

GABRIEL PANKOW

Des lasers plutôt qu'une mesure de secours : « Nous avons trouvé la solution aux débris spatiaux »

L'orbite est encombrée de débris spatiaux. Il est urgent de trouver une solution, afin d'éviter les collisions avec des satellites et des stations spatiales à l'avenir. Wolfgang Riede souhaite résoudre ce problème à l'aide de lasers. En principe, c'est assez simple.

Monsieur Riede, quelle est l'ampleur du problème en orbite ?

Riede : Actuellement, sa taille est comparable à celle d'une tour Eiffel et demie. Une telle quantité de débris non manœuvrables gravite en permanente autour de la Terre, soit environ 13 000 tonnes. Etant donné que l'orbite se remplit de plus en plus et de plus en plus vite d'infrastructures satellitaires, nous prévoyons que la masse totale de débris et de satellites doublera, voire triplera d'ici 2030, donc en cinq ans seulement !

Qu'est-ce que les débris spatiaux exactement ?

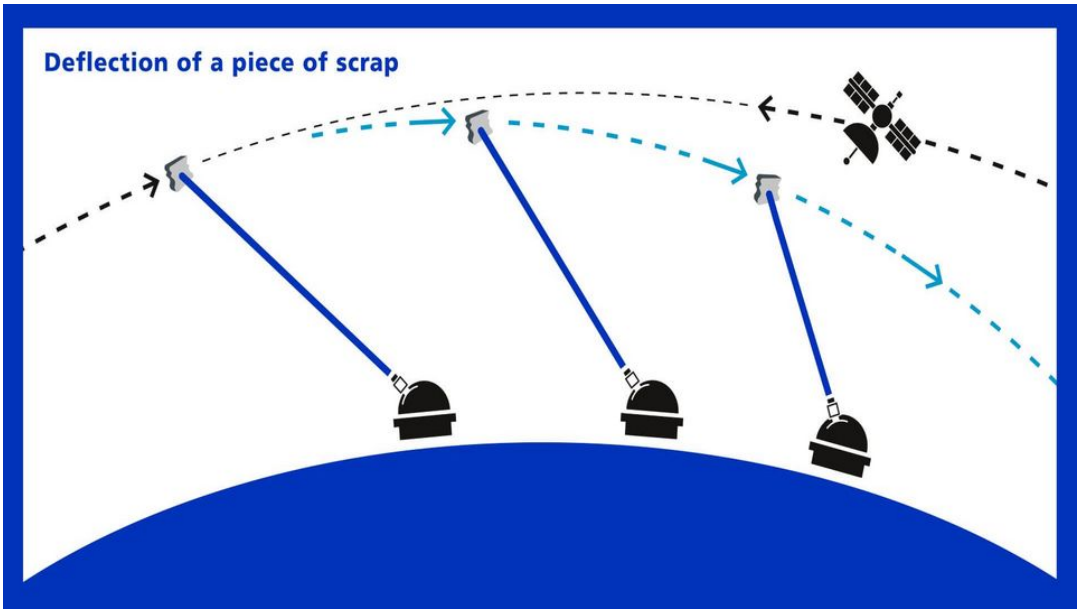
Riede : Cela va de la taille d'un grain de sable à des objets vraiment volumineux. Initialement, ils se composent d'une cinquantaine de gros objets, tels que des étages de fusées largués, issus des 68 années d'histoire de l'astronautique. On peut citer l'exemple de l'immense satellite d'observation de la Terre Envisat, de l'Agence spatiale européenne (ESA), qui a tout simplement cessé de fonctionner en 2012, pour des raisons inexpliquées. Il y a ensuite de nombreux petits satellites hors d'usage, sans compter environ 40 000 petites pièces de plus de dix centimètres que nous pouvons suivre depuis la Terre. A cela s'ajoutent des millions et des millions de plus petites pièces, dont nous ignorons pour la plupart l'emplacement.

