

La transmission internet par satellite et l'Afrique :
matérialité du système

Eric Bernard

GERT/GEMS/UPV

Draft du 23 mars 2000 (prépublication pour le bulletin de l'AGF)

Avec la multiplication des projets de télécommunications par satellite et leur médiatisation l'accès universel à internet semble assuré. Non-localisés, permettant une équité territoriale parfaite par une couverture globale de la planète, fonctionnant sur le principe de transmissions immatérielles, beaucoup d'éléments sont réunis pour faire des satellites un système technique n'intéressant que très marginalement la géographie.

Vouloir s'intéresser à ce système sur un seul continent - l'Afrique - et plus précisément sur un seul type de transmission - la transmission TCP/IP dite Internet -, semble donc une démarche très peu géographique.

L'Afrique est le paradigme même des besoins de la planète en matière de transmission satellites. Toutes les difficultés auxquelles le système satellitaire permet d'échapper y sont une réalité : dépendance envers des infrastructures de communication peu entretenues, qualité de service très mauvaise, zones rurales importantes et à l'écart de toute infrastructure, attente importante avant d'être raccordé aux systèmes de communication, nombreux pays sans façades maritimes (et donc sans accès aux points d'atterrissage des câbles sous-marins), prix important du raccordement du "dernier kilomètre".

Internet de son côté n'est plus une technique parmi d'autres mais devient le point de convergence des autres technologies d'information et de communication : télévision, téléphone, visioconférence s'ajoutent aux applications traditionnelles d'internet que sont principalement la messagerie électronique, le transfert de données, le world wide web. Avec la nouvelle version du protocole Internet (IPV6 ou IPng), les réseaux électroniques ne seront plus limités à des connexions entre ordinateurs. Toute machine pourra disposer d'une adresse et sera donc accessible sur le réseau, de la machine à café au téléphone portable. C'est dire que l'avenir d'internet est assuré et que l'insertion dans ce réseau global n'en sera que plus nécessaire (sinon désirable).

Les problèmes d'infrastructures sont aujourd'hui un frein au développement d'internet en Afrique. Les systèmes satellitaires sont donc présentés comme la solution la plus réaliste et la plus efficace, puisqu'ils n'auraient que très peu à faire avec l'existant en terme d'infrastructure.

Cette communication a pour but de montrer que la présentation a-spatiale des satellites ne correspond qu'en partie à la réalité et qu'il existe bien une géographie des télécommunications par satellites même si celle-ci est éludée, comme la plupart des éléments ayant trait à la territorialité des nouvelles technologies d'information et de communication, dans les discours officiels des décideurs et dans les médias.

I - Les systèmes satellitaires internet pour l'Afrique

Il est important de distinguer les satellites régionaux et les systèmes satellitaires à couverture globale. Les satellites régionaux sont situés sur orbite géostationnaire (GEO : Geostationary Earth Orbit) à 36000 km de la Terre. Leur orbite étant circulaire, située dans le plan de l'équateur, ces satellites restent fixes par rapport à la terre. Un satellite géostationnaire utilise un réflecteur de manière à couvrir une zone bien définie. En pratique, l'angle de pénétration de ces satellites rend la transmission difficile pour une latitude supérieure à 75°. Même pour les latitudes comprises entre 45° et 75°, ce problème se pose dès que le relief n'est pas plat (urbanisme compris). Il faut noter que ce problème ne se pose pas pour le continent africain, compris entre 40° Nord et Sud de latitude. Pour remédier à ce problème, il faut utiliser des orbites légèrement inclinées et utiliser plus de satellites qui se relaient. Ces satellites, de part l'altitude de leur orbite, ont des délais de transmission moyens élevés (de l'ordre de 0.27 seconde), augmentant avec la latitude. Ces différentes contraintes font qu'ils sont peu utilisés pour la transmission de données interactive, qui se fait plutôt grâce aux satellites en orbite basse.

