

Plateformes à haute altitude et constellations de satellites

Introduction

Les plateformes à haute altitude et les constellations de satellites partagent l'ambition d'offrir une infrastructure pour l'accès fixe ou mobile large bande dans les zones où les réseaux mobiles terrestres ne sont pas rentables économiquement, ambition qui concerne plus du tiers des habitants de la planète. Dans le cas des plateformes à haute altitude, le déploiement peut se faire rapidement, au coup par coup, selon les besoins de chaque pays. Pour les constellations, une fois tous les satellites lancés, l'infrastructure est disponible sur l'ensemble de la planète.

Il y a une vingtaine d'années, les progrès de la technologie permettant d'envisager la réalisation de tels systèmes à court terme, les conférences mondiales de l'UIT (CMR) furent saisies de demandes en spectre considérables pour permettre cette réalisation. Satisfaire ces demandes représentait dans les deux cas un casse-tête technico-réglementaire pour autoriser sans risque de brouillage l'accès de ces systèmes au spectre attribué à d'autres systèmes terrestres ou par satellite. Au prix de difficiles négociations, la CMR-97 résolut ce casse-tête et les CMR suivantes complétèrent ses décisions par la mise à disposition de spectre additionnel.

La crise du début des années 2000 vint à bout des projets de l'époque, mais aujourd'hui, les progrès récents de la technologie et les décisions prises par l'UIT il y a plus de vingt ans font que le déploiement de ces systèmes est désormais une réalité. C'est un des rares exemples où la réglementation mondiale a précédé la technologie.

Plateformes à haute altitude

Par **Christine MENGELLE**

Thales Alenia Space

Initialement utilisées à des fins scientifiques pour la météorologie ou la surveillance de l'environnement, les plateformes à haute altitude ont suscité un intérêt croissant depuis la fin des années 1990, comme complément de connectivité radio des réseaux terrestres et à satellites. Les principaux avantages du positionnement de ces plateformes dans la stratosphère sont de permettre une large zone de couverture, tout en étant situées au-dessus du trafic aérien commercial et des forts courants de vents (courants-jets).

Depuis trois décennies, les progrès technologiques et une meilleure connaissance de l'environnement stratosphérique ont permis d'améliorer la viabilité de projets de plateformes à haute altitude. En parallèle, depuis 1997, l'environnement réglementaire a favorablement évolué avec l'identification par l'Union internationale des Télécommunications (UIT) de bandes de fréquences dédiées permettant le déploiement de ces nouveaux types de service.

Atouts des stations à haute altitude

Les plateformes à haute altitude présentent des avantages opérationnels indéniables, liés notamment à la taille de leur zone de couverture (plus large que des réseaux terrestres classiques) associée à

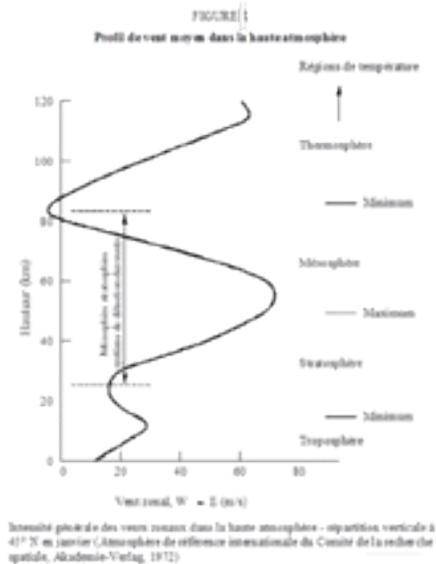
une très faible latence (comparée à celle des satellites). A ce titre, elles sont donc particulièrement intéressantes pour assurer des opérations de surveillance pour des applications civiles et de défense, ou de télécommunication pour des applications de connexité large bande ou mobiles terrestre.

Ces stations présentent également l'avantage d'être déployables très facilement avec une infrastructure de réseau et une maintenance au sol minimales, dans des zones isolées géographiquement (montagneuses, désertiques...) ou suite à un sinistre (tremblement de terre, cyclone...).

