

lium, dirigés par des robots et stabilisés par des moteurs à propulsion ionique ; les plates-formes alimentées par l'énergie solaire ou par des piles à combustible ; les plates-formes à hélice et les plates-formes à moteurs à réaction. Toutes ces approches ont des limitations différentes : les plates-formes solaires ou à pile à combustible ne seront possibles que si les rendements de la conversion d'énergie augmentent ; celles qui utilisent un carburant ne resteront en l'air que quelques jours, avant de descendre se réapprovisionner.

Pourrait-on envisager l'utilisation de fréquences si élevées que la quantité de données transportées satisfasse les services à large bande, même sans réutilisation ? Malheureusement, aux fréquences élevées, les ondes électromagnétiques sont atténuées, car les longueurs d'onde sont comparables à la taille des gouttelettes d'eau dans l'atmosphère. Le phénomène est identique à celui qui fait paraître opaques les nuages quand la lumière visible interagit avec les microgouttes qui composent ceux-ci. Des techniques de corrections d'erreur ou une augmentation de la puissance éviteront les effets

de cette atténuation ; de même, on éviterait l'atténuation en utilisant plusieurs stations au sol, de sorte que les données suivent plusieurs chemins, mais toutes ces mesures ont un coût.

Avec des longueurs d'onde inférieures au millimètre, les difficultés empirent : les faisceaux infrarouges et visibles sont trop facilement absorbés par l'atmosphère, si bien que, dans le futur, ils seront surtout utilisés à l'intérieur des immeubles. Toutefois, des expériences réalisées avec un satellite japonais, au milieu des années 1990, ont montré la possibilité de communications par faisceaux laser avec des satellites : on transmettrait ainsi à débit élevé, en utilisant plusieurs stations au sol pour minimiser les pertes dues au mauvais temps.

Dans les 20 prochaines années, les systèmes de communications par ondes radio s'imposeront. Les laboratoires privés et publics ont beaucoup à faire pour mettre ces systèmes au point. Les universités, notamment, devront former des ingénieurs capables de résoudre les problèmes nouveaux que poseront les systèmes de télécommunications.

Avec quelques collègues, nous étudions la création d'un institut spécialisé dans le domaine des nouvelles techniques de télécommunications spatiales. Cependant, même si cet institut voit le jour, la rareté de scientifiques et d'ingénieurs compétents handicaperait l'enseignement. Recherchons ensemble des solutions, car les avantages d'une meilleure communication et d'une meilleure éducation sont incalculables pour toutes les nations.

Joseph PELTON enseigne les techniques de télécommunications à l'Université de Boulder (Colorado).

G.D. GORDON et W.L. MORGAN, *Principles of Communications Satellites*, Wiley-Interscience, 1993.

E.W. ASHFORD, *A European Strategy for Future Satellite Communications Systems*, in *Space Communications*, vol. 14, n° 3, pp. 151-154, 1996.