Les satellites en orbite basse (LEO : Low Earth Orbit) ne sont pas fixes par rapport à la Terre. Pour qu'un point ait accès au système il faut donc multiplier les satellites (50 au minimum pour une couverture globale), ce qui donne alors une constellation de satellites¹. Ce sont les projets de grandes constellations qui sont aujourd'hui privilégiés par les opérateurs de satellites dès qu'il s'agit de téléphonie ou de transfert de données. Ces satellites étant plus proche de la terre - leur délai de transmission étant ainsi plus court - permettent l'utilisation de terminaux de réception de taille très réduite, adaptée par exemple à la téléphonie mobile. Par contre, leur nombre et leurs mouvements impliquent une meilleure gestion de leur synchronisation.

¹ Bien que le terme de constellation de satellites soit en général réservé aux grands systèmes de satellites LEO, il arrive que les systèmes de plusieurs satellites GEO en orbite elliptique soient également appelés constellations.

Tous les systèmes satellites ne présentent donc pas les mêmes caractéristiques pour la transmission de données par Internet. Le protocole TCP qui permet de transporter les informations internet est en effet dégradé lors de son passage par un lien satellitaire en terme de délai, d'erreurs de transmission, et d'asymétrie de l'utilisation. Chaque type de contrainte amène des améliorations qui ont lieu soit au niveau externe à TCP soit par des modifications internes au protocole lui-même. Malgré les contraintes, internet par satellite est une réalité et sa qualité de service (QoS) présentée comme mauvaise dans de nombreux débats ne fait référence qu'à la qualité de service théorique optimale. Dans les cas où aucune connectivité n'existe, cette qualité de service, même mauvaise, n'est pas un vrai problème [Sepmeier, 1997].

Les systèmes satellitaires permettant d'assurer l'interactivité des sessions internet (web, telnet, ftp...) sont représentés en Afrique par une profusion de projets.

Skybridge se compose de 80 satellites sur 20 plans orbitaux. La date de mise en service est prévue pour 2001 pour la moitié de ses satellites. Le système global ne devrait pas être en service avant 2002.

Teledesic est le projet de constellation non-géostationnaire le plus ambitieux, puisqu'il comprendra 288 satellites LEO distribué sur 12 orbites. Egalement appelé "internet-in-the-sky", ce projet a fusionné avec le projet Celestri (lui-même étant basé sur les systèmes abandonnés West et M-Star) de Motorola. La date de mise en service est prévue pour 2003.

Ces deux constellations sont basées sur les choix architecturaux déjà effectués pour la téléphonie : Globalstar et Iridium respectivement.

A ces constellations il faut ajouter les projets de transmission internet par satellites géostationnaires comme le récent projet Astrolink de la corporation Lockheed Martin. Celui-ci est basé sur un réseau de 9 satellites GEO au total communiquant entre eux par des liens optiques inter-satellites. La date de mise en service est prévue pour 2003 en ce qui concerne l'Europe, l'Amérique du Nord et du Sud. Les trois derniers satellites seront lancés à 6 mois d'intervalle pour assurer une couverture mondiale.

Euroskyway est un projet de 5 satellites géostationnaires ayant reçu récemment l'appui de la Communauté européenne. Conçu comme un service de "bande passante à la demande", il s'adresse aux opérateurs de télécommunications et de télévision ainsi qu'aux fournisseurs d'accès internet. Le premier satellite sera lancé au début de l'année 2001 et sera suivi d'un second l'année suivante. Cette première phase permettra de couvrir l'Europe et le Bassin méditerranéen. Trois satellites seront lancés dans une seconde phase qui permettra d'étendre la couverture à l'Afrique, l'Europe de l'Est et l'Asie.

Le projet Aquila d'Alcatel a été retenu par RASCOM, association régionale regroupant 44 pays africains, pour créer le premier satellite africain dont le lancement est prévu en 2002.

@Intelsat est le principal système actuellement existant permettant d'assurer l'interactivité des sessions de type internet (web, telnet...) à travers les satellites Intelsat. Ce type de service fonctionne depuis 1998 et prouve que les services internet peuvent être assurés par des satellites géostationnaires. Intelsat fournit le segment spatial pour des backbones ou des fournisseurs d'accès internet dans plus de 45 pays africains ; il ne fournit pas de service à l'utilisateur final.

