

Quand le sage montre la Terre

Par Laurent TOUTAIN

IMT Atlantique

Et Nicolas KUHN

Thales Alenia Space

Pour leur précieuse aide dans la coordination des contributions de ce numéro, nous remercions Nicolas BELLEC, Pierre BONIS, Daniel BOULA, Magali GIMON et Grégoire POSTEL-VINAY.

Au début des années 1960, les téléspectateurs français ne pouvaient ignorer l'utilisation d'un satellite de télécommunication pour la retransmission en direct avec les États-Unis. Pour fantastique qu'il apparaisse, l'usage d'un satellite transférant un signal envoyé des États-Unis était rendu tangible. Depuis, beaucoup de progrès à la fois dans les lanceurs et dans l'électronique ont fait que les satellites nous offrent quotidiennement des services, à peine remarque-t-on les quelques secondes de décalage lors d'un direct sur le terrain pour le journal télévisé.

Quelle que soit la technologie, quand un nouveau domaine apparaît, des solutions particulières sont développées avant d'entamer une phase de généralisation. C'est particulièrement vrai pour le spatial : l'environnement hostile, le coût des lancements, l'absence de possibilités de réparation, font que des solutions propres et robustes ont conduit à la définition de plateformes spécifiques.

Ainsi, l'histoire des télécommunications par satellite s'illustre par une perpétuelle quête de complémentarité avec des systèmes terrestres, étendant ainsi les frontières des services. Cela s'illustre par les premiers services commerciaux de télécommunication par satellite permettant l'établissement d'appels téléphoniques entre le continent américain et le vieux continent. Une fois les câbles sous-marins déployés, et avec l'essor de technologie spatiale permettant une augmentation drastique des débits offerts par les satellites de diffusion, les systèmes satellites ont permis une diffusion de contenu vidéo de grande qualité à un nombre important d'utilisateurs. Les solutions satellitaires ont été optimisées par des pas technologiques importants pour aboutir à des satellites géostationnaires à ultra haut débit comme le satellite Konnect VHTS lancé en 2022 pouvant délivrer plus de 500 gigabits par seconde.

Si le géostationnaire a été privilégié pour les télécommunications et la télévision, car la zone couverte est stable et il est facile de pointer une antenne parabolique vers le satellite, les orbites plus basses n'ont pas été délaissées. Les satellites d'observation ou d'urgence comme Inmarsat parcourent la surface du globe en quelques heures.

Lors de ces dernières années, un intérêt accru des acteurs traditionnels du monde terrestre vers des usages et technologies proposés par et pour le spatial est apparu. Un accès à l'espace grâce à de nouveaux lanceurs, et les avancées dans les composants électroniques ont conduit à l'amenuisement de la frontière entre les technologies spatiales et terrestres. Cette effervescence technologique s'illustre également par une intégration de composants conçus pour un usage terrestre dans des systèmes spatiaux. C'est effectivement notable par les recommandations de la NASA pour l'utilisation de Raspberry

PI dans l'espace. L'utilisation de standards et méthodes utilisés dans le terrestre est régulièrement proposée pour établir des réseaux de télécommunication pour l'exploration spatiale, comme pour la mise en place d'un réseau cellulaire sur la Lune.

C'est ce que nous avons essayé de couvrir dans ce numéro « La Terre vue d'en haut », sans chercher à être exhaustifs, nous avons choisi de traiter différentes (r)évolutions que nous sommes en train de vivre, ou comment un secteur qui était complètement isolé se normalise.

Une première partie, orientée technologie, dresse les évolutions dans le domaine des satellites, avec plus de polyvalence au niveau des services rendus, des lanceurs où la course à la réduction des coûts et l'augmentation des lancements bat son plein. Nous nous intéresserons également à d'autres technologies alternatives comme les ballons stratosphériques.

Une seconde partie tient à ce que les innovations ne soient pas uniquement technologiques, elles impliquent aussi des changements réglementaires et économiques. Sous l'angle réglementaire, se sont développés des systèmes juridiques portant sur la régulation des fréquences, la régulation des objets volants, le droit de l'espace, certaines limites à la transmission d'informations sur l'observation de la Terre. Sous l'angle économique, d'un secteur majoritairement financé par les États, on a évolué vers un système mixte où les financements privés prennent une part considérable, et où d'autre part, les *start-up* fournissent des services innovants et peuvent déployer leurs propres satellites d'observation. Les CubeSats en sont un très bon exemple. Ils peuvent servir d'outil pédagogique pour permettre aux étudiants de se confronter au secteur spatial et lancer des expérimentations, mais ils peuvent aussi être exploités à des fins commerciales.

La troisième partie illustre les applications civiles de l'observation de la Terre. Sont ainsi évoquées la cartographie de l'anthropocène par l'IGN, la mesure des émissions de CO₂ et des outils d'observation contribuant à les réduire, la météo, la mesure de la montée des océans et son impact, l'amélioration des pratiques agricoles.

L'espace est historiquement un enjeu stratégique et militaire. Clausewitz en exposant l'importance cruciale à tenir les hauteurs est demeuré d'actualité avec la conquête spatiale, ce que symbolise la création des commandements de l'Espace par les principales puissances. Sans en traiter tous les aspects, ce numéro en montre quatre, le cas français du commandement de l'Espace, le renseignement, les mini-lanceurs hybrides, les communications militaires par satellites.

Enfin, nous illustrons la complémentarité entre les différentes technologies de télécommunication. Un exemple emblématique concerne la standardisation du système mobile 5G. L'organisme de standardisation 3GPP s'est imposé comme le standard de convergence des réseaux fixes et mobiles, aux dépens d'autres organismes tels que le BroadBand Forum. Depuis la Release 17 du 3GPP, la composante Non-Terrestrial Network (*i.e.* drones, ballons stratosphériques, satellite en orbite basse ou en orbite géostationnaire) est officiellement supportée dans la 5G. Les fournisseurs de composants, de terminaux et les principaux équipementiers d'infrastructure de réseau participent à cette standardisation et son implémentation dans les produits en réponse aux demandes croissantes des utilisateurs et des opérateurs.

Pour conclure ce numéro et pour donner une perspective plus futuriste, cette convergence ne s'arrête pas aux frontières de la Terre. Des chercheurs de l'IETF, l'organisme qui standardise l'Internet, nous font part de leur réflexion sur les évolutions possibles du réseau Internet pour communiquer avec d'autres planètes ou des sondes spatiales.