

2

Nouvelle donne, nouveaux réseaux

Les infrastructures d'information et de communication en Afrique et les perspectives à horizon 2002/2003

Jean MARCHAL*

Résumé : *La situation des télécommunications en Afrique n'est pas bonne au regard de tous les indicateurs classiques qui caractérisent l'activité des télécommunications. La vitesse de progression de l'amélioration des indicateurs est plus faible que partout ailleurs. Seule une faible part des populations africaines bénéficie du téléphone et des services dérivés. Les villes concentrent les ressources en télécommunications alors que la demande est partout croissante. Le déploiement du réseau se heurte à des coûts élevés, bien que l'apparition de nouvelles technologies laisse augurer de nouveaux développements favorables aux zones rurales. Cependant, l'Afrique est beaucoup moins armée que les autres continents pour affronter le choc de l'ouverture totale du secteur à la concurrence mondiale qui se constate aujourd'hui. L'apparition, en novembre 1998 des réseaux mondiaux de télécommunication de type Iridium ou Globalstar va achever la déstabilisation des opérateurs historiques de télécommunications, lorsqu'ils ne sont pas partenaires d'un opérateur majeur.*

Le contexte général des télécommunications

Un monde des télécommunications en plein bouleversement

Le monde des télécommunications est en plein bouleversement. Les innovations technologiques se succèdent à un rythme de plus en plus

* Expert en télécommunications.

rapide et imposent des modifications législatives et réglementaires à tous les pays.

a) La donnée essentielle est une chute extraordinaire des coûts de transmission, en raison d'une augmentation permanente des capacités en bande passante des nouveaux supports en fibre optique ou des possibilités apportées par la compression des signaux en ce qui concerne les voies satellites.

b) Les coûts de commutation ont également tendance à chuter, mais moins rapidement, et sous l'effet de la concurrence entre fabricants d'autocommutateurs.

c) Le coût de la distribution classique par technologie filaire (boucle locale) reste élevé. Néanmoins, de nouvelles technologies apparaissent, la boucle locale radio, permettant de faire chuter les coûts.

De nombreux économistes dans l'environnement de la Banque Mondiale, prolongeant les courbes avec ce qu'ils ont constaté depuis une vingtaine d'années pronostiquent des coûts de la communication vocale internationale proches de zéro. La téléphonie vocale constitue actuellement 80 % des recettes des opérateurs de télécommunications dans le monde. Le coût a vocation à passer à quelques centimes de l'heure en international d'ici 2005. Cependant, rien ne prouve que ce pronostic ait une validité sur les marchés extrêmement étroits des pays d'Afrique subsaharienne, la tarification ne pourra pas rester néanmoins sans lien avec le coût de revient.

Une autre donnée essentielle du secteur des télécommunications dans le monde est l'explosion de la concurrence, en raison des gains importants ou supposés comme tels sur le marché des télécommunications et des nouvelles possibilités d'entrée sur ce marché. Un réseau de téléphonie publique était naturellement sous monopole, public ou privé il y a encore une quinzaine d'années en raison des investissements importants pour déployer un réseau de télécommunications. Désormais, de toutes petites structures peuvent être opérateurs de réseaux de télécommunications avec des capitaux peu importants, et même dans le cas du rétro appel (callback), quasiment sans capitaux : on assiste à un éclatement entre des réseaux physiques qui se banalisent et qui ne sont plus sous l'autorité des opérateurs historiques de télécommunication et des apporteurs de service qui gèrent un contact client et se déchargent de la gestion physique des infrastructures et des aspects comptables. Toute entreprise disposant d'une infrastructure ferroviaire, routière, toute entreprise gérant des

réseaux physiques peut se lancer avec des chances raisonnables de succès dans la fourniture d'infrastructures téléphoniques en complément de ses propres infrastructures. En France, les exemples sont nombreux (SNCF, RATP, Lyonnaise des Eaux, Compagnie Générale des Eaux, Sociétés d'autoroutes...). Aux Etats-Unis, 1 800 structures (de quelques salariés à des structures ayant plus de 100 000 salariés) offrent un service téléphonique sur le marché intérieur américain.

En Afrique subsaharienne

Les pays du Sud sont les pays du monde qui ont le maillage le plus fragile et dispersé. Suivant le rapport du PNUD de 1999, 93 % des utilisateurs du réseau mondial vivent dans les 20 % des pays les plus riches et 0,2 % des utilisateurs dans les 20 % les plus pauvres.

Le réseau téléphonique en Afrique a les caractéristiques moyennes suivantes

a) Une télédensité (nombre de lignes pour 100 habitants) généralement comprise entre 0,2 et 0,8 %. La télédensité est l'indicateur le plus couramment utilisé par les opérateurs de télécommunications, en matière de télécommunications fixes auquel il faut désormais rajouter le nombre d'accès en téléphonie mobile si on veut avoir une approche actuelle du nombre de personnes qui sont raccordées au réseau.

b) Une qualité de service médiocre. La bande passante du réseau commuté est souvent limitée à 2 400 bit/s. L'efficacité à l'arrivée peut se dégrader parfois jusqu'à 5 % (un appel téléphonique sur 20 est acheminé correctement).

c) Des tarifs extrêmement élevés : cela coûte plus cher de téléphoner entre deux villes éloignées du Burkina-Faso (5,60 F la minute) que de Paris à Los Angeles (2,93 F la minute en avril 1997 par l'opérateur France Télécom).

En 1990 déjà, le constat était fait par la Conférence Africaine de Développement des Télécoms d'une progression du développement des télécoms encore trop lente¹. En 1996, la situation - telle que recensée par l'Union Internationale des Télécommunications, l'UIT² - n'est pas

¹. Conférence Africaine de Développement des Télécoms (CADT-90) Rapport Final, UIT.

². Indicateurs des Télécommunications Africaines, UIT, 1998, Genève.

meilleure, et tout particulièrement en Afrique Subsaharienne. Selon les pays, l'état des réseaux téléphoniques est très inégal.