Le second système fonctionnant actuellement est celui de Panamsat. Bien que nettement moins présent en Afrique qu'Intelsat, c'est lui qui assure par exemple la connection du fournisseur d'accès CAFE Informatique au Togo. Le choix entre Intelsat et Panamsat se fait surtout sur des raisons financières, sur la qualité du service après vente ainsi que sur le fournisseur d'accès principal (comme Unet pour Panamsat ou France Télécom et GlobalIP pour Intelsat).

Bien qu'il ne s'agisse pas d'un projet de transmission internet à proprement parler, il est intéressant de noter l'initiative originale de l'entreprise américaine Worldspace. Celle-ci, grâce à son service par satellite Afristar, envisage courant 2000 de proposer un service de "push" qui fournira à ses clients une sélection de sites web de manière unidirectionnelle. Ainsi, ses clients pourront bénéficier d'un contenu web sans connectivité internet. Contraire à la philosophie d'internet, cette initiative pose des questions plus vastes sur la participation des interstices du Réseau global. Internet devient ici clairement un objet de consommation au même titre que la télévision.

Ainsi la plupart de ces systèmes satellitaires sont en projets, sauf Intelsat qui est déjà le système de télécommunication par satellite le plus représenté en Afrique et qui dispose de ce fait de l'expérience et d'une base importante d'utilisateurs et Panamsat qui reste pour l'instant un concurrent réel mais marginal. De plus la communication par satellite n'est pas un fait nouveau en Afrique. Outre la téléphonie, la radio et la télévision,

certaines systèmes satellitaires comme celui géré par les ONG Vitasat et Satelife existent depuis 1994 pour la transmission de courrier électronique.

La multitude de projets permet-elle d'envisager une indifférenciation des territoires vis-à-vis de ces techniques ?

II - Le segment terrestre

Un système satellitaire est constitué d'une partie spatiale - le satellite lui-même - et d'une partie terrestre sans laquelle les satellites ne peuvent pas être administrés d'une part et ne pourraient délivrer d'information d'autre part.

Il a été abordé précédemment les différents types de satellites en matière de couverture. La zone de couverture finale se présente sous la forme d'un disque sur la surface terrestre qui porte le nom d'empreinte. Une autre caractéristique géométrique importante est l'angle d'élévation. Une zone de relief empêche en effet la transmission depuis et vers un satellite trop près de la ligne d'horizon. La qualité de la propagation dépend donc de plusieurs facteurs comme le relief, la distance du satellite, l'épaisseur de l'atmosphère traversée, les fréquences utilisées (les hautes fréquences sont plus sensibles que les autres aux atmosphères humides), les autres sources de rayonnement électromagnétique. Il est hors de propos d'aller plus loin dans ces détails techniques. Il suffira de souligner que la zone théorique de couverture est altérée, de manière plus ou moins ponctuelle, par des facteurs physiques bien connus et généralement bien gérés par les opérateurs de systèmes satellitaires.

La zone de couverture réelle n'est pourtant toujours pas une zone indifférenciée, même après résolution de ces altérations physiques.

Bien que l'allocation des bandes de fréquences se fasse au niveau international par l'Union Internationale des Télécommunications lors des Conférences Mondiales des Radiocommunications, chaque État dispose de pouvoirs étendus. Ces pouvoirs se manifestent pour le lancement et l'exploitation de satellites qui nécessitent des autorisations et des licences nationales, cas qui ne se pose pas encore pour l'Afrique. Mais surtout l'État intervient sur deux aspects de l'usage de la transmission satellite sur son sol. D'une part l'État intervient de manière souveraine sur la gestion du spectre comme pour l'assignation et la coordination des fréquences pour les liaisons entre terminaux, satellites et stations de connexions, dans la limite du non-brouillage du spectre hors de ses frontières. L'État accepte donc, ou pas, l'utilisation de la transmission par un satellite donné en fonction des fréquences nationales disponibles. L'autre aspect, non moins important, est l'autorisation par l'État de la libre circulation des terminaux et équipements nécessaires à la réception/émission vers un satellite.

