

d'optique adaptative fonctionne «à l'envers»: il prépare le faisceau laser en déformant exprès sa lumière avant qu'il ne traverse les turbulences de l'atmosphère. Nous calculons les distorsions de telle sorte qu'elles annulent les effets des turbulences. Et le faisceau laser est bien focalisé lorsqu'il sort de l'atmosphère, comme s'il n'avait pas été perturbé.

En plus de suivre les débris spatiaux, nous espérons être capables de mettre à profit cette technique pour dévier des objets dont la trajectoire pourrait conduire à une collision. Nous voulons utiliser la pression de radiation exercée par la lumière quand elle est réfléchie sur un objet afin d'en modifier le mouvement. Pour que l'effet soit le plus efficace possible, nous avons besoin de l'optique adaptative afin de focaliser le faisceau laser précisément où nous voulons qu'il agisse. Des lasers d'une puissance de 10 kilowatts pourraient ainsi dévier les débris (les lasers de soudage ont typiquement une puissance de 50 kilowatts). Cette stratégie ne réduirait pas la quantité de débris en orbite, mais elle contribuerait à éviter les collisions entre débris, et peut-être retarder la réalisation du scénario catastrophe de Kessler. À terme, de tels systèmes pourraient être mis en œuvre tout autour de la Terre pour aider à gérer l'environnement spatial.

ÉPAULER LES TRANSMISSIONS QUANTIQUES

L'optique adaptative pourrait encore aider à une autre forme de sécurité, celle des communications. Pour éviter que des données sensibles ne soient interceptées et lues par un tiers, l'information est aujourd'hui chiffrée par des techniques qui reposent sur des problèmes mathématiques difficiles à résoudre en temps utile. Les systèmes de paiement en ligne et diverses autres applications utilisent de telles technologies de communications rapides et sécurisées. Mais ces méthodes fonctionnent uniquement parce que les ordinateurs actuels ne sont pas capables de résoudre assez vite les problèmes mathématiques sous-jacents. Or les ordinateurs quantiques, dont les performances ne cessent de progresser, seront bientôt en mesure de les mettre en défaut. Malgré le développement d'autres techniques de chiffrement innovantes pour sécuriser les données, personne n'a encore trouvé de protocole infailible. La physique quantique pourrait apporter une solution.

La cryptographie quantique (ou distribution quantique de clé) repose sur les propriétés des photons, les particules de la lumière, et sur les lois de la physique quantique. L'élément central de tout système de chiffrement quantique est la «clé»: une suite de 0 et de 1 que les interlocuteurs se partagent pour chiffrer et déchiffrer leurs messages. Des générateurs quantiques de

nombres aléatoires peuvent ainsi fournir des clés robustes (les générateurs classiques peuvent au mieux produire un pseudoaléa dont les clés peuvent être prédites). Ces clés sont générées à un rythme élevé, ce qui permet un usage unique. La difficulté pour deux interlocuteurs qui veulent établir une communication sécurisée est de s'échanger la clé sans qu'elle soit interceptée. La clé est transmise grâce à des photons. Or les lois de la physique quantique indiquent que si une personne tente de mesurer ce signal, il en modifie inévitablement la teneur. Les deux interlocuteurs se rendent alors compte que la clé a été compromise, ils l'éliminent et en réémettent une nouvelle jusqu'à ce qu'ils aient



Les communications optiques pourront rivaliser avec celles par ondes radio



la certitude d'être les seuls détenteurs de la clé pour chiffrer leurs messages.

La clé peut être transmise par fibre optique ou à travers l'atmosphère grâce à un faisceau laser émis depuis un télescope optique et relayée par des satellites, qui renvoient ensuite le signal vers le sol. Or, comme dans le cas des débris spatiaux, les perturbations atmosphériques dévient la lumière du laser. Avec la technique d'optique adaptative, on peut corriger les effets des perturbations atmosphériques pour mieux cibler le satellite relais. En focalisant ainsi le faisceau, on est en mesure d'augmenter de façon considérable la quantité de données transférées par ce biais.

Cette stratégie permettra aux télécommunications optiques de concurrencer les grandes antennes paraboliques radio, en y ajoutant l'avantage d'être compatible avec une utilisation quantique. Il y a bien sûr d'autres obstacles à surmonter avant d'implémenter des télécommunications quantiques; par exemple, il est nécessaire de savoir stocker et acheminer l'information quantique sans perturber l'état quantique. Mais les chercheurs travaillent activement sur ces défis, et nous espérons parvenir à terme à créer un réseau global sécurisé grâce à la physique quantique. L'optique adaptative est un élément clé pour concrétiser ce rêve.

Ainsi, une technique auparavant réservée à l'étude du cosmos pourrait bientôt nous aider