

Un tsunami en télécommunications par satellite

Par **Didier LE BOULC'H**
Thales Alenia Space

Le secteur des communications spatiales n'échappe pas à la déferlante de changements rapides, voire de disruptions. L'arrivée de nouveaux acteurs verticalisés comme Starlink de Space X, les évolutions dans les usages (*via* les plateformes de services), les progrès rapides des technologies notamment digitales, la convergence avec les normes terrestres mobiles issues du 3GPP (5G), l'évolution de l'intérêt des opérateurs terrestres, les changements de modes de financement, ainsi qu'une attention croissante portée à la soutenabilité et à l'empreinte écologique sont autant de facteurs qui modifient en profondeur l'écosystème des télécommunications spatiales. Les développements en cours permettent de répondre à ces enjeux, avec un rythme d'innovation que le spatial commercial, jadis quelque peu conservateur, n'avait jamais connu jusque-là.

La seule stabilité dans le monde actuel est le changement... De plus en plus rapide et complexe à prévoir. Le secteur des communications spatiales n'échappe pas cette déferlante. Cet article présente les changements profonds de ce secteur d'activité, à la fois commercial et stratégique. Commercial car ce secteur demeure le premier secteur d'application de l'espace en volume d'activité, en nombre et masse de satellites lancés, en capitalisation de son écosystème... Stratégique car les États sont de plus en plus nombreux à vouloir maîtriser le domaine spatial et à se doter d'une forme de souveraineté de leurs réseaux de communication y compris par satellites.

LA DISRUPTION DE STARLINK

C'est la plus récente et probablement la plus forte vécue par le secteur. Cette constellation d'Elon Musk compte actuellement de plus de 6 000 satellites en orbite basse. Sa conception a démarré il y a 15 ans, autour d'un terminal utilisateur très compact, produit en grande série avec des composants électroniques français (de STMicroelectronics). Ce terminal est une démocratisation parfaitement réussie de la technologie des antennes actives (coût grand public inférieur à 500 €). Le succès technique et commercial de cette constellation est indéniable, avec déjà près de deux millions d'abonnés, et un *cash-flow* positif, après toutefois une dizaine d'années d'investissements massifs à perte, ce qui est peu compatible des modèles économiques traditionnels.

L'impact de ce nouveau réseau devient très perceptible sur l'écosystème Satcom qui réagit afin de continuer à développer un *business* profitable dans l'accès par satellite large bande. Avec quelques années de décalage par rapport à Starlink, qui utilise la bande Ku, Amazon prépare sa constellation similaire, Kuiper, en bande Ka. Elle ajoutera probablement une pression additionnelle sur le marché de l'accès à haut débit par satellite. Ce sera une manière de tester l'élasticité de ce marché qui bénéficie de la croissance forte de la consommation en flux digitaux sur toute la planète.

Ces disruptions, outre leur verticalisation très forte, marquent aussi un changement profond dans le modèle de financement. Dans l'industrie spatiale, les développements technologiques étaient majoritairement financés par les gouvernements (agences spatiales, ou acteurs de la défense), et les acteurs privés recouraient à du financement bancaire pour investir dans des infrastructures visant une rentabilité économique à long terme. Les nouveaux acteurs font appel à du capital-risque et lèvent des fonds en perspective de leur positionnement sur les marchés.

DES CHANGEMENTS DE SERVICES INDUISANT DES CHANGEMENTS PROFONDS DE TECHNOLOGIES

En se projetant un demi-siècle en arrière, on observe que depuis les premiers satellites expérimentaux, les services offerts par les satellites ont beaucoup évolué : les connexions intercontinentales, avant que les fibres optiques se déploient massivement, puis la diffusion de bouquets télévisuels sur des continents entiers, avant l'arrivée des plateformes de *streaming*, les connexions vers des mobiles (navires, avions, drones), et aujourd'hui l'interconnexion de réseaux et l'accès large bande à Internet.