Une fois l'autorisation de l'État acquise encore faut-il trouver les partenaires locaux. La tendance actuelle est en effet de laisser la partie terminale du segment terrestre à des opérateurs locaux, qui en supportent les coûts parfois très élevés (moins le satellite est puissant plus le coût de la station terrestre de réception est élevé). Cela implique que chaque système satellite n'est pas assuré d'être un lien internet pour un pays donné tant qu'il n'a pas de clients dans ce pays pour relayer ses informations. La concurrence entre les systèmes satellitaires ne va faire que renforcer cette tendance au fractionnement de la desserte réelle des satellites. Ainsi un pays pourra avoir trois opérateurs utilisant trois satellites distincts alors qu'un autre pays pourra avoir dix opérateurs utilisant le même satellite.

Les opérateurs de satellites ne fournissent en effet le plus souvent que le "tuyau" et les stations de contrôle des satellites. Aucune de ces stations n'est basée sur le continent africain. Seules les stations passerelles terrestres sont réparties sur le continent. On peut distinguer 4 sortes de stations terrestres pour la transmission internet [Ducreux, 1998] :

- Les stations passerelles (gateways) qui permettent de connecter le satellite aux réseaux locaux existants. Leur coût est très élevé.
- Les stations à capacité moyenne, de taille variable pour les petits réseaux privés
- Les stations VSAT (Very Small Aperture Terminal) qui sont des réseaux de petits terminaux dépendant d'une station terrestre principale en constituant le point nodal (hub).
- Les simples récepteurs ne sont qu'une possibilité encore largement inexplorée dans le cas de l'Afrique. La transmission Internet via un téléphone portable lié directement à un satellite est néanmoins un secteur à l'avenir très prometteur.

Des combinaisons sont bien évidemment possibles. C'est le cas de Network Computer System au Ghana qui fut en 1995 le premier fournisseur d'accès à offrir une connectivité complète à Internet en Afrique de l'Ouest via une ligne spécialisée et qui aujourd'hui fournit ses services grâce d'une part à une station passerelle vers Intelsat, d'autre part grâce à une station VSAT se connectant à un hub qui utilise également Intelsat pour faire le lien avec MCI aux Etats-Unis.

Il est important de différencier les systèmes fournissant de la bande aux fournisseurs d'accès internet et ceux dirigés vers l'utilisateur final. Skybridge et Euroskyway proposent ainsi des services directement à l'utilisateur final, qui seront munis d'antennes pour la transmission satellite. Pour Skybridge, ces antennes devraient coûter environ 700\$ et l'accès au service autour de 30 à 40\$ par mois. Grâce à ce type de système il est possible d'envisager une plus grande répartition des utilisateurs internet sur les territoires. D'un point de vue topologique, ces solutions représentent une topologie en étoile. A l'inverse, des systèmes comme Teledesic, Intelsat et Astrolink ne desservent que des fournisseurs d'accès. Il s'agit alors d'un lien vers un lieu précis, relayé ensuite par les réseaux terrestres. Loin d'indifférencier le territoire ces systèmes renforcent la capacité en des points précis de l'espace. Ces systèmes permettent d'améliorer le débit et la qualité de service à partir de leur stations au sol, mais ne résolvent pas par eux-mêmes les problèmes d'infrastructures existants entre l'utilisateur final et/ou les fournisseurs d'accès non-connectés directement et les stations passerelles. D'un point de vue topologique, ces solutions représentent une topologie classique en arbre.

On voit donc ici que la notion de couverture potentielle des réseaux satellites est insuffisante pour caractériser le territoire connecté.

