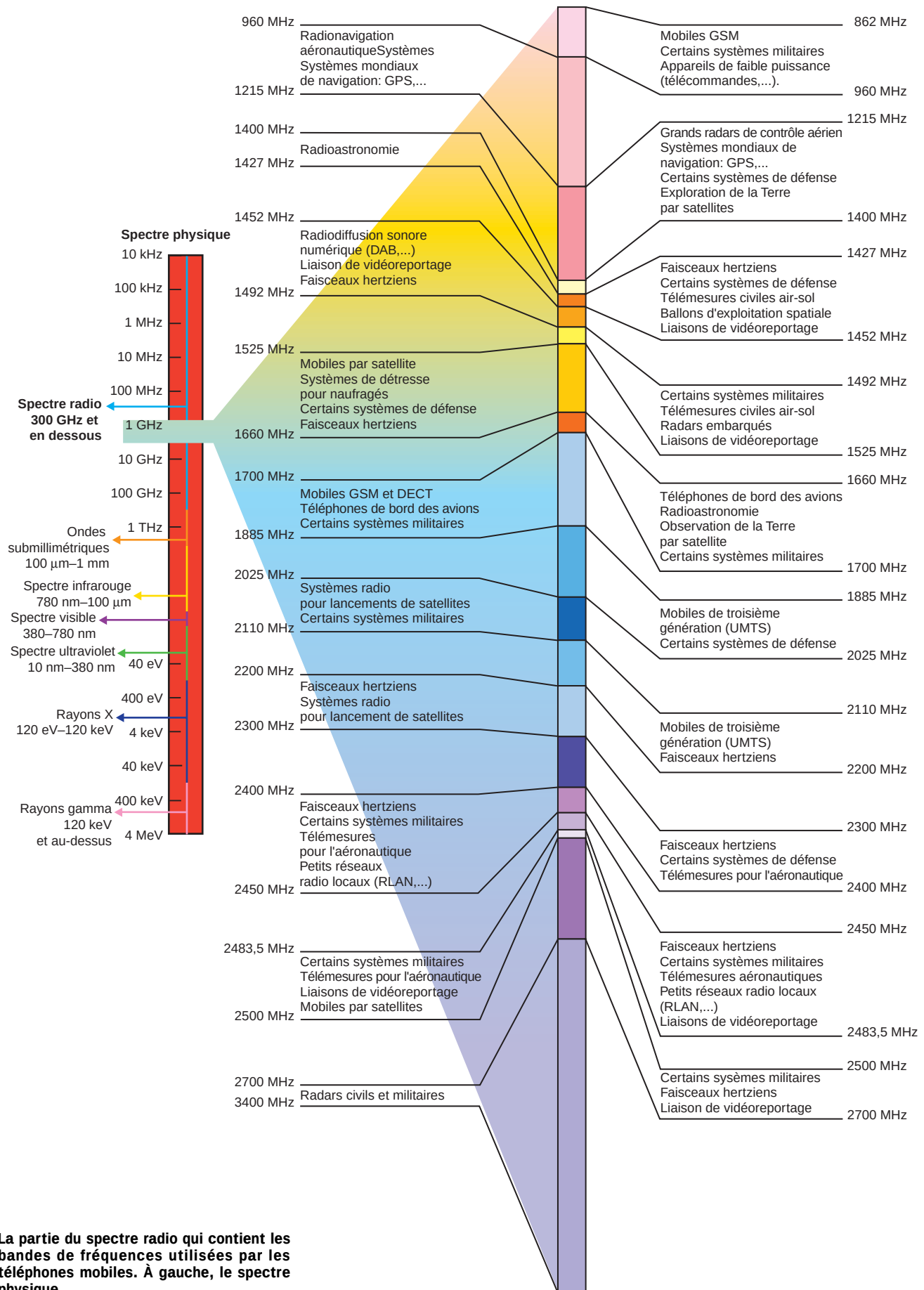
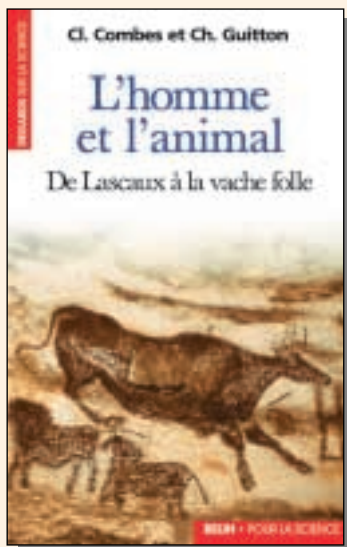


L'utilisation des fréquences radio en Europe



La partie du spectre radio qui contient les bandes de fréquences utilisées par les téléphones mobiles. À gauche, le spectre physique.