Dans l'ensemble, les régions urbaines sont le plus souvent relativement bien desservies même si les listes d'attentes demeurent importantes et que l'ensemble de la demande n'est pas satisfait. Ainsi, au Sénégal et en Côte d'Ivoire, 80 à 90 % du parc de lignes se trouverait en zones urbaines ou industrielles. A l'opposé, les zones rurales sont parfois totalement privées de raccordement au RTC (Réseau Téléphonique Commuté) de l'opérateur historique, alors que 80 % de la population active africaine vivrait en milieu rural (*voir l'article d'Annie Chéneau-Loquay*). La télédensité pour chaque pays devrait être étudiée en distinguant zone rurale et zone urbaine : l'immense majorité des personnes connectées au RTC (Réseau Téléphonique Commuté) se trouvant en zone urbaine, cela laisse supposer pour les zones rurales des télédensités infinitésimales.

Il est souvent question d'un seuil de télédensité de 1 à atteindre en l'an 2000 pour l'Afrique Subsaharienne mais la réalisation de cet objectif se heurte à des coûts d'infrastructure beaucoup plus élevés dans cette région que dans le reste de l'Afrique (où le coût estimé par l'UIT se monte à 1 500 dollars EU). Cette caractéristique handicapante se trouve expliquée et renforcée par le fait que le raccordement des zones rurales soit beaucoup plus onéreux qu'en zone urbaine : au Mali, le coût unitaire de raccordement des abonnés de zones rurales est 5 à 10 fois plus cher qu'en zone urbaine³. Le fait de réduire les coûts unitaires des investissements apparaît donc prioritaire par rapport au souci de trouver de nouvelles sources de financement (celui-ci étant assuré de manière générale pour une grande partie par l'opérateur historique lui-même).

Au vu des taux de télédensité actuels en Afrique Subsaharienne, et plus particulièrement en milieu rural, il apparaît que le potentiel d'expansion de la téléphonie, sous une forme ou une autre, est important. La croissance potentielle des abonnés (à la fois urbains et ruraux) est estimée entre 10 et 30 % par an selon les pays⁴. Or, les opérateurs ont des difficultés à faire face à cette demande, en raison de la saturation, de la détérioration parfois des infrastructures existantes et de la nécessité de desservir de nouvelles régions où les utilisateurs potentiels sont peu solvables.

³. Estimation UIT/UNESCO, document sur le projet T.C.P.

⁴. Etude Technico économique sur la distribution sans fil en Afrique, *ibid*.

Les efforts financiers demandés sont d'autant plus incertains que les entreprises de télécommunication africaines sont pour la plupart mal gérées au regard des critères de gestion dans le secteur des télécommunications des pays développés. Prenant argument des insuffisances du secteur, la Banque Mondiale pousse à une ouverture totale des marchés de télécommunications en Afrique.

Ouverture partielle dans un marché étroit

Les entreprises, majoritairement publiques, les opérateurs historiques, disposent de ressources financières importantes⁵ et constituent bien souvent aux yeux des dirigeants politiques des pays africains des modèles à suivre dont il est difficile de se départir. Le chiffre d'affaires annuel moyen par ligne de téléphone en Afrique (quelques milliers de dollars) est largement supérieur au chiffre d'affaires moyen par ligne dans les pays développés (moins de mille dollars). Pourtant, actuellement, la plupart des pays importants ont plus ou moins ouvert leur secteur des télécommunications à la compétition. Les derniers pays qui s'ouvrent à la concurrence sont les pays les plus pauvres, comme la Mauritanie et ceux du centre de l'Afrique subsaharienne, comme le Mali, le Burkina-Faso et le Niger. Ce sont des pays qui représentent les marchés les plus étroits et où il est difficile d'avoir une mesure exacte de la clientèle solvable, car aucune étude fiable n'existe. La situation évolue donc ; les récents dossiers de privatisation au Congo, en Côte d'Ivoire et au Sénégal donnent quelques indications.

La majorité des grands opérateurs internationaux ne situent pas l'Afrique subsaharienne dans leur plan stratégique et ils l'affichent clairement : Deutsche Telekom, British Telecom en sont deux exemples. ATT a bien indiqué lors de la privatisation de Citelcom en Côte d'Ivoire qu'il ne s'associait pas à l'opérateur local Africa Bell, mais était un simple conseiller technique et fournisseur de matériel. Les dossiers de privatisation attirent donc peu les grands opérateurs. L'Asie, l'Europe de l'Est offrent des opportunités de chiffres d'affaires sans commune mesure pour les futurs opérateurs.

En effet, la taille des opérateurs historiques de télécommunications en Afrique est généralement en dessous de la taille critique : la taille des opérateurs se mesure au nombre de lignes téléphoniques ou en chiffres d'affaires.

⁵. En particulier grâce à la taxe de connection, voir plus loin l'article de James Dean.

L'Office des Postes et Télécommunications de Djibouti avait, au début de 1999, 4 000 lignes de téléphone, l'OPT de Mauritanie, 15 000 lignes, le Mali, de l'ordre de 25 000 lignes, le Burkina-Faso, plus de 30 000 lignes. Les deux pays les plus importants de l'Afrique de l'Ouest francophone, le Sénégal et la Côte d'Ivoire, disposent d'une centaine de milliers de lignes fixes et trente à trente cinq milliers d'accès GSM pour l'un, de 150 000 lignes dans le fixe et autant en accès GSM que se partagent 3 opérateurs pour l'autre.

Le chiffre d'affaires est en forte relation avec le nombre de lignes.

Ce problème de taille réduite est catastrophique pour les pays du Sud, car les coûts de structure s'amortissent sur un très petit nombre de lignes et la productivité en nombre d'agents pour 1 000 lignes est très basse (90 agents pour 1000 lignes alors que ce ratio évolue entre 2 et 4 agents pour 1000 lignes dans les pays développés).