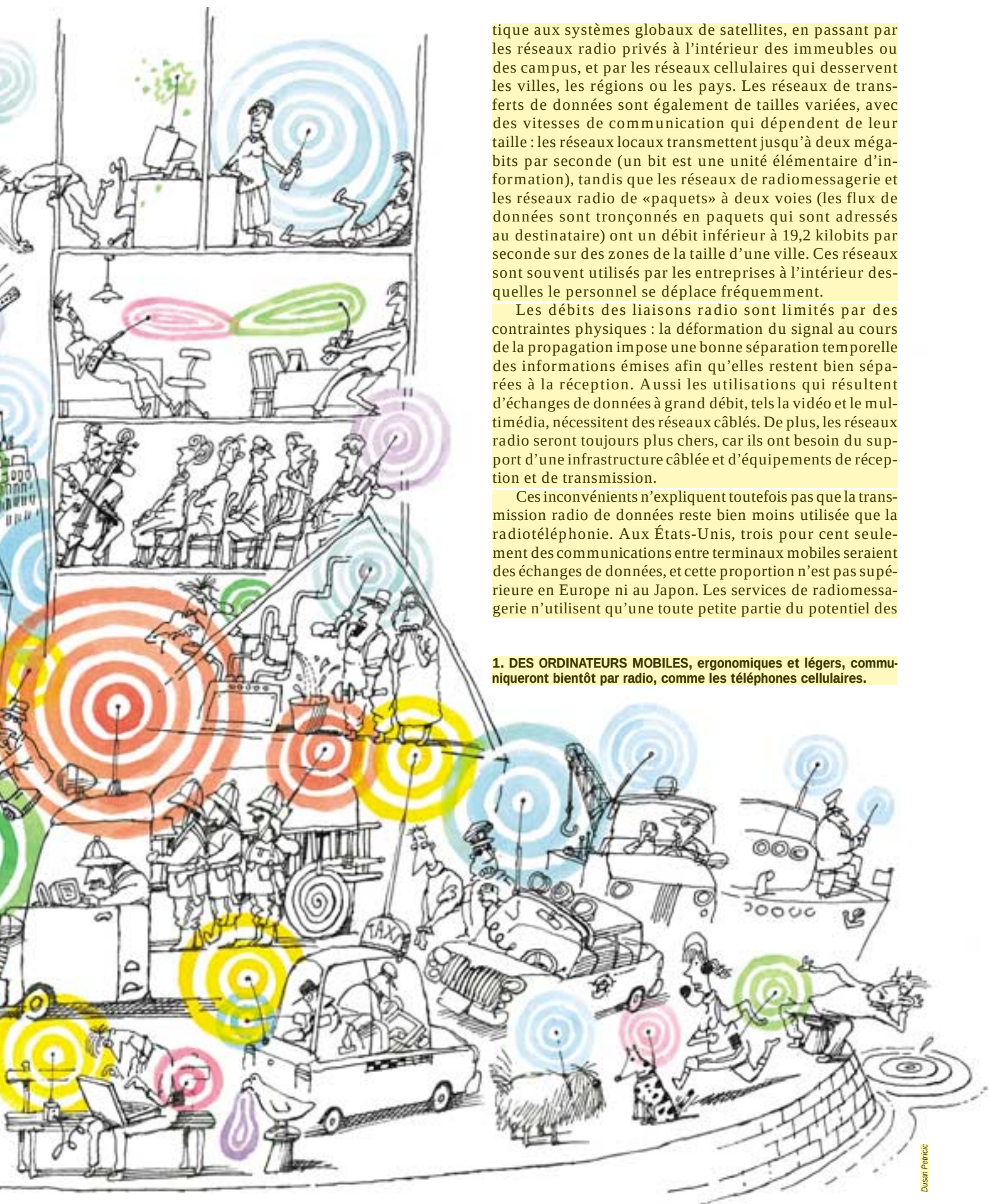
J.N. PELTON, *Overview of Satellite Communications*, in *Encyclopedia of Telecommunications*, vol. 14, Marcel Dekker, 1997.

Joseph N. PELTON et al., *Global Satellite Communications Technology and Systems*, WTEC, Baltimore, à paraître.



6. LES TOURS DU SYSTÈME CELLULAIRE (*petites structures au sol*) couvriront chacune une zone de quelques kilomètres. Certains réseaux de télécommunications combineront les systèmes cellulaires terrestres et satellitaires.

© POUR LA SCIENCE - N° 248 JUIN 1998



tique aux systèmes globaux de satellites, en passant par les réseaux radio privés à l'intérieur des immeubles ou des campus, et par les réseaux cellulaires qui desservent les villes, les régions ou les pays. Les réseaux de transferts de données sont également de tailles variées, avec des vitesses de communication qui dépendent de leur taille : les réseaux locaux transmettent jusqu'à deux mégabits par seconde (un bit est une unité élémentaire d'information), tandis que les réseaux de radiomessagerie et les réseaux radio de «paquets» à deux voies (les flux de données sont tronçonnés en paquets qui sont adressés au destinataire) ont un débit inférieur à 19,2 kilobits par seconde sur des zones de la taille d'une ville. Ces réseaux sont souvent utilisés par les entreprises à l'intérieur desquelles le personnel se déplace fréquemment.

