

raccordés au réseau Internet passera de 50 millions aujourd'hui à plus de 150 millions en l'an 2000. À cette époque, le marché de la fourniture d'accès à l'Internet pourrait ainsi s'élever à plus de 50 milliards de francs. L'usage professionnel de l'Internet devrait croître de manière encore plus spectaculaire, car les entreprises se dotent de leurs propres réseaux semi-privés, nommés «intranets». Le marché de la fourniture de bande passante pour les entreprises, qui était de cinq milliards de francs en 1996, pourrait s'élever à 150 milliards en l'an 2000.

Plusieurs réseaux par satellites ont été conçus en vue de répondre à cette demande. En raison de l'encombrement des fréquences, ces réseaux utiliseront des fréquences différentes de celles utilisées dans les mobiles terrestres. Ils opéreront dans une bande de fréquence plus élevée, la bande Ka (cette appellation est issue des désignations codées de la Seconde Guerre mondiale). Le choix de cette bande s'est imposé : quelles que soient les orbites des satellites, l'utilisation de toute autre bande provoque des interférences entre satellites. Plus de 50 projets utilisant près de 170 satellites sur des positions géostationnaires et utilisant la bande Ka ont été proposés. La plupart de ces projets auront une couverture nationale ou régionale.

Dans la bande Ka, les longueurs d'onde sont comprises entre 1 et 1,5 centimètre (fréquence comprise entre 20 et 30 gigahertz). Son principal défaut est l'atténuation du signal par la pluie, et c'est pourquoi cette bande a été jusqu'ici réservée à quelques satellites expérimentaux. Ce problème de l'atténuation devrait être contourné, notamment par des algorithmes de correction d'erreurs, et les ingénieurs prédisent une disponibilité comprise entre 99,5 et 99,9 pour cent.

Sept systèmes américains encore au stade de projet pourraient transmettre des données dans le monde entier. Trois sont fondés entièrement ou partiellement sur des satellites en orbite basse ou moyenne, les quatre autres sur des satellites géostationnaires.

En raison du nombre élevé de satellites à envoyer, les deux projets avec des orbites basses seront les plus coûteux. Ainsi, avec ses 288 satellites tournant à 1 400 kilomètres d'altitude, *Teledesic* sera la constellation la plus nombreuse et la plus onéreuse. Le besoin d'un tel nombre de satellites

résulte de la position de l'orbite, mais également de la nécessité de minimiser l'atténuation provoquée par la pluie. La zone couverte par chaque satellite sera limitée à un cône étroit.

Le projet *Celestri* de la Société *Motorola* est comparable à *Teledesic*, en terme de complexité et de coût. Le système utilisera une constellation de 63 satellites placés à 1 400 kilomètres d'altitude, ainsi que neuf satellites géostationnaires. La partie géostationnaire sera employée par des clients dont le trafic n'est pas pénalisé par les temps de transmission. Le réseau offrira des accès à très haut débit, entre 64 kilobits par seconde et 155 mégabits par seconde ; ce sera un concurrent sérieux du réseau *Teledesic*.

Les autres systèmes fondés sur des satellites géostationnaires sont plus modestes, avec des coûts estimés entre 5 milliards et 40 milliards de francs. Les projets les moins complexes, celui de la Société *Loral* et celui de la Société *Morning Star Satellite*, ne prévoient que la couverture d'une partie du Globe avec trois et quatre satellites seulement. À l'autre extrémité de l'échelle des prix, celui de la Société *Hughes* s'articule autour de 16 satellites géostationnaires, complétés par 20 satellites sur des orbites intermédiaires.

Des sept projets américains proposés, deux ou trois aboutiront. Non pas que les autres soient moins bons, mais ils ne pourront vraisemblablement pas financer leur projet. Comparés aux projets de transport de la parole que nous avons évoqués précédemment, ces projets sont beaucoup plus risqués, car la demande est moins nette : ceux qui ont besoin de trouver des capitaux sont handicapés par rapport aux entreprises capables de démarrer les projets avec leurs propres ressources. Aujourd'hui, les projets les plus avancés sont ceux des sociétés *Loral*, *Lockheed Martin*, *Motorola* et *Teledesic*.

Au-delà de la bande Ka

Alors que la conception des systèmes utilisant la bande Ka commence, les entreprises ont déjà demandé à la FCC des autorisations pour exploiter des systèmes fonctionnant à des longueurs d'onde encore plus courtes, entre six et huit millimètres (entre 37 et 50 gigahertz, aussi nommée la bande Q/V). Plus de 14 demandes ont été faites.