En outre, elles peuvent facilement être ramenées au sol pour assurer leur maintenance ou leur évolution, cette dernière pouvant consister à remplacer la charge utile pour embarquer des technologies plus avancées, ou à changer de mission.

Ce type de plateforme offre donc une excellente complémentarité avec les solutions terrestres et à satellites en termes de connexité radio.

Contraintes techniques et technologiques



Ce concept de plateformes opérant dans un environnement stratosphérique implique des défis technologiques importants liés à des domaines aussi divers que l'avionique, l'efficacité des panneaux solaires, le stockage de l'énergie, les matériaux composites et les antennes. Ces défis, qui ont longtemps été un frein à leur développement depuis les premiers projets des années 1990, sont en passe d'être relevés avec les projets qui ont vu le jour ces dernières années.

L'opération de ces plateformes impose d'autres contraintes techniques telles que le maintien d'une position quasi stationnaire au-dessus de la zone desservie au sol. A cet égard, le choix de l'altitude opérationnelle (typiquement autour de 20 km) présente l'avantage de se situer au-dessus des courants-jets (situés entre 10 et 15 km), dans des zones où les vents sont beaucoup moins forts. Les plateformes peuvent ainsi planer ou se mouvoir selon un modèle prévisible, au-dessus de l'altitude maximale de l'espace aérien contrôlé.

Deux grands types de plateformes ont ainsi vu le jour pour répondre à ces contraintes : celles de type ballons dirigeables (ou *LTA* : *Lighter Than Air*) et celles de type drones (ou *HTA* : *Heavier Than Air*). Ces choix sont souvent historiques de la part des constructeurs, et répondent à des contraintes avioniques et à des exigences de maintenabilité en vol différentes.

Les plateformes à haute altitude à l'UIT

L'exploitation de plateformes depuis la stratosphère implique également des contraintes réglementaires liées à l'émission de fréquences radio à 20 km d'altitude, ceci afin de garantir un environnement radioélectrique viable pour ces plateformes ainsi que pour les autres utilisateurs du spectre.

Dès 1997, la Conférence mondiale des Radiocommunications (CMR-97) décide de définir un nouveau type de station dans le Règlement des Radiocommunications (RR) pour décrire ces stations à haute altitude ou HAPS (*High Altitude Platform Station*) : « Une station installée sur un objet placé à une altitude comprise entre 20 et 50 km et en un point spécifié, nominal, fixe par rapport à la Terre » (No. 1.66A du RR). Pour la première fois, la CMR-97 décide également d'identifier des bandes de fréquences pour lesquelles l'opération des HAPS est désormais autorisée au niveau mondial : 47.2-47.5 GHz et 47.9-48.2 GHz.

Toutefois, il s'avère que dans certaines zones du globe (notamment tropicales), cette gamme de fréquences est fortement contrainte par les affaiblissements dus à la pluie, rendant son utilisation par les HAPS très difficile d'un point de vue technique. Pour répondre à cette difficulté, la CMR-2000 identifie des nouvelles bandes de fréquences pour les HAPS à 28 GHz (27.9-28.2 GHz, sens HAPS-Terre) et à 31 GHz (31-31.3 GHz, sens Terre-HAPS) dans 23 pays majoritairement situés en Asie, mais sur une base de non-protection, non-brouillage vis-à-vis des autres services utilisant ces bandes.

Devant l'essor des réseaux mobiles, la CMR-2000 décide également d'autoriser l'utilisation des HAPS comme stations de base de réseaux de télécommunications mobiles internationales (IMT) dans les bandes de fréquence comprises entre 1.9 GHz et 2.1 GHz. Cette décision est complétée à la CMR-12 par une identification de fréquences pour les HAPS de 2 x 80 MHz dans la bande 6 GHz, limitée à des « liaisons passerelles » (*Gateways*), pour la connexion entre stations de base des réseaux mobiles. Cette identification est limitée à cinq pays, là encore sur une base de non-protection, non-brouillage.

Compte tenu des difficultés de partage du spectre posées par les HAPS, la CMR-12 a également décidé de limiter leur exploitation aux bandes de fréquences expressément identifiées dans l'article 5 du RR (No. 4.23).