L'explication concernant les étages de fusée et les satellites hors d'usage semble logique. Mais d'où viennent tous ces petits débris ?

Riede : Les causes incluent aussi bien des collisions incontrôlées que contrôlées : beaucoup proviennent de ce qu'on appelle des essais antisatellites. Durant la Guerre froide, les Américains et les Soviétiques voulaient se prouver mutuellement qu'ils pouvaient abattre des satellites avec des missiles. Cela se produit encore aujourd'hui. En 2007, la Chine a abattu l'un de ses satellites et en 2021, la Russie en a fait de même. Les deux explosions ont laissé derrière elles d'énormes nuages de débris en orbite.

Mais bon, il y a beaucoup de place là-haut...

Riede : De la place, oui. Mais les pièces sont en mouvement et circulent autour de la Terre à une vitesse pouvant atteindre 28 000 kilomètres par heure. Pour vous donner une idée : cela représente près de huit kilomètres par seconde ! Chaque pièce évolue selon sa propre trajectoire. Elles ne volent pas de manière synchrone côte à côte, comme ce que l'on observe avec les anneaux de Saturne, mais plutôt dans un désordre chaotique. De plus, les pièces sont en rotation et modifient donc constamment légèrement leur trajectoire. C'est ainsi que la Station spatiale internationale (ISS) ou l'un des nombreux satellites opérationnels se retrouve sur une trajectoire de collision avec un débris. Si ils entrent en collision, une immense quantité d'énergie sera libérée, que nous pouvons difficilement reproduire sur Terre. Les ingénieurs laser pourront partir de ces valeurs : une particule d'un millimètre de diamètre (minuscule donc) développe une énergie de 70 joules par millimètre carré, lors d'une collision en orbite : c'est énorme ! En résumé : les satellites touchés seront transpercés ou complètement détruits. Les pertes se chiffreront en millions et millions d'euros et les infrastructures que nous utilisons sur Terre se trouveront endommagées. Voilà le problème.



SCÉNARIO : Un débris en orbite entre sur une trajectoire de collision avec un satellite et menace de l'endommager ou de le détruire. Depuis la Terre, dix stations au sol, reliées en série, irradient le débris et dévient sa trajectoire, préservant ainsi le satellite.

Ouf, et que peut-on y faire ?

Riede : Deux possibilités : si l'on anticipe une collision, le satellite doit l'éviter. La Station spatiale internationale (ISS) le fait presque constamment. Elle est cependant ravitaillée en carburant, ce qui n'est pas le cas des satellites. Les satellites disposent d'un nombre limité de manœuvres d'évitement et chacune d'elles se fait au détriment de la durée de vie totale, ce qui coûte donc très cher. Deuxièmement, il existe des missions spatiales de nettoyage régulières, au cours desquelles des débris de taille moyenne sont saisis par un bras robotique et, pour ainsi dire, projetés vers le bas dans l'atmosphère, afin qu'ils s'y consument. Cela coûte cher et n'est même pas envisageable pour la plupart des débris. Comme vous pouvez le constater : ces deux méthodes ne sont que des mesures de secours. Ce dont nous avons besoin, c'est d'une vraie solution !

Et vous avez trouvé la solution idéale ?

Riede : Je le pense, oui. La technologie Laser Momentum Transfer, que l'on nomme affectueusement le système de poussée laser. Notre équipe du Centre aérospatial allemand (DLR) a développé un concept expliquant comment cela fonctionne. Le principe est très facile à comprendre : les photons de la lumière laser exercent une pression, appelée pression lumineuse. Celle-ci est faible, mais dans le cas d'un débris lancé à toute vitesse en orbite, cela peut faire toute la différence. Si l'on frappe le débris de face avec un laser à grande puissance, on le ralentit. Si on le frappe de derrière, on le pousse vers l'avant. L'intérêt est le suivant : s'il ralentit, il descend. S'il accélère, il monte. Nous pouvons donc facilement l'écarter de la trajectoire de collision, et ce depuis la Terre.