Les satellites sont parfois le seul moyen de communication possible pour interconnecter des plateformes mobiles ou des sites isolés. Ils sont parfois un moyen parmi d'autres et doivent alors montrer une proposition de valeur déterminante – afin de prendre leur part de marché de la connectivité. Le satellite est une technologie sans fil, sans fibre et sans pylône. Un de ses atouts est d'éviter les grosses infrastructures terrestres, une fois en orbite il peut déployer très rapidement un réseau presque n'importe où sur la planète. Un autre atout considérable est sa capacité de diffusion (*broadcast / multicast*) sur de très larges régions : le même signal (la même ressource spectrale et énergétique) permet de partager un contenu simultanément (par exemple une vidéo, un film, un logiciel ou le contenu d'un site *web*) à des milliers voire à des millions d'abonnés.

Cependant, les usages des réseaux sont en constante évolution : la consommation de télévision est passée en quelques années du mode linéaire (le JT à 20 h, le film à 20 h 45...) au mode « à la demande » et à une consommation « ATAWAD » (Any Time, Any Where, Any Device). La diffusion par satellite est moins idéalement adaptée à ces usages, elle doit être adaptée.

Or, un gros satellite géostationnaire nécessite plusieurs années pour être fabriqué, et sa durée de vie dépasse souvent 15 ans. Comme il est difficile de prédire ce que seront les besoins de la société dans 15 à 20 ans, les opérateurs majeurs ont incité l'industrie à développer des satellites de plus en plus flexibles, capables d'adapter la connectivité qu'ils proposent aux évolutions des besoins. Ainsi, Thales Alenia Space a introduit en 2017 une technologie totalement digitale pour les répéteurs de ses satellites afin de modifier la connectivité et la bande passante de chaque région. Cette technologie a permis d'équiper les satellites SES 17, K VHTS et E 10 B d'Eutelsat, Amazonas Nexus de Hispasat, et Satria de l'opérateur indonésien PSN.

Plus récemment, les opérateurs ont souhaité aller encore plus loin dans la flexibilité en permettant à leurs satellites de modifier au cours de leur vie :

- la couverture visée des satellites (les zones géographiques adressées) ;
- les types de services (diffusion TV *versus* accès large bande, ou encore interconnexion de réseaux).

Cela conduit l'industrie à développer un nouveau type de satellites dit *software defined*, capable de modifier en orbite sa couverture géographique et les types de services proposables.

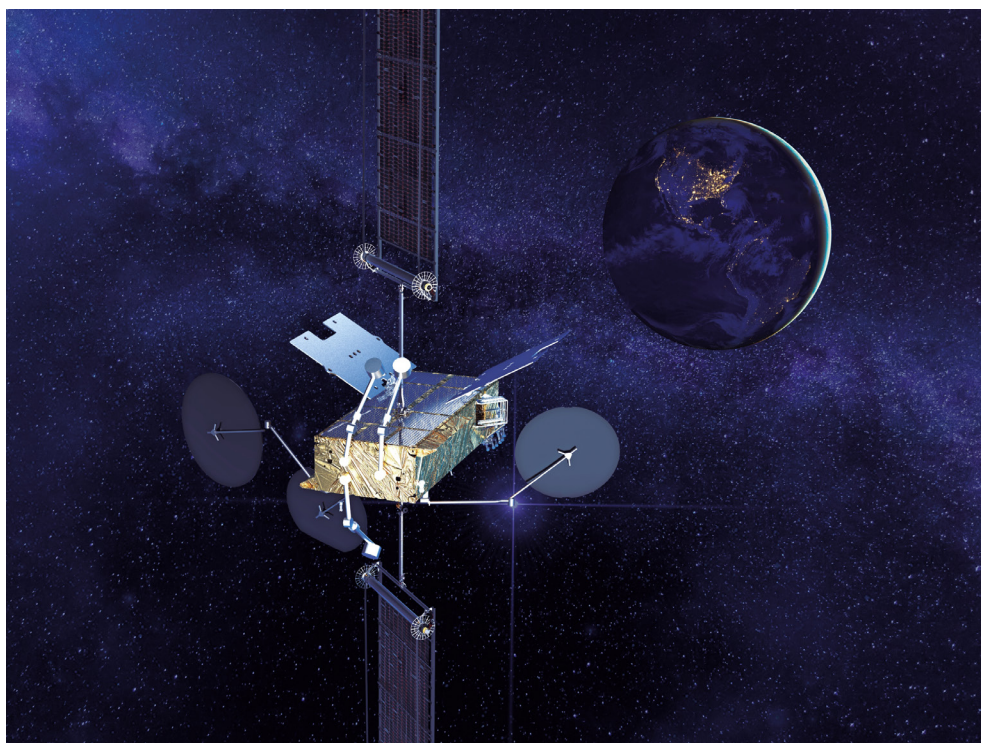


Figure 1 : Vue du satellite Space Inspire (Source : Thales Alenia Space).

