

Nous sommes maintenant entrés dans une ère où il est raisonnable de s'attendre à ce que tous les télescopes soient dotés de leur propre système d'optique adaptative. Et nous commençons à étendre l'utilisation de cette technique au-delà de l'astronomie.

UNE APPLICATION AU PROBLÈME DES DÉCHETS SPATIAUX

De façon ironique, une des nouvelles applications de l'optique adaptative n'est pas si récente, puisqu'elle faisait partie des raisons initiales qui avaient motivé les militaires à développer cette technique: l'observation de corps en orbite rapprochée autour de la Terre. Ce domaine de recherche, qui porte le nom de «connaissance de la situation spatiale» (CSS), inclut le suivi des satellites artificiels ainsi que celui des objets naturels (météoroïdes). Comme le nombre d'engins spatiaux et de débris en orbite croît, le risque de collision augmente, ce qui engendrerait encore plus de débris. Selon un scénario catastrophique, «le syndrome de Kessler», imaginé en 1978 par l'astrophysicien de la Nasa Donald Kessler, cette production de débris pourrait déclencher un effet en cascade qui rendrait certaines orbites complètement inutilisables.

Environ 34000 objets artificiels de plus de 10 centimètres sont actuellement en orbite autour de la Terre; seuls 10% sont des satellites actifs. La pollution spatiale s'accumule surtout aux altitudes les plus utilisées pour les activités humaines dans l'espace, essentiellement en orbite terrestre basse (entre 300 et 2000 kilomètres au-dessus du sol) et en orbite géostationnaire (aux alentours de 36000 kilomètres). On peut suivre les plus gros objets au moyen de radars, de télescopes optiques et de stations de poursuite laser. Mais il existe plusieurs centaines de milliers de morceaux de débris dont la taille est comprise entre 1 et 10 centimètres, auxquels s'ajoutent quelque 100 millions de débris de moins de 1 centimètre, dont la position est plus ou moins inconnue.

Les scènes de collision dans le film *Gravity* (2013) illustrent de façon spectaculaire ce qui se produirait si un gros débris spatial entraînait en collision, par exemple, avec la *Station spatiale internationale*. La vitesse de ces débris est telle que ces projectiles peuvent perforer et provoquer des dégâts importants, mettant en danger la vie des astronautes, ou rendre inopérants des satellites. La Nasa rapporte qu'au cours des vingt dernières années, la *Station spatiale* a dû effectuer en moyenne une manœuvre d'évitement par an pour échapper à une collision avec des débris spatiaux qui volent trop près. Et la tendance est à l'augmentation, avec trois manœuvres en 2020.

Si la situation perdure, ces déchets spatiaux qui semblent bien lointains pourraient vraiment perturber notre quotidien: notre mode de vie

repose pour une grande part sur des technologies spatiales. Les satellites sont nécessaires pour les communications par téléphones portables, pour la télévision et internet, bien sûr, mais aussi pour les systèmes de géolocalisation, les transactions bancaires, l'observation de la Terre pour les prévisions météorologiques, les secours d'urgence après les catastrophes naturelles, les transports et de nombreuses autres activités.

Il existe divers projets de nettoyage de l'espace, mais ces initiatives sont techniquement difficiles à mettre en œuvre, politiquement complexes à faire accepter et coûteuses. Des scientifiques, dont notre équipe à l'Université nationale australienne, explorent une autre piste. Ils développent des stratégies de gestion des déchets à partir du sol. Travailler depuis la terre ferme est plus facile et plus abordable, et peut reposer sur des techniques que nous maîtrisons déjà bien, comme l'optique adaptative.

Il existe des différences subtiles entre la façon dont nous utilisons l'optique adaptative pour l'astronomie et la façon dont nous l'appliquons à la CSS. La vitesse des satellites dépend de leur distance à la Terre. À une altitude de 400 kilomètres, la *Station spatiale internationale*, par exemple, se déplace à la vitesse de 8 kilomètres par seconde et effectue un tour complet en une heure et demie. C'est beaucoup plus rapide que le mouvement apparent du Soleil et des étoiles, qui mettent un jour entier à décrire un cercle au-dessus de nos têtes du fait de la rotation de la Terre.

DES CORRECTIONS BIEN PLUS RAPIDES QUE POUR LES ÉTOILES

À cause de cette vitesse élevée, quand les télescopes suivent les satellites, les turbulences atmosphériques apparentes changent beaucoup plus vite, et les systèmes d'optique adaptative doivent effectuer des corrections 10 à 20 fois plus rapidement que s'ils observaient des objets astronomiques. Nous devons aussi pointer le faisceau laser de l'étoile guide légèrement en avant du satellite pour sonder la région de l'atmosphère où le satellite se trouvera quelques millisecondes plus tard.

Dans ces conditions, l'optique adaptative sert à traquer et photographier des satellites et des débris en orbite terrestre basse, et à améliorer le suivi d'objets en orbites stationnaires basses, moyennes et géostationnaires. L'une des techniques qui nous permettent de suivre les objets spatiaux est le lidar (*light detection and ranging*, c'est-à-dire détection et télémétrie par ondes lumineuses). Nous projetons un laser de poursuite (à ne pas confondre avec le laser qui produit l'étoile guide) sur le ciel de façon qu'il soit réfléchi sur le satellite. Et nous mesurons le temps qu'il met à nous revenir afin de déterminer la distance précise entre le satellite et la Terre. Dans ce cas, le système