L'opérateur historique France Télécom, qui disposait de partenariats traditionnels avec les opérateurs historiques africains a une position délicate, en raison de la dette importante contractée à son égard, de l'ordre de 1,4 milliard de francs français. France Télécom a affiché un intérêt dans les pays suivants d'Afrique : Sénégal, Cameroun, Côte d'Ivoire et Afrique du Sud. D'autres opérateurs s'introduisent sur le marché comme Telecom Malaysia, en Guinée. Toutefois, la récente crise financière en Asie du Sud-Est conduit Telecom Malaysia à se désengager et à essayer de vendre ses participations acquises en 1996/1997 sur le continent africain (Guinée Conakry, Afrique du Sud).

Telia, opérateur suédois, a été retenu provisoirement pour être opérateur de référence dans le capital de la Société nationale des télécommunications du Sénégal, la SONATEL (achat de 33 % du capital pour 700 Millions de francs, opérateur suédois, 20ème opérateur mondial avec deux partenaires financiers américains). Puis Telia a été éliminé en avril 1997. L'offre France Télécom a été prise en considération et la transaction finale s'est faite au mois de juillet 1997 à hauteur de 680 millions de francs. Par ailleurs, la SONATEL gère un réseau mobile de type GSM qui comptait fin 1998 30 000 abonnés.

Citelcom, l'opérateur historique de Côte d'Ivoire, a été privatisé à hauteur de 51 % de ses actions pour 1,06 Milliard de Francs Français, France Télécom étant retenu à la suite de l'ouverture des plis le 8 janvier 1997.

Un plan ambitieux de rattrapage du parc de lignes principales a pour but de faire passer le parc de 120 000 lignes à 410 000 lignes en quatre ans. Des mouvements sociaux importants avec des grèves dures impliquant la coupure du trafic téléphonique ont été constatés fin 1997 et janvier 1998. Des augmentations salariales de l'ordre de 25 % ont été concédées au personnel. Trois opérateurs privés, dont la SIM, filiale de France Télécom gèrent des réseaux GSM qui comptaient 150 000 abonnés au total en avril 1999.

Pour pallier les insuffisances de structures filaires, les communications mobiles se sont peu à peu développées. Le mauvais état du réseau de liaisons fixes en Afrique subsaharienne fait des systèmes mobiles une alternative idéale : rapidité à installer et modicité des coûts d'investissement initiaux. C'est pourquoi on constate à peu près partout en Afrique l'extension de la zone GSM. Il faut bien constater que cela reste pour le moment relativement cantonné à l'Afrique du Sud, mais la zone devrait s'étendre progressivement vers le Nord.

Du Nord au Sud, la téléphonie mobile a fait une percée nettement plus importante que prévu

Des pays comme la Côte d'Ivoire ou le Sénégal sont relativement ouverts, avec une concurrence plus forte à Abidjan qui a abouti à un marché réellement dynamique : 3 opérateurs mobiles en Côte d'Ivoire, un deuxième opérateur mobile au Sénégal. Le très fort développement du mobile en Côte d'Ivoire a surpris les spécialistes du domaine. On constate, comme partout dans le monde que les réalisations de vente de mobiles dépassent systématiquement les prévisions les plus optimistes.

La demande du client en Europe est la plus forte du monde actuellement. En France par exemple, à la fin mai 1999, avec un parc total de 13,4 millions d'utilisateurs, le taux de pénétration de la population est de 23 %. Il est prévu que le taux d'équipement en téléphones mobiles dépasse le nombre de lignes téléphoniques fixes et les objectifs de placement initiaux sont pulvérisés. Une autre tendance de fond observée est au prépayé : pas de facture, pas d'abonnement, pas d'engagement car le client achète un terminal et de façon séparée une consommation téléphonique qui se débite à l'aide d'une carte prépayée. Le poids du prépaiement en Europe oscille entre 60 et 70 % pour le Portugal. Il est aux alentours de 50 % en Espagne et en Belgique, supérieur à 20 % en Grande Bretagne et de l'ordre de 5 % en Allemagne. 30 millions de

clients utilisent le prépaiement en Europe, soit 30 % du total des clients. L'Europe est désormais le N°1 du prépaiement dans le monde.

L'Europe a su donc marquer des points très forts avec le développement de la téléphonie mobile aux normes GSM, qui sont des normes conçues d'abord en Europe avec un noyau dur de coopération franco-allemande. Le GSM se répand partout en Afrique comme dans le reste du monde et se trouve être le standard gagnant. De plus en plus de pays ont des accords de roaming ce qui signifie qu'en appelant un numéro mobile, on peut emprunter tous les réseaux ayant signé un accord avec une seule facturation à l'utilisateur et des reversements aux opérateurs dont le réseau a été utilisé.

Ceci donne naissance à des réseaux mondiaux de télécommunications qui offrent une continuité de service pour le client, même s'il s'agit de réseaux physiques simplement interconnectés. Le succès de tels dispositifs, non prévu au départ, explique tout à fait les difficultés de systèmes comme Iridium dont le principal avantage (une seule gestion, une seule facturation client) est ainsi battu en brèche par des systèmes dont le coût d'investissement ramené à l'accès GSM est relativement bas (moins de 1 000 dollars, alors que le chiffre d'affaires moyen par accès GSM est bien supérieur à 1 000 dollars). Iridium, projet conçu en 1990, ne pouvait pas prendre en compte ces développements du GSM, dont le fonctionnement à cette époque n'était pas complètement opérationnel dans les pays développés.

Les avancées en recherche développement réalisées au Nord auront ainsi bénéficié aux pays du Sud : un réseau GSM s'installe très rapidement dans un pays. La téléphonie mobile supprime les contraintes du réseau fixe en matière de prévision de la demande et mise en place de l'infrastructure fixe. Les réseaux mobiles se développent plus rapidement que les réseaux fixes en Afrique et le mobile semble bien correspondre à la culture de peuples qui sont constamment en mouvement.

Enfin, dans les pays du Nord, la convergence fixe-mobile est un chantier qui se développe actuellement extrêmement rapidement et où se situe un enjeu très important.