Ces satellites s'appuient sur des antennes actives et des processeurs numériques totalement reconfigurables.

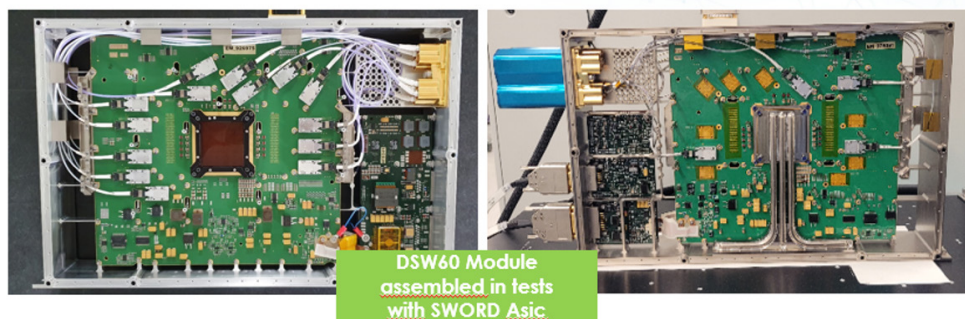


Figure 2 : Processeur DBFN (Source : Thales Alenia Space).

Ces satellites quasiment standards et produits en petite série représentent déjà plus de la moitié du marché des satellites géostationnaires alors que les premiers modèles ne seront pas lancés avant 2025.

Cette digitalisation massive touche aussi naturellement le segment sol des satellites qui tendent à se virtualiser et à se rapprocher du *cloud*.

CHANGEMENT D'ÉCOSYSTÈME : L'ALLER-RETOUR DES OPÉRATEURS TÉLÉCOM

En 1964 pour Intelsat, en 1976 pour Inmarsat et en 1977 pour Eutelsat, les opérateurs de satellites de télécommunications ont été créés sous le statut d'organisation internationale regroupant plusieurs pays. Les infrastructures spatiales étaient jugées stratégiques par les pays développés et leurs grands opérateurs de télécommunications, les acteurs comme Orange (anciennement France Télécom) siégeaient au conseil de ces opérateurs historiques.

Au début des années 2000, la privatisation du secteur des télécom a transformé ces organisations intergouvernementales en sociétés privées. Les satellites de télécommunications ne constituaient (et ne constituent toujours) qu'une niche dans le monde des télécommunications, assurant un pourcentage faible des communications mondiales (< 5 %). La focalisation des opérateurs sur leur cœur de métier (les réseaux terrestres) les a conduits à désinvestir le secteur spatial dans les années 2000 à 2020.

Depuis 2020, on assiste à un regain d'intérêt des opérateurs terrestres vers le spatial. Ainsi, Patrick Drahi, propriétaire de SFR s'est intéressé au rachat d'Eutelsat en 2021. Christel Heydemann (directrice générale d'Orange) a communiqué récemment sur l'intégration des satellites à son offre de services de connectivité.

En effet, les opérateurs terrestres sont soumis à des exigences contraignantes de taux de couverture des territoires, or si le déploiement de réseaux terrestres y compris en FTTH (fibre optique jusqu'à l'abonné) a du sens dans les zones denses, l'équation économique est beaucoup moins favorable dans les zones à faible densité de population. C'est là que le satellite, en mutualisant sa ressource sur tout un pays voire un continent peut contribuer au désenclavement numérique, sans générer des coûts importants (économiques et écologiques) de déploiement d'infrastructures terrestres.

Enfin, l'arrivée de méga constellations comme Starlink ou Kuiper est susceptible, non pas de remplacer les réseaux terrestres, mais de modifier le rapport de force entre fournisseurs de services (comme Amazon Prime) et les opérateurs de télécom.