Les débits des liaisons radio sont limités par des contraintes physiques : la déformation du signal au cours de la propagation impose une bonne séparation temporelle des informations émises afin qu'elles restent bien séparées à la réception. Aussi les utilisations qui résultent d'échanges de données à grand débit, tels la vidéo et le multimédia, nécessitent des réseaux câblés. De plus, les réseaux radio seront toujours plus chers, car ils ont besoin du support d'une infrastructure câblée et d'équipements de réception et de transmission.

Ces inconvénients n'expliquent toutefois pas que la transmission radio de données reste bien moins utilisée que la radiotéléphonie. Aux États-Unis, trois pour cent seulement des communications entre terminaux mobiles seraient des échanges de données, et cette proportion n'est pas supérieure en Europe ni au Japon. Les services de radiomessagerie n'utilisent qu'une toute petite partie du potentiel des

1. DES ORDINATEURS MOBILES, ergonomiques et légers, communiqueront bientôt par radio, comme les téléphones cellulaires.

transferts de données par radio. Cette sous-utilisation est due en grande partie à la nouveauté relative des ordinateurs et, encore plus, des communications entre ordinateurs ; le téléphone mobile, lui, diffère peu du téléphone câblé que nous utilisons depuis le début du XX^e siècle, et auquel nous avons eu le temps de nous habituer.

À quelles conditions les transmissions de données par radio se développeront-elles ? Le téléphone mobile ne s'est imposé que lorsque les combinés ont été miniaturisés : trop gros,

les premiers téléphones mobiles, au début des années 1980, n'étaient utilisables que dans des voitures ou dans des camions, et leur usage était essentiellement professionnel. Or, la taille des ordinateurs a beaucoup diminué depuis quelques années : aujourd'hui, certains tiennent dans le creux de la main, et ils sont de plus en plus souvent équipés d'un émetteur-récepteur qui permet l'accès au réseau Internet ou à d'autres réseaux de données similaires au cours de déplacements. Ainsi, un appareil de 435 grammes, qui assure

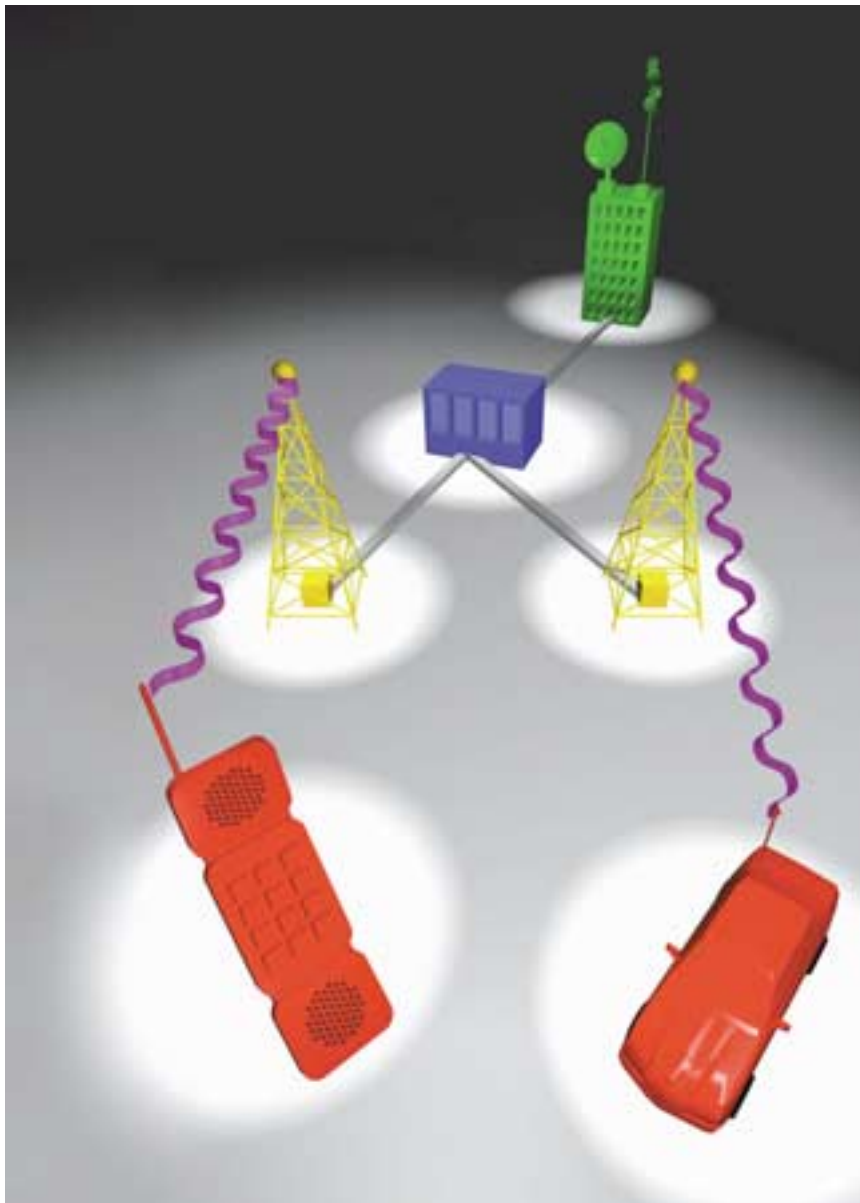
les fonctions de radiotéléphone, de terminal Internet, de télécopieur, de récepteur de radiomessagerie et d'agenda, a été commercialisé en 1996.