Les services Internet se développent extrêmement rapidement en Afrique comme partout ailleurs

Une multitude de fournisseurs de services Internet se sont mis en place en Afrique de l'Ouest, avec des variations fortes suivant les pays (Sénégal, Mali, Côte d'Ivoire...).

Il semble qu'un déséquilibre soit en train de se créer au profit des Etats-Unis qui prennent un leadership qui semble de plus en plus puissant avec une industrie du logiciel florissante (Microsoft) dont le système d'exploitation se transforme en quasi monopole de fait. Des entreprises comme Cisco, des prestataires comme America On Line tirent un profit large du développement d'Internet en fournissant des produits et services qui accompagnent son fantastique développement.

La diffusion d'Internet dans le monde reste conduite par tout ce qui se passe sur le continent nord-américain, même si l'Europe se développe activement également avec des taux de croissance qui représentent des doublement ou triplement d'activité par an.

Les solutions technologiques disponibles

Les systèmes mondiaux par satellite semblent avoir un avenir mal assuré

Les systèmes à constellations satellitaires en orbite basse devraient quant à eux ouvrir de nouveaux horizons dans la téléphonie rurale : il s'agit des systèmes Iridium, Globalstar, pour les prochains à être en service (fin 1998, début 1999). D'autres projets s'axant plutôt sur des systèmes classiques géostationnaires se mettent également en place, qu'ils soient totalement privés (Aquila d'Alcatel) ou issu d'un regroupement de pays africains (Projet RASCOM/BOT) (voir les aspects techniques en annexe).

Les difficultés d'Iridium et d'ICO qui ont fait faillite en 1999, ne doivent pas faire oublier que le concept de desserte par une constellation mondiale de satellite basse orbite répond bien aux besoins de l'Afrique. Tout l'espoir qui a été mis dans ces réseaux risquerait d'être déçu. Par ailleurs, les réseaux de génération suivante comme Teledesic ou Skybridge, les satellites large bande, pâtiraient de l'échec possible de la première génération des satellites à bande étroite.

Les raisons avancées pour expliquer l'échec probable sont nombreuses, entre la clientèle mal ciblée, les prix excessifs, le succès très large du

cellulaire terrestre, la complexité de la mise au point de la commutation embarquée.

Iridium : la mise sous la protection du chapitre 11 de la loi américaine sur les faillites, de l'opérateur Iridium appelle actuellement un regard méfiant sur la viabilité économique de ce nouveau type de réseaux. Pourtant, il s'agit là d'un concept intéressant pour l'Afrique, même si son équation technico-économique n'est pas actuellement résolue (des défaillances techniques, un prix trop élevé).

Le concept de s'affranchir en totalité d'infrastructures au sol est très intéressant pour des pays où la densité téléphonique restera extrêmement faible compte tenu de la dispersion de l'habitat et de la faible solvabilité⁶.

Globalstar : C'est un système plus simple techniquement que le système Iridium (pas de commutation embarquée sur le satellite) et donc avec un coût de revient de la communication moins élevée et un partenariat plus étroit avec les opérateurs historiques. On joue en outre la prudence en associant les technologies satellitaires et terrestres. Le système est opérationnel depuis octobre. En plus des 48 satellites en orbite basse, les partenaires de Global Star ont déployé 38 bases terrestres qui prennent en charge les communications sur le réseau filaire traditionnel⁷.

Inmarsat : Inmarsat offre des solutions éprouvées et à des prix compétitifs (2,6 dollars la minute tarif ONG) pour des communications internationales.

ICO : Le projet ICO se trouve en difficulté financière également. ICO a été en échec dans sa tentative de souscrire 600 millions de dollars. La constellation ICO nécessiterait 3,5 Milliards de dollars. Sa viabilité financière est mise en doute également par les spécialistes.

La boucle locale radio, une nouvelle donne

Les systèmes privilégiant une approche de boucle locale radio, ou encore de manière plus simple des liaisons radios aménagées apparaissent eux aussi comme des alternatives à un réseau filaire improbable dans des zones trop enclavées.

⁶. Mais présente le risque de créer une "désertification technologique du Sud", voir l'article de Pascal Renaud.

⁷. Le Monde du mardi 12 octobre 1999, p 21.

L'évolution technique permet aujourd'hui d'envisager les technologies radio comme une alternative au réseau filaire traditionnel. Les technologies radio permettent un déploiement rapide et adapté à la demande, pour des densités d'abonnés faibles et fortes. Tous les industriels promettent que ces technologies permettront d'offrir des services aussi perfectionnés que ceux proposés sur un réseau "filaire" (voix, Internet, vidéocommunication), avec en outre la possibilité de fournir des services de mobilité sur une zone réduite, pour un investissement initial relativement mesuré. C'est pourquoi la boucle locale radio constitue un enjeu important du développement des télécommunications, particulièrement en zones enclavées à faible densité, et un marché stratégique pour les opérateurs et les industriels.

La boucle locale est traditionnellement constituée de paires de cuivre, enterrées ou aériennes. Historiquement, le recours à la voie radio pour le raccordement d'abonnés est presque exclusivement réservé à la desserte d'habitats isolés ou difficiles d'accès. Plus récemment, la boucle locale radio a été utilisée dans les pays à faible taux de pénétration téléphonique pour fournir rapidement et à moindre coût une infrastructure et un service téléphoniques.

Le principe de la boucle locale radio est simple. Une station de base radio joue le rôle d'émetteur-récepteur et permet de relier immeubles ou maisons équipés d'une simple antenne dans un rayon de 3 kilomètres. Une borne et quelques antennes suffisent donc à constituer l'architecture de ces réseaux formant une boucle locale radio. La possibilité d'employer la technologie radio pour la boucle locale est intéressante pour plusieurs raisons :

- l'intérêt de cette technologie réside pour une bonne part dans son coût relativement modéré et surtout progressif. En effet, la planification du réseau de distribution est plus simple puisqu'il n'est en général pas nécessaire de connaître a priori la position exacte des futurs clients. L'exploitant peut, par ajout ultérieur d'antennes, augmenter la capacité du réseau et sa couverture en fonction de la demande, ce qui lui assure une meilleure progressivité des investissements en fonction du nombre d'abonnés que dans le cas d'une solution filaire.