Cette bande de longueurs d'onde inférieures intéresse les opérateurs, même si l'atténuation y est encore plus importante : dans une atmosphère aride, les molécules d'air absorbent ces ondes. Ainsi, les signaux dont la longueur d'onde est de six millimètres sont atténués d'un facteur trois ou quatre pour des trajets dont l'angle au-dessus de l'horizon est inférieur à 20 degrés. Pour ajouter aux difficultés, les circuits électroniques fonctionnant à ces courtes longueurs sont onéreux. La bande Ka sera vraisemblablement utilisée complètement avant qu'un système fonctionnant à ces courtes longueurs d'onde ne soit construit.

Ce développement des constellations de satellites bouleversera notre mode de vie. D'ici l'an 2000, nous pourrions appeler n'importe qui sur la planète à l'aide d'appareils analogues aux téléphones portables actuels. Pour le meilleur ou pour le pire, nous ne pourrions plus être isolés.

Ces services profiteront naturellement au commerce, au tourisme et à ceux qui ont les moyens de les payer, dans les pays où ils n'existent pas encore. On pourra alors vivre loin de tout, mais participer à la vie culturelle du monde, par l'Internet ou d'autres services multimédias fournis à des débits suffisamment élevés pour obtenir de la vidéo à la demande. Le monde sera-t-il aussi plus grand, plus petit ou plus intéressant ? À chacun de répondre.

John EVANS est vice-président de la Société *Comsat*.

Personal and Mobile Radio Systems, sous la direction de R.C.V. Macario, Peter Peregrinus on behalf of IEEE, 1991.

G. MARAL et M. BOUSQUET, *Satellite Communications Systems*, John Wiley & Sons, 1993.

John V. EVANS, *Satellite Systems for Personal Communications*, in *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 39, pp. 7-10, juin 1997.

John V. EVANS, *Telecommunication Satellite Systems of the Future*, in *Encyclopedia of Telecommunications*, vol. 16, 1998, à paraître.

Des informations complémentaires sur les projets cités sont accessibles sur notre site Web :

<http://www.pourlascience.com/numeros/pls-248/sommaire.htm>

Les télécommunications du XXI^e siècle

JOSEPH PELTON

Les sociétés de télécommunications préparent un réseau global qui associera des systèmes radio et des réseaux terrestres.

Dans les deux prochaines décennies, des flottilles d'engins spatiaux, de ballons et d'avions changeront nos modes de communications par des téléphones portables ou des terminaux miniatures ; nous aurons accès à des informations variées et des applications nouvelles apparaîtront : jeux en réalité virtuelle, films, musique, statistiques, dispositifs de télémédecine, télé-enseignement...

Aujourd'hui, 220 satellites de télécommunications sont en service ; dans cinq ans, il y en aura près de 1 000. La plupart de ces commutateurs célestes seront sur des orbites basses, à quelques centaines de kilomètres au-dessus de nos têtes. Toutefois, les satellites géostationnaires classiques, à 36 000 kilomètres du sol, resteront dans le paysage spatial.

La proximité des satellites en orbite basse est avantageuse : le signal ne met que quelques centièmes de seconde pour faire un aller et retour, contre un quart de seconde pour les échanges avec les satellites géostationnaires. Cette rapidité facilitera l'accès aux réseaux globaux interactifs et permettra des visioconférences intercontinentales. En revanche, les réseaux en orbite basse requièrent 20 fois plus de satellites pour couvrir le Globe que les systèmes utilisant l'orbite géostationnaire, et cinq fois plus que les réseaux utilisant les orbites intermédiaires.

Dans l'espace, les satellites ne seront pas les seuls moyens de télécommunications : vers l'an 2000, des plates-formes de haute altitude déverseront des flots de signaux numé-

riques vers les villes. Ces avions et ces dirigeables sans pilote voleront ou flotteront respectivement des jours durant, à plus de 20 000 mètres d'altitude, bien au-dessus du trafic aérien commercial.

Les changements seront décisifs : réseaux par satellites ou par plates-formes apporteront l'information directement au consommateur plutôt qu'à un centre de collecte et de diffusion de données. Les compagnies spatiales seront directement en concurrence avec les opérateurs téléphoniques, telles les Sociétés France Télécom, AT&T ou British Telecom.

Il y a seulement quelques années, les connexions par satellites de débit supé-