Seuls les systèmes orientés vers l'utilisateur final permettent d'envisager une indifférenciation de l'espace desservi. N'importe quel utilisateur pourrait se connecter où qu'il soit. Mais il faut néanmoins préciser, qu'outre le coût somme toute élevé de l'équipement et de l'accès empêchant de fait l'accès à une partie importante de la clientèle potentielle, il ne suffit pas que le système fonctionne sur une zone pour que l'information sur ce système soit diffusée dans cette même zone. Lorsqu'une ligne téléphonique arrive dans un village, tout le village est au courant. Lorsqu'un satellite dessert potentiellement ce village, les villageois n'ont pas forcément accès à cette information. Il y a, en Afrique comme ailleurs, une corrélation forte entre le niveau de vie et l'accès à l'information. Les utilisateurs potentiels, pour lequel le système satellite répondra à des besoins et qui en auront les moyens, auront l'information et sauront comment s'équiper. Le satellite ne joue pas dans le sens d'une plus grande égalité de l'accès à l'information mais renforce les accès existants à l'information.

Les systèmes satellitaires, outre le nombre déjà souligné de projets concurrents, ont également à faire face à une concurrence d'autres technologies.

III - Les satellites et leurs concurrents

Les systèmes satellitaires orientés vers l'utilisateur final offrent tous les avantages des satellites. Ils peuvent être redondants avec le réseau téléphonique commuté (RTC) mais cela ne représente une concurrence qu'en terme de coût. Le réseau téléphonique en Afrique, là où il existe, est en effet assez mal approprié pour la connectivité internet, notamment en terme de débit et de qualité de service.

Les réseaux satellitaires offrant des services aux fournisseurs d'accès ont par contre à subir d'autres concurrences, celle des faisceaux hertziens mais surtout celle des câbles sous-marins. Les faisceaux hertziens sont utiles sur des réseaux de courte distance avec peu de relief mais nécessitent des antennes puissantes. Ils sont de plus en plus supplantés par les satellites, sauf pour les réseaux locaux. Les technologies de fibre optique utilisées pour les câbles sous-marins ont connu une progression qualitative remarquable ces dernières années. Leur débit élevé en fait un concurrent sérieux pour les satellites, d'autant que les délais de transmission sont bien moindres. En réalité, tous les analystes s'accordent sur la complémentarité entre câbles et satellites, complémentarité d'autant plus souhaitable pour les acteurs industriels qu'ils sont généralement positionnés sur les deux secteurs. Plus encore que les satellites les câbles sous-marins sont une technologie appropriée pour une grosse structure proposant l'accès à des fournisseurs secondaires. De plus l'Afrique est très sous-équipée en câbles, hormis pour le Maroc, le Sénégal, la République Sud-Africaine, Djibouti et l'Egypte. Cependant le projet SAT-3/WASC, prévu pour être mis en service en 2001, desservira 10 pays africains de la côte atlantique. Enfin, seuls les pays côtiers ont, par définition, potentiellement accès à cette technologie.

Les réseaux satellitaires ont donc plus à craindre une concurrence interne à leur secteur qu'une concurrence provenant d'une autre technologie. Dans le cadre du développement d'internet en Afrique les impacts de cette concurrence ne sont pas à négliger. L'aspect positif mainte fois souligné de la libre concurrence en terme de baisse des coûts et d'amélioration des services est important pour un continent sous-équipé. Plus négatives sont les hypothèses d'échecs de certains de ces systèmes. En effet les systèmes dirigés vers utilisateur final sont plus sensibles que les autres au nombre de clients pour le retour sur investissement, surtout lorsqu'ils sont régionaux et ne peuvent envisager de péréquation sur l'usage mondial. Les systèmes orientés vers le service aux fournisseurs d'accès est moins sensible aux variations du nombre de consommateurs, les contrats étant plus élevés et sur plus long terme. Les systèmes mondiaux, comme Intelsat pour lequel en 1998 l'Afrique représente 5% de son chiffre d'affaire et 8% de ses investissements, peuvent se permettre de ne pas avoir un retour immédiat sur investissement en Afrique. Les récents déboires financiers des constellations satellitaires de

téléphonie Iridium et ICO montrent néanmoins la nécessité d'un plan de développement commercial réaliste, à moins que ces réseaux ne soit structurellement subventionnés par les États ou les institutions internationales.