- il y a également un enjeu réglementaire et concurrentiel : la boucle locale apparaît comme une brèche dans les monopoles existants, permettant éventuellement l'émergence d'opérateurs locaux, partiellement ou totalement pris en charge par les populations locales. L'utilisation

d'infrastructures hertziennes devrait en effet permettre de déployer un réseau à moindre coût et plus rapidement que dans le cas d'infrastructures filaires, et ainsi de permettre réellement l'apparition d'opérateurs locaux, agissant là où l'opérateur historique n'a pas voulu s'impliquer.

- la boucle locale radio peut être enfin conçue comme un vecteur de développement des services à haut débit (multimédia, nouveaux services). La boucle locale filaire paraît en effet moins adaptée dans sa structure actuelle à la fourniture de services haut débit que des réseaux déployés dans les fréquences de la gamme des micro-ondes.

Conclusion : quels financements ?

L'industrie des télécommunications consomme beaucoup de capital. Le secteur des télécommunications et des technologies de l'information est celui qui représente actuellement la plus grande dépense en capital dans les pays développés, avant le secteur de l'énergie. On dit que les entreprises de télécommunications sont des entreprises fortement capitalistiques (des capitaux importants et une masse salariale faible en proportion du chiffre d'affaires).

Les capitaux de publics deviennent privés. Les investissements dans les télécommunications en Afrique feront de moins en moins appel aux aides publiques des pays du Nord : le financement des infrastructures de télécommunications en Afrique subsaharienne fait appel à toute la palette de ces financements avec la spécificité que le secteur privé considère le risque pays et le risque entreprise à chaque demande de prêt, et donc que l'intervention du secteur privé est motivée par la seule analyse du profit et l'analyse du risque financier.

La Banque Mondiale fait des prêts dans le secteur des Télécommunications ainsi que l'Agence Française de Développement, différentes coopérations peuvent aussi intervenir sous forme d'aide à l'exportation de fournitures et services de télécommunications, mais la tendance observée est un repli du financement d'infrastructures de télécommunications par des fonds publics. Ces prêts sont assortis à un certain nombre de conditionnalités.

Il sera intéressant de suivre comment des petits pays sans enjeux économiques importants comme le Niger (15 000 lignes de

télécommunications) vont pouvoir être traités par l'ouverture du marché des télécommunications conformément aux règles de la Banque mondiale. Quel sera le coût d'une instance de régulation ? Quels opérateurs internationaux seront intéressés par la reprise d'un opérateur de télécommunications de la taille de la Sonitel ? Comment va jouer effectivement la concurrence sur un marché aussi étroit ?

Il faut éviter que les écarts s'accroissent, et force est de constater que les divergences paraissent de plus en plus fortes, avec paradoxalement une partie de la société des pays du Sud qui est connectée de façon de plus en plus étroite avec les pays du Nord. La société de l'information est une réalité à Dakar dans certains endroits spécifiques (certains lieux de l'université ou écoles, des entreprises avec des ramifications internationales, une population de particuliers aisés commerçants professions libérales ou autres qui disposent de revenus leur permettant d'être connectés physiquement avec le reste du monde). Une grande partie de l'Afrique semble paradoxalement à l'écart de cette évolution avec des moyens financiers qui paraissent rester stables ou décroître.

Pourtant, le lien avec la société de l'information peut s'établir, à des coûts qui étaient prohibitifs il y a une dizaine d'années et qui maintenant sont possibles. La démonstration a été faite qu'il est économiquement rentable de mettre à disposition dans les villages les plus pauvres du Mali, qui ont donc subi l'émigration la plus forte de la population pouvant travailler à l'étranger, des moyens de télécommunications publics sous forme d'une cabine téléphonique raccordée directement à un satellite Inmarsat. Il a été démontré que les ressources financières existaient dans les villages pour des communications internationales à 2,6 dollars la minute. Le paradoxe est que ce moyen de télécommunications résout le problème des télécommunications à l'international mais ne résout pas le problème des communications locales (desserte de la zone locale) : le village voisin ne peut pas être desservi, et cela montre la limite de tels dispositifs qui ne répondent qu'à un besoin limité (communications internationales) d'un segment du marché (familles ayant un membre de la famille migrant dans un pays à haut niveau de vie).

Annexe

Principes des technologies des télécommunications sans fil

La boucle locale radio

Il existe aujourd'hui une offre très diversifiée d'équipements de boucle locale radio. Ils peuvent se décomposer en grandes familles, chacune étant plus ou moins adaptée en fonction des usages envisagés. Les systèmes point-à-point sont plutôt dédiés, à l'origine en tout cas, à l'établissement du réseau d'infrastructures (faisceaux hertziens). Cependant, ils peuvent être également utilisés pour desservir des habitats isolés, en zone rurale en particulier. C'est, en France, ce que fait France Télécom en exploitant des systèmes en bandes VHF et UHF développés spécifiquement pour la desserte de certains abonnés ruraux.

Les systèmes point-multipoints s'apparentent *grosso modo* à des systèmes cellulaires où tout terminal dans la zone de couverture peut avoir accès au réseau. La différence avec les réseaux cellulaires réside dans le caractère fixe du terminal. Ces systèmes n'ont pas vocation à offrir une couverture continue. En général, le terminal de l'abonné est relié par voie filaire jusqu'à une antenne placée en extérieur, sur le toit des habitations ou de locaux techniques par exemple. L'équipement de l'abonné peut être aussi branché directement dans un coffret avec antenne.

Les systèmes numériques sans fil permettent à tout terminal dans la zone de couverture l'accès au réseau, avec une dimension de mobilité plus ou moins grande. Ces systèmes sont développés partout dans le monde : Etats-Unis, Europe, Japon. En Europe, le DECT et le CT2 permettent trois types d'application de téléphonie sans fil :

- des applications privées, bornes privées ou PABX.
- du radiotéléphone de proximité avec une mobilité plus ou moins étendue ;
- un accès fixe à l'abonné du type de ceux décrits pour les systèmes point-à-multipoints.