Trouver un langage commun

L'absence de normes de communication entre les ordinateurs portables et les réseaux de communications limite aussi le développement des transferts de données par radio. Aujourd'hui, les usagers ont le choix entre de nombreuses possibilités, dont aucune ne satisfait tous leurs besoins. Un réseau local qui couvre un immeuble ne communique pas de la même façon qu'un réseau qui couvrirait toute une ville, et il existe même plusieurs possibilités pour ce dernier. Toutefois, en juin 1997, l'Institut américain des ingénieurs en électricité et en électronique (IEEE) a adopté une norme pour les réseaux locaux : les constructeurs du monde entier sont ainsi encouragés à fabriquer des équipements compatibles qui communiqueraient avec de nombreux réseaux locaux et pas uniquement avec leurs propres systèmes. La norme admet deux techniques de transmission différentes, mais les usagers pourront se décider pour l'une des deux : c'est à eux que revient en pratique le choix de la norme qui sera effectivement utilisée dans les prochaines années. En Europe, une norme similaire, nommée *Hiperlan*, est étudiée.

Techniquement, la transmission radio de données est au point : nous la testons à l'Université Carnegie Mellon, avec un prototype de réseau local, qui couvre la moitié du campus et qui est relié à un réseau commercial, plus lent, qui s'étend sur la zone urbaine de Pittsburgh. Les utilisateurs se déplacent avec leur ordinateur portable et l'utilisent exactement comme un ordinateur de bureau.

La principale tâche des concepteurs de réseaux radio est la réduction des interférences provoquées par le bruit radio et par les réflexions multiples du signal. Les signaux radio réfléchis par les immeubles, les voitures ou le sol provoquent un phénomène nommé « affaiblissement par trajets multiples » : selon la longueur des différents chemins parcourus, le signal dévié arrive à l'émetteur plus ou moins longtemps après le signal principal, et donc déforme plus ou moins celui-ci (voir la figure 3). L'importance de ce phénomène dépend de



2. LES RÉSEAUX CELLULAIRES relient par radio des utilisateurs (en rouge) à des stations de base (en jaune). Chaque station est au centre d'une cellule de quelques kilomètres carrés et utilise des fréquences différentes de celles des stations voisines pour éviter les interférences. Elle est connectée par des câbles à fibres optiques à un central de commutation téléphonique pour mobiles (en bleu), qui trouve les destinataires et maintient actives les connexions (en violet). Ce central est lui-même relié à un commutateur du réseau téléphonique public (en vert), qui achemine les appels n'importe où dans le monde en utilisant des satellites, des câbles ou des micro-ondes.