

# LES RÉSEAUX « NTN » : la 5G par satellite

Par Didier Verhulst (1980)

**L**es versions les plus récentes du standard cellulaire 5G, incluant les options *Non-Terrestrial Networks*, permettent la connectivité avec les satellites et les plateformes stratosphériques. Elles préparent la véritable convergence entre les réseaux terrestres et les réseaux satellites.

## CONVERGENCE ENTRE TERRESTRE ET SPATIAL

Le monde des télécommunications a connu ces 30 dernières années le développement très rapide des réseaux mobiles et de l'Internet. Pendant la même période, le monde du spatial a aussi réalisé des progrès spectaculaires qui ont permis la généralisation de l'usage des satellites pour la télévision, l'observation, la navigation et les télécommunications.

La complémentarité des systèmes terrestres et satellites est déjà mise à profit aujourd'hui pour distribuer des contenus vidéo dans les réseaux ou pour connecter des stations de base cellulaires rurales. Et ce marché du « *backhaul par satellite* » est déjà très important pour les opérateurs de satellites.

Avec le déploiement récent de satellites gestionnaires (GEO) reconfigurables et de très haute capacité (VHTS), et de constellations satellites en orbite moyenne (MEO) et basse (LEO), se prépare aujourd'hui une nouvelle étape de convergence entre terrestre et spatial qui conduira à une couverture véritablement universelle des réseaux de télécommunication.

## L'ACCÈS DIRECT DES SATELLITES AUX MOBILES

Il existe depuis plus de 20 ans des systèmes satellites proposant l'accès direct à des terminaux mobiles pour la téléphonie ou les données bas débit. On peut citer les systèmes

LEO Globalstar et Iridium et le système GEO Thuraya. Mais ils nécessitent des terminaux spécifiques équipés de grandes antennes et ont des coûts d'utilisation élevés (de l'ordre de \$1 pour un appel d'une minute).

Une nouvelle étape a été franchie en 2022 lorsque Apple a introduit un service de messagerie d'urgence par satellite : les abonnés mobiles situés dans des régions sans couverture cellulaire peuvent orienter leur iPhone vers le ciel et communiquer, via les satellites Globalstar, avec un centre de secours. De même, début 2023, Qualcomm a annoncé que de prochains composants pour smartphones Android seront capables de communiquer avec des satellites.

Ces premières étapes ne concernent que le très bas débit, mais elles annoncent des évolutions futures vers une véritable messagerie, de la téléphonie, et des données (avec des débits comparables à la 3G). Et ces services seront améliorés avec les futures versions de terminaux 5G.

Avec une approche différente, l'opérateur de la constellation Starlink a annoncé mi 2022 un partenariat avec l'opérateur T-Mobile pour communiquer avec les smartphones existants : ainsi la deuxième génération des satellites Starlink aura la possibilité de communiquer en 4G et en utilisant les fréquences de l'opérateur mobile. Starlink prévoit aussi d'introduire progressivement des services de messagerie, de téléphonie et d'accès bas débit à Internet.

D'autres sociétés américaines, AST SpaceMobile et Lynk, proposent aussi de déployer des constellations dédiées aux communications avec les mobiles actuels et en réutilisant les fréquences des réseaux cellulaires. AST annonce même qu'il offrira à terme des débits compatibles des services 4G/5G en équipant ses satellites LEO de très grandes antennes, d'une surface pouvant atteindre 225 m<sup>2</sup>... ce qui inquiète de nombreux observateurs sur les risques de collision en orbite et de pollution de l'espace. L'utilisation de fréquences cellulaires pour des communications spatiales suppose en fait une remise en cause de la réglementation actuelle du spectre radio et elle fait aussi l'objet de nombreuses réserves concernant les risques d'interférence entre les réseaux satellites et terrestres.

## OPTIONS NON-TERRESTRIAL NETWORKS DE LA 5G

L'approche choisie pour les futurs standards cellulaires suppose à l'inverse que les communications avec les satellites utilisent des fréquences dédiées, distinctes de celles des communications terrestres.

C'est le groupe 3GPP qui définit les évolutions des standards cellulaires au niveau mondial : La dernière version « Release 17 » a été publiée en 2022 et le travail est en cours sur la Release 18, prévue pour 2024, et sur la Release 19 qui suivra.

Depuis la Release 17, les options *Non-Terrestrial Networks* (NTN) permettent de connecter des terminaux cellulaires ou des capteurs IoT à des satellites ou des plateformes stratosphériques (HAPS (*High-Altitude Platform Stations*) situés à 20 km d'altitude).