Ce système est appelé à un fort développement ainsi que le montre le vif succès commercial au Japon des systèmes de communications personnelles PHS, norme permettant d'offrir le même type de services

que le DECT. Ces systèmes (GSM, DCS 1800...) à l'origine purement mobiles permettent maintenant d'offrir un accès du type boucle locale radio.

La boucle locale radio fait actuellement l'objet d'une forte lutte industrielle. Elle se concrétise notamment par des débats autour de la norme à choisir, Américains, Européens, et Japonais souhaitant chacun imposer la leur. Il n'existe pas aujourd'hui de norme ouverte point-multipoints. Des travaux sont en cours à l'ETSI, qui devraient aboutir à la disponibilité d'une norme européenne. Au niveau de la communication sans fil numérique, il existe trois normes en compétition.

Le système DECT a fait l'objet en 1991 d'une Directive européenne qui a pour objet d'harmoniser les fréquences utilisables par le DECT en Europe. Les terminaux DECT font également l'objet d'une reconnaissance mutuelle d'agrément. Alcatel et Ericsson défendent cette technologie largement testée qui souffrirait toutefois d'un défaut de saturation : le réseau serait rapidement saturé en cas de connexions simultanées trop nombreuses à Internet. En outre, des spécifications sont en cours de développement à l'ETSI permettant de gérer la mobilité de terminaux DECT entre plusieurs îlots DECT grâce à des fonctions de type réseau intelligent. Il s'agit du CTM (Cordless Terminal Mobility Management).

Le CDMA, mis au point par l'américain Motorola, est encore en phase de tests. Le PHS est le standard des japonais, qui se positionnent comme des "outsiders". Plus de 5 millions d'abonnés utilisent déjà le PHS comme un téléphone mobile de ville (du type Bi-Bop modernisé). Le prix des terminaux devrait donc être particulièrement compétitif.

Les technologies cellulaires

La téléphonie mobile de type cellulaire GSM se développe progressivement en Afrique Subsaharienne. Les tarifs pratiqués sont encore très dissuasifs pour la plupart, mais ils trouvent un marché dans certaines zones rurales économiquement dynamiques. Plusieurs normes cohabitent en Afrique Subsaharienne : - GSM européen (*Global System for Mobile Communication*), - PCS américain (*Personal Communication System*). C'est toutefois le GSM qui semble peu à peu s'imposer. Avec la forte baisse des tarifs des services mobiles, il est probable que les terminaux cellulaires classiques seront de façon croissante utilisés de manière alternative à la boucle locale filaire. De plus, certains industriels ont développé des "terminaux cellulaires fixes". Le GSM est ainsi utilisé

en boucle locale radio dans certaines provinces d'Espagne, pour diminuer le coût d'établissement du réseau téléphonique de Telefonica. Des applications dans le domaine des cabines téléphoniques sont également envisageables. A l'avenir, le GSM devrait céder la place (horizon 2005) à la future norme UMTS (*Universal Mobile Telecom System*). Cette norme est actuellement en phase d'élaboration aussi bien au niveau européen que mondial. Il est très probable qu'elle s'imposera comme norme universelle, permettant des communications mobiles mais également des applications multimédias et de transfert de données sur les terminaux.

Le système GSM se présente sous la forme d'un maillage de cellules radio adjacentes, qui assurent dans leur ensemble la couverture globale d'une zone dite de service. Chaque cellule comporte une station émetteur-récepteur de base (Base Transceiver Station), qui fonctionne sur un ensemble de voies radio. Ces voies diffèrent de celles utilisées dans les cellules adjacentes pour éviter les interférences. L'ensemble est supervisé par un contrôleur des stations de base (BSC). La gestion de l'abonné se fait en différenciant équipement terminal et abonnement proprement dit. Celui-ci est identifié par une carte SIM (Subscriber Identity Module), qui, avec le terminal, constitue la MS (Mobile Station).

Le Système de Commutation (Switching System) fonctionne de la façon suivante :

- le centre de commutation des services mobiles (MSC, Mobile Switching Centre) gère les appels à destination d'autres systèmes de communications téléphoniques et de données comme le réseau téléphonique public commuté (RTPC), le réseau numérique à intégration de services (RNIS), d'autres réseaux publics mobiles (PLMN), les réseaux publics de données et, le cas échéant, différents réseaux privés.

- le registre de localisation des visiteurs (VLR, Visitor Location Register) permet de connaître tous les terminaux se trouvant dans la zone du MSC. Dès qu'un nouvel entrant est détecté dans la zone, des informations sont échangées avec le registre de localisation de rattachement (HLR, Home Location Register) qui recense toutes les informations relatives à l'abonnement (services, authentification) ainsi que celles de localisation du terminal. Dans le cas où un abonné du réseau fixe souhaite joindre un abonné GSM, l'appel filaire sera routé vers une passerelle (Gateway Mobile Switching Centre GMSC). Des appels entre terminaux GSM se feront également via GMSC. Le GMSC détermine la position du terminal demandé en interrogeant le HLR ; cela permet de router l'appel vers la

zone de MSC adéquate, où le VLR permettra de localiser précisément le terminal.

Les systèmes satellitaires

Il existe grosso modo deux types d'applications satellitaires : les satellites géostationnaires et les satellites à défilement. Ceux-ci se subdivisent en deux types, selon l'altitude de leur orbites. Les applications à ces systèmes satellitaires en matière de télécoms sont nombreuses : GMPCS, Transfert de données haut débit, localisation...