Les futurs usages des HAPS

Depuis quelques années, des avancées technologiques majeures ont permis de démontrer la viabilité des HAPS. Ceci s'est concrétisé par l'émergence de nombreux projets dès le début des années 2010, portés notamment par Thales Alenia Space, Airbus ou Lockheed Martin.



Figure 2 : Exemple de HAPS HTA en cours de développement
©Thales Alenia Space

Lors de la CMR-15, à l'initiative de Facebook, un nouveau point d'ordre du jour pour la CMR-19 a été proposé portant sur l'identification de fréquences HAPS pour faciliter l'accès aux applications large-bande à l'échelle mondiale. Après quatre années d'études de partage détaillées menées à l'UIT, la CMR-19 a identifié les bandes de fréquences 31-31,3 GHz (sens HAPS-Terre) et 38-39,5 GHz pour une utilisation mondiale par les HAPS, ainsi que les bandes 21,4-22 GHz et 24,25-27,5 GHz en Région 2 (continent américain).

Par ailleurs, la CMR-19 a chargé la CMR-23 d'étudier la possibilité, pour une station HAPS, d'utiliser les mêmes bandes de fréquences que les stations de base IMT au sol pour étendre la connectivité large bande mobile aux communautés mal desservies et aux zones isolées, en dessous de la bande de fréquences 2.7 GHz.

Conclusion

Les progrès technologiques dans les domaines des matériaux composites, de l'avionique, des cellules solaires, des batteries et des moteurs électriques permettent désormais d'envisager le déploiement à court terme de projets de stations à haute altitude.

Les récentes décisions de la CMR-19, qui a d'une part identifié des bandes harmonisées aux niveaux mondial et régional pour les HAPS pour des applications de connectivité large-bande, et d'autre part décidé d'étudier l'utilisation de stations placées sur des plateformes à haute altitude en tant que stations de base IMT, contribuent d'une façon majeure à la mise en place d'un cadre réglementaire propice indispensable au développement de ces plateformes.

Constellations de satellites

Par **François RANCY**

Dès les premières années de l'ère spatiale, les satellites géostationnaires (GSO) se sont imposés pour la fourniture de services commerciaux de télécommunications spatiales. La raison en est simple : l'orbite des satellites géostationnaires, située dans le plan de l'équateur à l'altitude de 36 000 km, est la seule qui permette à un satellite de rester fixe par rapport à la Terre. La station terrienne qui l'utilise n'a donc besoin que d'une seule antenne pointée dans une direction fixe de l'espace alors que dans le cas d'un système à satellites non géostationnaires (NGSO), il lui faut plusieurs antennes qui doivent en permanence changer de direction de pointage pour assurer un suivi sans coupure. De plus, un système de trois satellites GSO permet d'assurer une couverture quasi totale de la planète, à l'exception notable des zones polaires (typiquement au-delà de 60° de latitude, où ces satellites ne sont plus visibles), alors qu'un système à satellites NGSO nécessite, pour assurer une couverture mondiale permanente, un minimum d'une douzaine de satellites, ces satellites passant la plupart de leur temps à couvrir des zones non habitées. Ces raisons expliquent la domination quasi exclusive de l'orbite des satellites géostationnaires sur toutes les autres orbites depuis près de soixante ans pour les liaisons commerciales fixes ou de radiodiffusion.

Ainsi, le **No. 22.2**⁽¹⁾ du Règlement des Radiocommunications (RR) précisait, depuis le début de l'ère spatiale, que « les systèmes à satellites non géostationnaires ne doivent pas causer de brouillages inacceptables aux réseaux à satellite géostationnaire du service fixe par satellite et du service de radiodiffusion par satellite fonctionnant conformément aux dispositions du présent Règlement et ne doivent pas demander à bénéficier d'une protection vis-à-vis de ces réseaux ».

(1) Pour éviter toute complication inutile, cet article retient la numérotation des dispositions du RR en vigueur depuis la CMR-97. Avant cette conférence, qui remania entièrement le RR, ces dispositions existaient généralement, mais avec un numéro différent.