Les bilans de liaison radio pour des satellites situés au mieux à 500 km d'altitude (LEO - *Low Earth Orbit* pour Orbite Terrestre basse) ou, au pire, à 36 000 km (GEO - *GEostationary Orbit* pour Orbite Géostationnaire) dépendent de la distance, du débit et de la fréquence utilisée. Et ils ont un impact sur des paramètres clés des satellites, des stations terriennes et des terminaux : puissance d'émission, gains d'antenne et sensibilités des récepteurs. Ainsi il est prévu que des terminaux 5G fixes équipés d'antennes directives (VSAT - *Very Small Aperture Terminal* pour Terminal à très petite ouverture) offriront des services d'accès haut débit par satellite en utilisant des fréquences supérieures à 10 GHz (bandes Ku, Ka), alors que les futurs smartphones 5G auront accès à des services par satellite de plus bas débit avec des fréquences inférieures à 7 GHz (bandes L, S, C).

Les autres adaptations NTN de la Release 17 concernent les terminaux et les stations terriennes pour la gestion de l'avance de temps sur de grandes distances, et la compensation des effets Doppler liés au déplacement des satellites MEO/LEO.

D'autres développements concernent les satellites eux-mêmes : ainsi, pour améliorer les débits offerts, de nouveaux satellites LEO puissants et équipés d'antennes à gain élevé seront nécessaires et ils implémenteront à bord certaines fonctionnalités des stations de base 5G.

Ces nouveaux standards apportent aux acteurs du spatial une ouverture vers un écosystème cellulaire très large. Ainsi, malgré quelques tentatives dans le passé pour définir une standardisation des terminaux VSAT, les opérateurs de satellite ont encore aujourd'hui un nombre limité de fournisseurs qui proposent des interfaces propriétaires entre terminaux et stations terriennes. En adoptant les standards NTN du 3GPP, il sera possible de réutiliser des composants cellulaires et d'obtenir des prix plus attractifs grâce aux économies d'échelle.

### VERS L'UNIFICATION DES RÉSEAUX

L'évolution des standards 3GPP prépare ainsi l'émergence de réseaux qui ajoutent aux parties terrestres existantes une composante spatiale, celle-ci pouvant associer plusieurs orbites satellites et des plateformes stratosphériques.

L'illustration ci-dessous montre un smartphone pouvant se connecter au choix à une station de base, une plateforme stratosphérique ou un satellite LEO. Les futurs réseaux permettront ainsi de sélectionner, pour chaque lieu et pour

chaque service, la meilleure option de connectivité. Ces réseaux hybrides seront plus résilients et permettront aux futurs mobiles d'être connectés en tous points du globe. Mais ces développements complexes ne seront que progressifs, et on peut prévoir que la véritable unification des réseaux cellulaires et satellites ne se concrétisera qu'à la fin de la décennie avec l'arrivée des futurs réseaux 6G. ■

### Abbreviations

3GPP : 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project

HAPS : High-Altitude Platform Station

IoT : Internet of Things

GEO : GEostationary Orbit

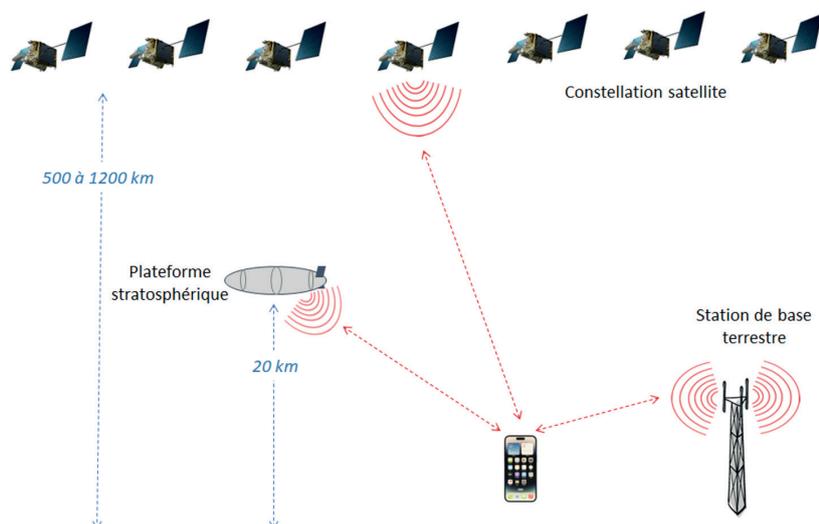
LEO : Low Earth Orbit

MEO : Medium Earth Orbit

NTN : Non-Terrestrial Networks

VHTS : Very High Throughput Satellite

VSAT : Very Small Aperture Terminal



Réseau mobile hybride : terrestre + stratosphérique + satellite



Didier VERHULST

Diplômé de l'École Polytechnique, de Télécom Paris et de Stanford, Didier débute à France Télécom en 1980 et participe à la création du standard GSM. Il rejoint ensuite Alcatel et se voit confier différentes responsabilités techniques et de management dans les divisions mobile et spatiale. Il fonde en 2005 la société de conseil Cell & Sat spécialisée dans les solutions duales cellulaire et satellite.

www.cell-sat.com