L'homme et l'animal

**Claude Combes,
Christophe Guittion**

«160 pages brillantes
d'érudition, de profondeur
et d'ouverture d'esprit.»

Philippe Dorchies,
professeur de parasitologie,
La Dépêche vétérinaire

...

«Une promenade plaisante,
claire et documentée, guidée
conjointement par un biologiste
et un vétérinaire.»

Eurêka

...

«Un livre riche et divertissant
alliant philosophie et sciences
grand public publié par deux
scientifiques de l'université
de Perpignan.»

Midi Libre

**Code P012 • 95 F
160 pages**

**Voir bon de commande
page 98**

BELIN • POUR LA SCIENCE

des données importantes – identification, numéros de cartes de crédit, de compte, etc. – est assurée à l'aide du protocole SSL (*Secure Sockets Layer protocol*, soit «protocole de sécurisation»). Une série de spécifications comparable vient d'être définie pour le WAP : le WTLS (*Wireless Transport Layer Security*, soit «couche de sécurité pour le transport sans fil»). Les règles du WTLS spécifient comment crypter les données transmises à travers les airs pendant leur transit entre le téléphone cellulaire et l'opérateur de réseau. Comparé au SSL, le protocole WTLS a l'avantage d'exiger moins de ressources et de mémoire. Pour S. Goldman, le problème de la sécurité sur les systèmes WAP est aujourd'hui minime.

Le concurrent du WAP

Cependant, le WAP est menacé par un concurrent apparu brusquement dans le Soleil levant : le plus grand des opérateurs japonais remporte aujourd'hui un succès fulgurant grâce à l'*i-mode*, un système de navigation sur l'Internet pour téléphones mobiles. En août 2000, plus de 12 millions de Japonais étaient déjà équipés d'un téléphone doté de l'*i-mode*. Deux mois avant, ils n'étaient que dix millions ! Exactement comme un système WAP, l'*i-mode* de la Société *NTT DoCoMo* sert à télécharger des informations, à envoyer des courriers électroniques, à jouer, etc. L'*i-mode* n'est pas une norme industrielle, c'est une «solution propriétaire», dont les caractéristiques techniques ne sont maîtrisées que par la Société *NTT DoCoMo*.

Le succès appelant le succès, l'opérateur japonais vient de convaincre la Société *America on Line Japon* (AOL Japon) de conclure une alliance stratégique : l'opérateur japonais veut profiter du savoir-faire d'AOL dans les services en ligne. Si la coopération avec le premier des fournisseurs d'accès Internet du monde est profitable au Japon, nul doute qu'elle sera promptement étendue au reste de la planète. L'alliance serait alors très puissante. L'opérateur japonais a conscience de cet enjeu et cherche à mettre toutes les chances de son côté. Il vient de s'implanter dans les deux grands marchés, l'Europe et les États-Unis, où il n'est pas encore présent. Apparemment, *NTT DoCoMo* ne veut pas devenir opérateur lui-même (il n'a pas acheté de licences en Europe),

mais cherche des alliances avec des sociétés déjà présentes. Aussi le groupe japonais a-t-il créé, il y a moins d'un an, une filiale aux États-Unis ; il a aussi installé un centre de recherches dans la Silicon Valley. De plus, *NTT DoCoMo* arrive aujourd'hui en Europe : le groupe vient de créer sa filiale européenne à Londres, investissant 30 millions de francs. Il investit aussi 50 millions de francs à Munich, pour y fonder un autre centre de recherches. Manifestement, la stratégie fonctionne : *NTT DoCoMo* vient de passer un premier accord commercial avec un gros opérateur européen, la Société hollandaise *KPN Mobile N.V.*, qui proposera des services fondés sur la technique japonaise. Si *NTT DoCoMo* séduit d'autres opérateurs et une partie du public européen, l'influence du WAP en sera limitée.

D'autant que l'adoption prochaine du protocole n'est pas garantie aux États-Unis ! Par souci d'économie, certains des opérateurs américains, qui exploitent déjà l'HDML, décideront peut-être d'en rester à ce précurseur du WAP (également dû à *Phone.com*) en attendant l'avènement de réseaux cellulaires plus performants (de troisième génération). Cette décision leur éviterait d'avoir à changer les téléphones portables dotés de services au format HDML, qu'ils ont déjà distribués à leurs clients.

L'avenir du WAP dépendra de l'attitude des opérateurs et, surtout, de celle des utilisateurs de téléphones mobiles. Aujourd'hui, ces derniers sont frustrés par les performances limitées et le coût des services WAP. Aussi, nombre d'observateurs estiment que les téléphones WAP ne se démocratiseront que le jour où les opérateurs factureront les services de données au même prix que les communications vocales. Autre obstacle à l'avènement du WAP : les entreprises de télécommunications contrôlent dans une large mesure les accès possibles à partir de leurs téléphones. L'Internet ne s'est pas développé tant qu'il a été coûteux et restreint. Il s'est développé le jour où chacun a créé son site en toute liberté et à peu de frais.

