

---

## Introduction

---

L'histoire des satellites de communication a débuté il y a plus de 40 ans, par le lancement en 1972 de Anik 1, qui est considéré comme le premier satellite de communication géostationnaire commercial. Depuis, les systèmes ont constamment évolué afin d'offrir plus qu'un service de téléphonie ou de diffusion de la télévision. Avec l'avènement de l'Internet, rapidement est apparu le concept de la communication large bande par satellite, avec pour vocation d'offrir une connexion haut débit en tout point du globe. Puis, dans les années 1980, sont apparus les premiers services mobiles (*Mobiles Satellite Services*) avec Inmarsat. Ces systèmes offraient initialement des communications téléphoniques maritimes, puis des services de données en mobilité.

Les systèmes satellites possèdent d'indéniables qualités, principalement une couverture géographique étendue pour un coût d'infrastructure réduit, avec des stations fixes ou mobiles et une capacité à effectuer de la diffusion à large échelle. Les nombreuses avancées en codage et en antennes offrent aujourd'hui des débits élevés. Toutefois, il n'est plus aujourd'hui d'actualité de considérer les systèmes de communication par satellite comme des concurrents aux systèmes de communications terrestres. Le modèle économique envisagé est aujourd'hui dans l'hybridation des réseaux terrestres avec des liaisons par satellite pour les compléter là où ils ne sont pas rentables ou efficaces : les zones reculées et la mobilité à large échelle. Aussi, le satellite s'avère être un médium adapté pour la résorption des zones blanches et offre un des rares moyens de communication qui tolère une mobilité à large échelle et grande vitesse (typiquement adapté aux services avioniques, ferroviaires, etc.).

La convergence est l'un des enjeux majeurs des futurs réseaux de télécommunication (NGN). Elle est aussi l'un des fondements de la 4G ou 3G-LTE car elle comprend à la fois la convergence des services et la convergence fixe-mobile.

Cette tendance lourde implique un changement de paradigme afin de mettre en œuvre une politique de qualité de service (QoS) dans un contexte où les utilisateurs peuvent utiliser des applications multimédias aux contraintes variées et ceci par l'intermédiaire de différents réseaux d'accès. Cette politique de QoS doit ainsi fédérer des gestions de QoS très largement différentes suivant les réseaux considérés (d'accès ou de cœur) tout en permettant une optimisation adaptée à chacun de ces réseaux et à des services aux contraintes variées. Il faut rappeler que la situation actuelle est une prise en compte extrêmement partielle de la QoS de bout en bout et que les solutions mises en œuvre au niveau des différents segments sont largement sous-optimales.

Cet ouvrage a pour objectif d'offrir les clés pour une intégration réussie des systèmes satellites dans les prochaines générations de réseaux terrestres. Les systèmes de la famille DVB-S/RCS (S2, RCS2, etc.), qui sont les systèmes de communication par satellite qui aujourd'hui offrent l'architecture et les services les plus évolués, seront utilisés pour illustrer les verrous qui devront être levés pour garantir une intégration réussie. Bien sûr, les concepts abordés sont génériques et dépassent le cadre de cette architecture. Ils trouveront écho auprès d'autres systèmes de communication par satellite concurrents.

La présentation est axée autour d'une approche système qui abstrait la complexité des systèmes de télécommunication terrestres et satellites. Pour cela, cet ouvrage propose une vision de haut niveau, qui se focalise sur les composants de tels systèmes et sur leurs interactions. Ainsi cet ouvrage s'adresse à un large public, du concepteur de système satellite à l'opérateur réseau qui souhaite intégrer une offre par satellite dans son portefeuille et du régulateur institutionnel aux étudiants désirant cerner la problématique de l'hybridation terrestre/satellite.

Les différentes façons d'envisager l'intégration des systèmes satellites dans les réseaux terrestres seront abordées par plusieurs scénarios avec différents niveaux de complexité. Les problématiques de gestion de la qualité de service dans les réseaux terrestres et satellites ainsi que les solutions permettant une interopérabilité seront abordées. Les architectures de mobilité et la question de leurs performances seront ensuite traitées. Les couches hautes ne seront pas oubliées non plus, avec un focus sur le rôle de la couche transport dans un réseau hybride. Toutes les solutions proposées dans cet ouvrage ont été développées et testées au cours de plusieurs projets de recherche européens et français. Les résultats ont été obtenus soit par la mesure de systèmes réels, soit par des plates-formes d'émulation réalistes ou par l'utilisation de simulateurs quand cela n'était pas possible autrement.

