

## Le rôle des liaisons optiques inter-satellites dans l'architecture de communication spatiale

Le 12 juin 2023, l'entreprise américaine Spire, spécialisée dans la transmission de donnée spatiale, a placé en orbite basse deux nanosatellites de télédétection, en partenariat avec l'agence spatiale européenne (ESA). Ces derniers ont démontré leur capacité à se transmettre des données à 5 000 km de distance grâce à des terminaux de communications laser (LCT)<sup>1</sup>. Ces liaisons optiques inter-satellites (OISL), méthode de transmission de données via l'utilisation de laser, répondent à des besoins industriels et opérationnels croissants, mais complexes sur le plan technologique.

### Pallier les faiblesses de la communication radiofréquence

L'augmentation du nombre de lancements de satellites ne s'accompagne pas d'une évolution du cadre de régulation du trafic spatial. À lui-seul, SpaceX a placé en orbite 5 000 satellites *Starlink* depuis 2019 et prévoit d'en envoyer 42 000<sup>2</sup> au total. La demande croissante de satellites entraîne de fait une augmentation du besoin en capacité de traitement des données<sup>3</sup>. En outre, l'avènement de méga-constellations et leur généralisation font craindre une saturation des communications satellite par radiofréquence (RF).

Depuis son lancement en 2014<sup>4</sup>, les tentatives d'espionnage par le satellite russe *Louch-Olymp* ont montré que les systèmes RF sont particulièrement vulnérables aux actions de brouillage et d'interception des signaux. Contrairement à la propagation omnidirectionnelle des ondes radio, les faisceaux laser sont étroits et directifs, ce qui réduit la probabilité d'interférence et de décodage du signal<sup>5</sup>. Enfin, l'OISL présente des perspectives de débit 100 fois supérieur à celui de la RF tout en consommant moins d'énergie.

### Les défis techniques de la communication optique spatiale

Malgré un manque de maturité certain, l'engouement des agences publiques (ESA, NASA) et privées (Mynaric, Tesat) pour une technologie expérimentée depuis 1990 est réel. Désormais, les efforts de commercialisation s'amplifient<sup>6</sup> grâce à la baisse des coûts d'entrée en orbite basse et à la miniaturisation des satellites, sans pour autant faire de l'OISL la norme des communications spatiales. De nombreux défis techniques persistent, comme la stabilité de la liaison qui peut être altérée par les conditions du milieu spatial (microgravité). Quant au système de pointage des LCT (couple émetteur-récepteur), il doit être suffisamment précis pour s'aligner avec les satellites sans pour autant accaparer la capacité de charge utile, nécessaire pour obtenir plus de précision<sup>7</sup>.

Les avancées sur les OISL permettront d'améliorer l'inter-connectivité des satellites et de réduire la dépendance à l'égard des liaisons descendantes vers les stations au sol. Si les principaux industriels du spatial adoptent cette technologie, le retard des petits opérateurs concernant la réduction du poids des LCT laisse entrevoir des modèles hybrides mêlant la RF et l'OISL.

### Un choix privilégié des puissances spatiales pour la transmission de données

Si l'OISL est déjà répandue pour ce qui concerne les liaisons optiques par des satellites géostationnaires (ESA avec l'ERDS et le Japon avec le JDRS-I), l'intérêt des acteurs étatiques pour les projets en orbite basse se renforce. Sachant que la zone de couverture des satellites en orbite basse n'est pas fixe, l'utilisation de l'OISL sur ce segment demande une précision accrue pour établir un pointage dynamique. En 2023 la Chine a mis en place des liaisons de communication laser entre un satellite de la constellation d'imagerie *Jilin-1* et une station-sol<sup>8</sup>. Au niveau militaire, cette technologie est d'un intérêt croissant. À ce titre, depuis 2020, l'agence américaine *Space Development Agency* (SDA), chargée de mettre en œuvre l'architecture spatiale *Proliferated Warfighter*, développe un réseau maillé de satellites (T2TL Beta). Ce projet devrait soutenir la structure des télécommunications et l'interopérabilité des plateformes des armées tout en rendant quasi-instantanée la transmission de données entre les satellites et les centres de commandement<sup>9</sup>.

Alors que le marché émergent des OISL est fragmenté, les efforts normatifs de la SDA participent à la mise en place de standards pour les fabricants de LCT. En tirant profit de cette technologie considérée comme critique, la stratégie spatiale de défense américaine considère quelque peu l'OISL comme la future clef de voûte de la résilience des systèmes de communication militaire et du combat collaboratif de demain.

- 1 « [Nanosats launched that use light to talk](#) », ESA, 13/06/2023.
- 2 « [Pour une organisation de l'action de l'État dans l'Espace](#) », RDN, 2023.
- 3 J. Bayol, « [L'avenir des communications satellites s'illumine](#) », Cailabs, 31/05/2022.
- 4 « [La France accuse la Russie \(...\) par satellite](#) », Le Monde, 07/09/2018.
- 5 Ibid.
- 6 M. Frąckiewicz, « [Communication optique par satellite](#) », TS2, 05/07/2023.
- 7 Ibid.
- 8 A. Jones, « [China's Changguang \(...\) space-to-ground laser links](#) », Space News, 30/06/2023.
- 9 S. Erwin, « [Military agency \(...\) on laser communications](#) », SDA, 09/02/2023.