CHANGEMENT DE STANDARDS : LA MIGRATION VERS LA 5G EST AMORCÉE

Les satellites s'étant positionnés historiquement sur une niche isolée des réseaux terrestres, l'écosystème spatial a développé des standards de transmission spécifiques, idéalement adaptés aux transmissions sur le canal satellitaire, comme le DVB S2 – qui diffuse des milliers de chaînes de télévision à travers le monde. Depuis quelques années, le regain d'intérêt des acteurs terrestres pour le satellite conduit à harmoniser les standards de transmission radiofréquences entre le monde spatial et le monde terrestre (protocoles 3GPP 3G, 4G puis 5G, utilisés par nos réseaux cellulaires de téléphonie mobiles et nos smartphones). Thales Alenia Space a coordonné depuis 2016 un effort visant à introduire dans le standard 5G la capacité à opérer efficacement sur les satellites tant géostationnaires que défilants. Ceux-ci génèrent respectivement une latence et un doppler importants qui doivent pouvoir être compensés. Depuis mars 2022, la version 17 du standard 5G permet aux satellites de transmettre exactement les mêmes signaux que les réseaux mobiles terrestres en 5G, tout en étant bien plus loin de la terre.

Cette unicité de standard entre les réseaux 5G et les réseaux satellitaires futurs permettra la croissance du marché en assurant une continuité parfaite des protocoles et de la qualité de service à travers le satellite. Les opérateurs terrestres se retrouveront à nouveau « chez eux » sur le segment satellitaire...

Le projet de constellation européenne IRIS2, comme le projet One WEB gen 2 ont ainsi spécifié un système totalement compatible avec la 5G.

VERS UN CHANGEMENT DE PARADIGME ÉCOLOGIQUE ?

Aujourd'hui nul ne peut ignorer le risque écologique engendré par les activités industrielles et humaines. Alors que la consommation des réseaux de communication poursuit sa croissance annuelle régulière à deux chiffres, il semble essentiel de s'interroger sur l'impact environnemental des satellites de communication.

Bien que l'exercice soit encore assez peu référencé donc empreint d'une incertitude, les premières analyses montrent que sur l'ensemble de sa durée de vie, l'évaluation de l'empreinte écologique est favorable aux réseaux satellitaires géostationnaires par rapport aux réseaux terrestres. En particulier en raison de leur capacité de diffusion et de leur empreinte énergétique très faible durant leur phase opérationnelle (alimentation purement solaire et hors atmosphère). Néanmoins, le principal contributeur en termes d'impact écologique des réseaux satellitaires demeure, comme souvent, le terminal utilisateur. Ce sera d'autant plus impactant que ces terminaux concerneront un marché d'utilisateurs finaux composé de plusieurs millions d'abonnés. Ce point doit être travaillé, l'orientation vers la 5G peut d'ailleurs y contribuer, ce standard ayant pris en compte des contraintes fortes de faible consommation (visant l'autonomie des téléphones portables) ; mais dès aujourd'hui, il semble que l'hybridation intelligente des réseaux satellitaires et terrestres offrent un excellent résultat tant économique qu'écologique.

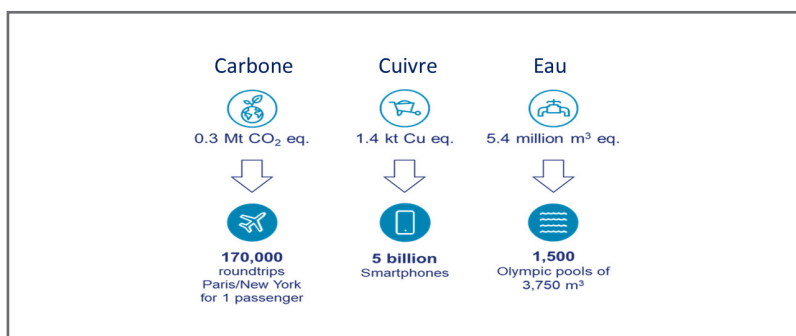


Figure 3 : Du gain écologique typique d'une infrastructure hybride dans un pays africain représentatif (Source : Thales Alenia Space).

Nos générations sont de plus en plus concernées par leur impact sur la planète, l'utilisation d'architectures de diffusion, combinées à du *caching* (mise en mémoire de contenus) afin de conserver un usage « à la demande » peuvent ainsi redonner au satellite de diffusion géostationnaire ses lettres de noblesse... actuellement affectées par les plateformes de *streaming* très populaires mais très gourmandes en énergie.