## Plan de l'ouvrage

### *Chapitre 1 – Les réseaux hybrides satellites et terrestres*

Le succès des systèmes de communication par satellite est principalement motivé par leur large couverture et un temps de mise sur le marché réduit. Même si les marchés de niche, comme la couverture des océans ou des espaces aériens, persisteront, l'avenir des systèmes satellites est aujourd'hui ailleurs. L'intégration du satellite aux systèmes terrestres est aujourd'hui le seul moyen de compléter une offre existante de services fixes, mobiles, avec ou sans diffusion. Ce chapitre propose plusieurs scénarios d'hybridation. Ces scénarios nommés « couplés », « relais » ou « découplés » seront détaillés et leur impact sur l'architecture et les services décrit.

### *Chapitre 2 – La qualité de service dans les réseaux terrestres de nouvelle génération*

La garantie de la qualité de service est la pierre angulaire des architectures des futurs réseaux incluant le satellite, pour être compétitifs et générateurs de revenus. Cette section passe en revue les architectures de communication-clés qui offrent une gestion avancée de la qualité de service. Les approches IETF et ITU-NGN seront comparées.

### *Chapitre 3 – La qualité de service dans les réseaux par satellite DVBS/RCS*

DVB-S2/RCS est l'une des architectures de communication par satellite qui offre le plus de puissance et de flexibilité dans la gestion de la qualité de service. Ce chapitre présente le standard DVB-S, son canal de retour (RCS), ainsi que les évolutions récentes de ce standard. Un point particulier sera donné sur l'architecture à qualité de service promue par l'Agence spatiale européenne et le groupement SATLABS.

### *Chapitre 4 – Intégration du satellite dans une architecture de QoS IMS*

La mise en œuvre d'une architecture de QoS intégrée, compatible avec les réseaux terrestres et satellites, est un vrai challenge. Après la présentation des différentes approches au chapitre précédent, cette section propose un exemple d'intégration réussie dans l'architecture IMS (*IP Multimedia Subsystem*).

### *Chapitre 5 – La mobilité intersystèmes*

La mobilité est l'un des déclencheurs de business dans les réseaux de communication modernes et doit être prise en compte dans un système hybride intégré satellite et terrestre. Ce chapitre propose de donner une première introduction à la taxonomie de la mobilité et des protocoles de l'Internet. Il mettra ensuite en avant les difficultés et les problèmes de performance qu'amène l'hybridation des réseaux. Basée sur notre expérience, nous proposerons des recommandations pour la gestion de la mobilité dans de tels systèmes.

## *Chapitre 6 – La couche transport dans les réseaux hybrides*

La couche transport a toujours suscité de nombreuses discussions dans les systèmes satellites, même si aujourd’hui un consensus existe autour des solutions de proxies (PEP) pour l’amélioration des performances. L’hybridation des réseaux génère de nouveaux problèmes, comme une variation brutale du délai et du débit quand un mobile change de type de réseau, ce qui impacte fortement les performances de la couche transport. Ce chapitre résume les travaux effectués ces dernières années sur la couche transport dans les systèmes satellites et adresse la problématique de cette couche dans les réseaux hybrides. Les nouvelles perspectives offertes par l’avènement des récentes évolutions du protocole TCP seront ensuite évaluées et discutées.

### **Remerciements**

Cet ouvrage est le fruit de la collaboration entre chercheurs et ingénieurs travaillant dans le domaine des télécommunications par satellites. Les travaux cités sont pour nombre d’entre eux issus de projets de recherche financés par l’Union européenne (projets SATIP6 et SatSix), par le gouvernement français au travers du pôle de compétitivité AESE (projet Ourses), ainsi que par plusieurs études financées par le Centre national d’études spatiales (CNES), que je tiens à remercier pour leur soutien. Quatre thèses ont été soutenues durant la rédaction de cet ouvrage et ont amplement contribué à cet ouvrage.

Ont aussi contribué à cet ouvrage :

– chapitre 1 :

Patrick Gélard (Centre national d’études spatiales)

Emmanuel Dubois (Centre national d’études spatiales)

– chapitres 2 et 3 :

Mathieu Gineste (Thales Alenia Space)

Olivier Alphand (INP-Ensimag)

– chapitres 4 et 5 :

Frédéric Nivor (Thèse LAAS-CNRS)

Baptiste Jacquemin (Thèse LAAS-CNRS)

– chapitre 6 :

Fabrice Planchou (Airbus Defense & Space)

Ihsane Tou (Agence spatiale algérienne)

Lionel Bertaux (Thèse LAAS-CNRS)

Pascal BERTHOU