Il y a forcément un piège !

Riede : Nous n'avons pas besoin que d'une seule station laser, il nous en faut dix. Elle doivent être réparties dans le monde entier.

Pour quelle raison ?

Riede : La pression lumineuse est tout simplement faible. Nous ne pouvons modifier la vitesse des débris que de dix micromètres par seconde. Cela signifie que nous devons persévérer pendant longtemps pour obtenir un effet. Imaginez que l'objet ciblé apparaisse à l'horizon. A une vitesse de survol de huit kilomètres par seconde, nous avons environ dix minutes de contact visuel avant qu'il ne disparaisse à nouveau de l'autre côté. Nous ne pouvons cependant pas l'irradier dès qu'il apparaît à l'horizon, car l'angle est alors faible et le faisceau traverserait un très grand espace aérien. Or nous ne pouvons utiliser que l'espace aérien fermé au trafic civil, ce qui se limite à un certain rayon autour de la station au sol. Nous attendons donc que l'objet ciblé se rapproche. Il faut alors frapper l'objet soit de face, soit de derrière, car nous voulons soit le ralentir, soit le pousser vers l'avant. Ainsi, la fenêtre de temps est à nouveau divisée par deux et nous obtenons une durée de contact de seulement deux à trois minutes. Ce n'est pas suffisant pour constituer une véritable déviation. Cette procédure ne fonctionne que si dix stations au sol sont connectées en série et qu'elles irradient l'objet au cours des dix survols. C'est un escadron de lasers, en quelque sorte.

» **Si tout se déroule parfaitement, nous fournirons une preuve de fonctionnalité dans cinq ans.**

Wolfgang Riede, physicien spécialiste des lasers et directeur du département des systèmes optiques actifs à l'Institut de physique technique du Centre aérospatial allemand (DLR) de Stuttgart.

Je comprends. Mais comment comptez-vous atteindre ce petit objet en orbite ?

Riede : Ça n'est pas un problème. Dans le domaine spatial, nous travaillons depuis très longtemps sur de telles distances avec des procédés laser extrêmement précis. Ne serait-ce que pour détecter de tels débris, par exemple. C'est autre chose qui est plus délicat.

Qu'est-ce qui pose encore problème ?

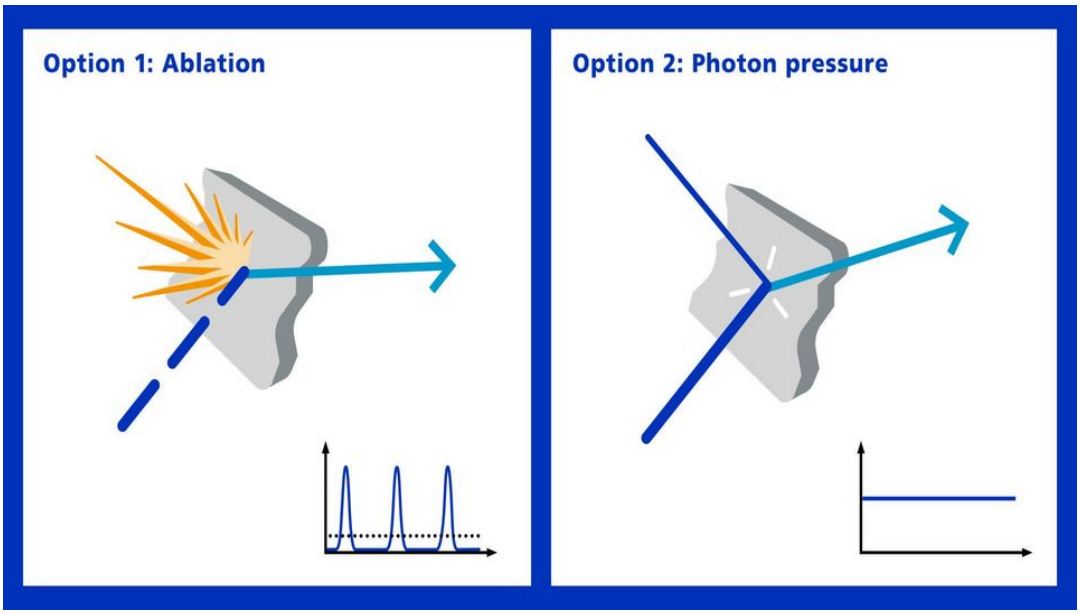
Riede : L'avance avec laquelle une collision peut être prédite avec précision. Cela n'est vraiment pas facile. Comme pour la météo, plus on regarde loin dans le futur, plus cela devient difficile. Nos stations auraient cependant besoin de quelques jours d'avance. Nous travaillons donc à la résolution de ce problème.