- *Systèmes géostationnaires (GEO)*

Les satellites géostationnaires décrivent des orbites circulaires à environ 36 000 kilomètres (35 786 km exactement) d'altitude, dans le plan équatorial avec une période orbitale égale à celle de la Terre. Un satellite en orbite géostationnaire semblera fixe au-dessus de la surface de la terre. Dans la pratique, les caractéristiques orbitales (excentricité et inclinaison) sont proches de zéro, ce qui laisse apparaître une trajectoire en forme de huit dans le ciel. La surface de couverture d'un satellite géostationnaire peut être variable suivant la configuration qui lui est donnée. Au maximum, la zone de couverture peut atteindre environ 1/3 de la Terre, dans une zone comprise entre 75 degré de latitude Nord et 75 degré de latitude Sud.

Les communications par le biais d'un satellite en orbite géostationnaire entraînent une latence aller-retour dans la transmission - retard de bout en bout - d'environ 500 ms. Ceci signifie que les satellites en orbite géostationnaire ne peuvent jamais fournir des retards semblables à ceux des fibres terrestres (de l'ordre de 150 ms de bout en bout). Ce retard de propagation (ou latence) des satellites en orbite géostationnaire est la source d'un délai pénalisant dans beaucoup de communications téléphoniques intercontinentales, empêchant la compréhension et déformant les nuances de la parole. Ce qui est désagréable lors de transmissions vocales peut devenir intenable pour les applications en temps réel, telles que la vidéoconférence et plusieurs protocoles de données standards comme les protocoles fondamentaux de l'Internet.

Constellations LEO

Les satellites en orbite basse décrivent des orbites elliptiques ou (plus souvent) circulaires à moins de 2 000 kilomètres de la terre. La période orbitale à ces altitudes est comprise entre 90 minutes et deux heures. Quant au rayon de la zone de couverture, il est compris entre 3 000 et 4 000 kilomètres. Un satellite LEO peut rester visible jusqu'à 20 minutes pour un observateur sur la terre. Un système global de transmissions en utilisant ce type d'orbite exige un grand nombre de satellites, dans un certain nombre de plans orbitaux différents. Lorsqu'un satellite en charge d'un utilisateur donné n'est plus visible pour cet utilisateur (il passe sous l'horizon visible), le satellite doit être capable de transférer les services dont il avait la charge à un autre satellite parcourant une orbite identique ou adjacente : c'est la gestion du *hand-over*.

En raison du mouvement important des satellites LEO, relativement à un observateur terrestre, les constellations satellitaires LEO doivent composer avec un effet Doppler non négligeable. En outre, les satellites évoluant à des altitudes basses, les frottements induits par l'atmosphère influent fortement sur l'orbite, qui est amenée à s'altérer rapidement.

Les constellations LEO offrent en tout cas des retards de propagation particulièrement faibles, de l'ordre d'une vingtaine de ms, ce qui leur permet d'assurer des services de même type que ceux des réseaux filaires terrestres en fibres optiques.

Constellations MEO

Les satellites en orbite moyenne - Intermediate Circular Orbits (ICO), or Medium Earth Orbits (MEO) - décrivent des orbites circulaires à une altitude d'environ 10 000 kilomètres. La période orbitale est d'environ 6 heures et un observateur terrestre peut avoir une visibilité d'un satellite de quelques heures. Un système global de transmission utilisant ce type d'orbite exige un nombre plus modeste de satellites par rapport aux constellations LEO. Il suffit de 2 à 3 plans orbitaux pour réaliser une couverture globale. Une constellation de type MEO fonctionne de manière très semblable aux systèmes LEO ; toutefois, par structure, il est bien évidemment moins souvent besoin de faire appel à un système de *hand-over*. Le retard de propagation est plus important que dans les constellations LEO, mais reste très inférieur à celui constaté dans les systèmes GEO.

Les systèmes à satellites offrent la possibilité de fournir un accès à large bande commuté et non dépendant de l'implantation, étendant la portée des réseaux et des applications à tous les coins du monde. Mais pour garantir une compatibilité transparente avec ces réseaux, un système à satellites devrait être conçu suivant les mêmes caractéristiques de base que celles des réseaux à base de fibres - voies à large bande, taux d'erreur peu élevés et faibles retards.

Une constellation LEO possède des avantages certains dans le domaine des services temps réel, grâce au retard de propagation particulièrement faible sur le segment spatial. Outre leur couverture terrestre qui est le plus souvent globale (ou presque : les pôles ne sont pas toujours couverts...), ces systèmes présentent l'avantage de pouvoir être mis en place rapidement (en témoigne le projet Iridium, en service dès septembre 1998), de fournir une couverture rentable et inégalable dans les zones isolées et faiblement peuplées.

Les projets de constellations LEO peuvent être regroupés en deux catégories distinctes, à comparer aux systèmes GEO. La distinction entre ces systèmes en orbite basse peut être mieux faite en considérant leurs équivalents terrestres : cellulaire et fibres.

Type de système	GEO	Super LEO/MEO	LEO à large bande
Exemple	Inmarsat, Aquila	Iridium, Globalstar, ICO	Teledesic, Skybridge
Equivalent terrestre	Cellulaire	Cellulaire	Fibres
Fréquence	11-14 GHz	1 - 3 GHz	20/30 GHz

Les super LEO offrent un service vocal mobile à bande étroite, à des prix élevés, alors que Teledesic ou Skybridge offrent essentiellement des connexions à large bande fixes, à des coûts comparables à ceux des services urbains à fil. Comme le cellulaire et les fibres ne sont généralement pas considérés comme étant concurrentiels, la seule chose que les LEO large-bande aient réellement en commun avec les super LEO est l'usage de satellites en orbite basse.

Les systèmes cités en exemple plus haut se livrent une course de vitesse pour être les premiers opérationnels sur le marché, dans les différents domaines *visés*.

Communications vocales (type cellulaires)

Iridium avait une bonne avance ayant lancé tous ses satellites, et engagé sa phase de test. Juste après vient Globalstar, qui a commencé à lancer ses satellites. Enfin, ICO, qui a rassemblé sur son nom le projet Odyssey qui lui était concurrent, se met en place en dernier. Parallèlement, Aquila, projet GEO, ambitionne une mise en service à très court terme (courant 1999) pour des services équivalents. Ces projets sont centrés sur la voix, mais proposent également des services de fax, de messageries, ainsi que des services de transfert de données à débit plus ou moins élevés (voir l'étude comparative).

