollution orbitale augmente avec les programmes de constellations de plusieurs centaines de satellites de télécommunication et avec la multiplication de nanosatellites (moins de 10 kg) dont plus de cent ont été envoyés en 2013. À cela s'ajoute le engouement récent pour les Femtosatellites, de moins de cents grammes et de la taille d'un circuit imprimé, avec par exemple le lancement début 2014 de 250 *Spirites* lors de la mission *KickSat*. En plus des problèmes de détection posés par leur taille et masse, ils ne sont pas équipés de systèmes de propulsion qui permettent de changer d'orbite.

Identifier et comprendre la pollution spatiale : un enjeu international ...

Dans ce contexte, la détection et l'analyse constituent une nécessité. Les initiatives sont nationales comme le système radar *Graves* exploité par le Centre opérationnel de surveillance militaire des objets spatiaux, qui permet de cataloguer les éléments orbitaux. Elles donnent également lieu à des partenariats internationaux tels que la signature d'un contrat de quatre millions d'euros fin 2012, pour la coopération entre l'Onera et cinq industriels français, espagnols et suisses dans la conception d'un radar de surveillance.

Les études en orbite se précisent également avec l'entrée en service sur l'ISS en octobre 2016 du capteur sensoriel d'impact *Debris Resistive Acoustic Grid Orbital Navy-NASA Sensor* qui vise à analyser les débris mesurant jusqu'à moins d'un millimètre. La finalité du programme est ainsi de modéliser l'environnement des débris et d'approfondir les connaissances dans le domaine pour adapter les futures missions spatiales.

L'une des autres préoccupations des chercheurs est la compréhension des anomalies, qui sont à l'origine de presque la moitié des objets recensés par l'*US Space Surveillance Network* en 2013. En février 2015 par exemple, le satellite *USA-109* de *Defense Meteorological Satellite Program* s'étant rompu de façon inexplicable, 67 nouveaux débris sont venus s'ajouter à la pollution spatiale.

... dont les solutions s'appuient sur les nouvelles technologies

La compréhension de la nature des débris spatiaux doit orienter les adaptations technologiques qui se concentrent principalement sur la construction des satellites. Le *Surrey Space Centre* et l'ASE ont développé conjointement le *gossamer sail* qui équipera les satellites d'ici 2016. Ce dispositif ultra-léger permet de les désorbiter plus rapidement.

Au-delà d'une limitation de la pollution, ces innovations visent aussi à nettoyer l'espace. Développé par l'*Institut Riken* à Tokyo depuis 2014, un canon laser de 10 000 fibres optiques pourrait détruire les débris jusqu'à une centaine de kilomètres.

Plus ambitieux, le projet *Adras 1* de la société singapourienne *Astrocale Pte Ltd* se compose d'un microsatellite de 80 kg, *Mother*, véhiculant un petit chasseur de 20 kg, *Boy*. Muni d'un plateau couvert d'adhésif, celui-ci doit s'amarrer à des débris importants puis se désorbiter avec eux vers l'atmosphère grâce à ses 37 petits moteurs à propergol solide.

Face à une situation critique, des solutions innovantes sont développées pour prévenir la pollution spatiale et pour détruire les débris actuellement en orbite. La prise de conscience de l'engorgement spatial se traduit également par des projets voués à réparer et à recycler les pièces des satellites qui ne sont plus fonctionnels, telles que le Phoenix spacecraft project de la Defense Advances Research Projects Agency's.