Le système de poussée laser a-t-il donc déjà fonctionné une fois ?

Riede : Nous ne l'avons encore jamais testé en conditions réelles ; mais c'est normal pour un projet spatial. Vous voyez, en plus des stations au sol, deux satellites en constellation sont nécessaires (c'est-à-dire qu'ils fonctionnent ensemble), afin de mesurer l'effet au cours de l'irradiation et de nous tenir informés. Ces satellites n'existent pas encore.

Alors tout cela reste purement théorique...

Riede : Pas du tout ! Honnêtement, je suis moi-même surpris de la rapidité avec laquelle notre projet DLR prend de l'ampleur. L'ESA l'a pris en charge et nous a chargés de concevoir une station au sol. TRUMPF Scientific Lasers est devenu notre partenaire pour la source laser. Si tout se déroule parfaitement (financement, construction, sélection des stations au sol), nous pourrons fournir la preuve de fonctionnalité de base d'ici cinq ans. Bon, tout ne se passera probablement pas parfaitement. Mais nous parlons tout de même d'un délai raisonnable avant la mise en œuvre.



À gauche : Un faisceau laser pulsé frappe l'objet avec une telle force qu'il crée un jet de plasma qui dévie l'objet. Avantage : Un seul survol de l'objet suffit, ce qui réduit le délai de mise en œuvre. Inconvénient : L'objet risque de se briser, transformant ainsi un débris dangereux en plusieurs.
À droite : Un faisceau laser continu utilise la pression des photons pour dévier délicatement l'objet de sa trajectoire. Avantage : L'objet ne risque pas de se briser. Inconvénient : Jusqu'à dix survols de l'objet sont nécessaires pour obtenir un effet suffisant. Le délai de mise en œuvre est donc plus long.

Comment expliquez-vous l'intérêt soudainement si intense suscité par votre projet ?

Riede : Comme je l'ai dit, l'humanité va massivement développer l'infrastructure en orbite, par exemple comme source d'internet mobile, comme le montre le réseau de satellites Starlink. Le problème des débris constitue un obstacle et tend à s'aggraver considérablement, précisément en raison de l'expansion qui génère, à son tour, de nouveaux déchets. Une solution doit donc être rapidement trouvée.

Qui est censé payer pour le système de poussée laser ?

Riede : L'impulsion est désormais donnée par les États membres de l'ESA, grâce à leurs contributions. Mais à terme, l'objectif est de proposer le Laser Momentum Transfer comme prestation de service sur le marché : pour les entreprises privées, les institutions ou les États qui souhaitent protéger leur infrastructure orbitale. Si toutes les parties prenantes comprennent les enjeux, le financement de la mise en œuvre de la technologie ne devrait pas poser le moindre problème. Enfin et surtout, nous avons désormais pour la première fois en Allemagne un ministère dont le nom fait référence à l'espace. Nous pouvons donc également espérer un soutien politique national.



GABRIEL PANKOW
PORTE-PAROLE TECHNOLOGIE LASER