Conclusion

Les systèmes satellitaires permettent bien d'améliorer l'accès à internet en Afrique, mais cette amélioration n'est pas répartie uniformément sur le territoire pour des raisons diverses, dont les raisons sociologiques et économiques ne sont pas les moindres. Qu'ils s'adressent aux fournisseurs d'accès ou à l'utilisateur final, les réseaux satellitaires offrent une desserte techniquement homogène sur un territoire mais ne modifient en aucun cas l'inégalité d'accès à l'information existante sur ce territoire. Il serait donc particulièrement faux de se représenter l'accès à internet comme une aire couvrant l'Afrique alors qu'il ne peut s'agir que de la couverture potentielle ; la représentation en arbre et en étoile est toujours d'actualité, portant avec elle la question de la hiérarchie des nœuds. La tendance à la déterritorialisation dans les discours et dans certaines pratiques est donc dommageable à la compréhension globale du phénomène internet en Afrique.

Cette communication s'est basée volontairement sur une seule échelle - celle du continent africain - et sur un seul aspect de la géographie des télécommunications par satellite - les infrastructures nécessaires à la transmission internet. En se penchant sur l'échelle planétaire et en incluant les questions de pouvoir (souveraineté nationale, espionnage, relation entre États et entre entreprises, rôle des multinationales...) et les questions économiques et sociales (flux économiques, transfert de technologie, formation et migrations des techniciens...), c'est une autre dimension géographique qui serait abordée, toute aussi nécessaire et pertinente, mais qui reste encore à écrire.

Bibliographie

- ALTMAN (Eitan), FERREIRA (Afonso), GALTIER (Jérôme), Les réseaux satellitaires de télécommunication : technologies et services, Ed. Dunod, coll. Informatiques, 1999
- BROWN (Peter J.), "IP-Over-Satellite: A Global Solution Now", octobre 1998, 13 pages., <http://www.satellitetoday.com/viaonline/backissues/1998/1098ip.htm>
- DUCREUX (Ariane), "Les satellites, une solution pour l'Afrique ?", projet de fin d'études, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Juin 1998.
- LEPELTIER (Valérie), GILLE (Laurent), "Satellites LEO : quels marchés en termes de services de télécommunications mobiles ?", Communications & Stratégies, n°10, 1993, IDATE, Montpellier.
- MALAVIALLE (Anne-Marie), PASCO (Xavier), SOURBÉS-VERGER (Isabelle), Espace et puissance, Ed. Ellipses, coll. Perspectives stratégiques, 1999, 204 p.
- MARCHAL (Jean), "Nouvelle donne, nouveaux réseaux. Les infrastructures d'information et de communication en Afrique et les perspectives à horizon 2002/2003", in Enjeux des technologies de la communication en Afrique, Annie Chéneau-Loquay (éd.), Ed. Karthala, 1999, p.67-90.
- RAPP (Lucien), "Communications par satellites et autoroutes de l'information", Communications & Stratégies, n°24, 1996, IDATE, Montpellier.
- SEPMEIER (Bill), "Worldwide TCP/IP Using Satellites. The Great Debate", 1997, <http://www.satmagazine.com/debate.html>
- WOOD (Lloyd), CLERGET (Antoine), ANDRIKOPOULOS (Ilias), PAVLOU (George), DABBOUS (Walid), "IP routing issues in satellite constellation networks", preprint de l'International Journal of Satellite Communication, 1999.
- WOOD (Lloyd), Lloyd's satellite constellation (site web) : <http://www.ee.surrey.ac.uk/Personal/L.Wood/constellations/>
- ZHANG (Yongguang), DE LUCIA Dante, RYU (Bo), DAO (Son K.), "Satellite Communications in the Global Internet : Issues, Pitfall and Potential", INET'97, Kuala Lumpur, 24-27 juin 1997. [Http://info.isoc.org/inet97/proceedings/F5/F5_1.htm](http://info.isoc.org/inet97/proceedings/F5/F5_1.htm)