Communications large bande

C'est un domaine émergent, qui est en pleine expansion ; les principaux acteurs sont Teledesic (associé au projet Celestri), Skybridge et un certain nombre de constellations GEO en Ka-band. La plupart de ces projets sont à l'état de spéculations et entrent directement en concurrence avec des projets très différents : ballons stratosphériques ou câblage mondial sous-marin en fibre (projet Africa One, par exemple).

Les constellations sont aussi employées pour la navigation en systèmes de repérages ; un bon exemple de ce qui peut se faire par des systèmes mini LEO est le système GPS, désormais universellement connu. Pour de la messagerie "style pager", Orbcomm a déjà lancé des satellites, et d'autres projets se mettent en place. Ces projet mini LEO sont moins connus que les Super LEO dans la mesure où l'éventail de services est beaucoup plus limité.

Diffusion de programmes par satellite

Jusqu'à présent, la radiodiffusion classique par voie terrestre demeure relativement coûteuse et limitée. Et les obstacles à la diffusion des NTIC à l'échelle du continent africain sont considérables. La diffusion numérique de programmes par voie satellitaire répond à ces impératifs et permet d'assurer une couverture globale, y compris dans les zones les plus isolées. Le principe de la radiodiffusion numérique par voie satellitaire est assez simple. Le système achemine un signal d'une station de contrôle au sol à l'aide d'une petite antenne parabolique. L'antenne émet le signal vers un satellite géostationnaire couvrant la zone de réception, qui à son tour envoie le signal directement aux récepteurs d'émissions numériques portatifs de la zone considérée.

Projet WorldSpace

Objectif : diffusion de programmes en qualité numérique par voie satellitaire pour les zones enclavées et isolées.

Financement total du projet : 850 millions \$

Début du projet : octobre 1998

Entreprises associées à WorldSpace : Alcatel / Matra Marconi • Sanyo / Hitachi / JVC / Panasonic

Documentation en ligne : <http://www.worldspace.com>

WorldSpace est un bon exemple de cette technologie. Il s'agit d'un projet de grande envergure, 80 % de la population mondiale pouvant potentiellement être desservie par les émissions radio, en qualité numérique, sur la base des principes généraux énoncés plus haut. Worldspace entend offrir des services de diffusion de programmes audio et multimédia numériques en direct par satellite, vers les régions du monde émergentes et mal desservies : le Moyen-Orient, l'Afrique, le bassin méditerranéen, l'Asie, les Caraïbes et l'Amérique latine.

WorldSpace devait lancer avant fin 1999, trois satellites géostationnaires qui devaient assurer une large couverture pour la radiodiffusion vers ces zones.

L'accès direct aux programmes numériques en provenance des satellites WorldSpace nécessite un nouveau type de récepteur numérique. En plus des programmes satellitaires de WorldSpace, le récepteur portatif permet de recevoir des émissions sur ondes courtes ainsi que des émissions en AM et en FM.

La technologie employée fait appel à des communications de bout en bout de la station terrestre au satellite jusqu'à l'utilisateur final. Les concepteurs et producteurs d'émissions et de programmes pourront bénéficier d'une grande qualité de service à un prix relativement raisonnable. Les producteurs d'émission et de programmes pourront émettre directement vers les satellites à partir de petites stations au sol. L'interface entre les studios et les stations au sol peut se mettre en place en quelques heures. Chaque satellite est contrôlé par des centres régionaux opérationnels de contrôle reliés à des stations de télémétrie, de commande et de correction (pour contrôler et gérer la maintenance de chaque satellite. Chaque ROCC comprend en outre un centre de contrôle (Mission Control Center : MCC) qui facilite l'accès de nouveaux clients.

Le MCC gère tous les services d'émission à partir d'une station terrestre de gestion des systèmes de communication (Communications Systems Monitoring : CSM). Le retour instantané permet au MCC de prendre des actions correctives et d'assurer des communications ininterrompues.

Le composant clé du récepteur WorldSpace est un processeur qui démodule et décompresse les transmissions. La première génération de récepteurs satellitaires sera fabriquée à plus d'un million d'exemplaires.

REFERENCES

Sur la boucle locale radio

- Discours de M. Hubert à l'IDATE
<<http://www.idate.fr/forum/hubert.html>>
- Contribution de la FFCT à la consultation sur la boucle locale radio (fin 96) <<http://www.ffct.asso.fr/conpub62.htm>>
- Exposé liminaire du Ministère ouvrant le débat boucle locale radio (fin 96) <<http://www.telecom.gouv.fr/francais/activ/telecom/blradio.htm>>
- Article de l'Expansion sur la boucle locale radio
<<http://www.expansion.tm.fr/html/tech549.htm>>

Voir également :

- Compte-rendu de débat sur la boucle locale radio (Ministère)
<<http://www.telecom.gouv.fr/francais/activ/telecom/cridee3.htm>>

Sur les technologies cellulaires

- Présentation du GSM < <http://perso.infonie.fr/favier.c/>>
- Présentation détaillée du GSM < <http://www.gsmdata.com/>>
- Présentation détaillée du PCS < http://www.pcsdata.com>
- Présentation des différents systèmes mobiles
< <http://www.cellular.co.za/>>
- Débat au Ministère des Télécoms sur l'état d'avancement de la norme UMTS
<<http://www.telecom.gouv.fr/francais/activ/telecom/crideeno.htm>>

Sur les systèmes satellitaires

<<http://octopus.gma.org/surfing/satellites>>

<<http://www.satnews.com/glossary.html>>

<<http://dspace.dial.pipex.com./town/plaza/he13/orbmot.htm>>

Sur le projet WorldSpace

- <<http://www.worldspace.com>>
- Newsweek March 16, 1998 "Sky-High dream"
- Asia Week, June 27, 1997 "When radio go digital"
- Africa Communications, May/June 1998 "WorldSpace : the broadcasting revolution"