Hélas, le WAP est aujourd'hui dominé par ses créateurs.

Karen BANNAN est journaliste spécialisée dans l'industrie informatique.

Le saut de la troisième génération

LEANDER KAHNEY

Le débit des transmissions de données augmente avec les générations de téléphones mobiles. Le déploiement des réseaux de troisième génération implique de grandes avancées techniques. Oui, mais lesquelles ?

«Avec la «3G», vous allez voir, entendre, lire...» Les opérateurs et les constructeurs promettent que cette «3G», la troisième génération de téléphonie, sera merveilleuse. Le débit des transmissions des données sur les réseaux 3G atteindrait 2,4 mégabits par seconde, alors qu'elle est inférieure à 10 kilobits par seconde sur les réseaux mobiles d'aujourd'hui. Oui, 2,4 mégabits par seconde, soit deux fois plus qu'avec les réseaux câblés les plus rapides d'aujourd'hui ! Ces débits considérables changeront notre vie, nous disent les promoteurs de la «3G», car nos compagnons numériques pourront enfin nous procurer des images, des films, de la musique, du courrier. Bref, toutes les informations du monde qui transitent par le réseau Internet. Quand cette révolution aura-t-elle lieu ? Tout de suite ou presque, disent les opérateurs : au Japon, elle a déjà com-

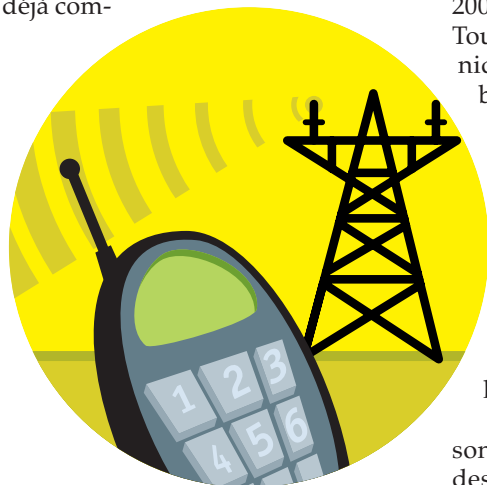
mencé ; elle battra son plein chez nous en 2002, puis en 2003 aux États-Unis.

Les signes 3G ou UMTS, pour *Universal Mobile Telecommunications System* («système universel de télécommunication mobile») sont équivalents : ils désignent l'ensemble des solutions techniques envisagées pour conférer de hauts débits aux réseaux cellulaires actuels. La plupart des «systèmes 3G» sont des versions perfectionnées des systèmes de transmission actuels, différentes selon les industriels et selon les pays. Cette situation confuse se traduit par une salade à l'alphabet, sauce américaine : TDMA, GSM, CDMA, CDMA-2000, W-CDMA, GPRS, EDGE, UWM, etc. Toutefois, trois de ces solutions techniques remplaceront probablement bientôt les systèmes actuels : EDGE, CDMA-2000 et W-CDMA. Pour résumer, en Europe et en Asie, le système GSM sera remplacé par le système W-CDMA. En Amérique du Nord, où plusieurs types de réseaux «2G» coexistent, les réseaux CDMA vont migrer vers le CDMA-2000, tandis que les réseaux TDMA évolueront vers EDGE.

Aujourd'hui, ces systèmes n'en sont qu'au stade des prototypes ou des tests. Chacun a ses forces et ses

faiblesses. EDGE a l'avantage considérable de pouvoir être mis en œuvre après une mise à niveau limitée des infrastructures. Toutefois, son débit maximal est seulement de 384 kilobits par seconde, ce qui est bien inférieur aux deux mégabits par seconde atteints par les systèmes de type W-CDMA ou CDMA-2000. Ce dernier doit son débit remarquable à sa forme de commutation, laquelle répartit de multiples paquets d'informations sur un large spectre de fréquences. Le système W-CDMA est un descendant du CDMA, un système qui attribue à chaque liaison téléphonique un code particulier. Avec un tel principe, de multiples signaux radio partagent sans problèmes une bande large de fréquences. Chaque téléphone capte tous les signaux, mais il ne retient que ceux qui sont étiquetés avec le bon code. Dans d'autres variantes du CDMA, le système saute sans cesse d'une fréquence à l'autre suivant une séquence fixe.

Les systèmes à large bande de type W-CDMA semblent s'imposer. Certes, l'emploi de codes implique une gestion lourde, susceptible de limiter les performances. Toutefois, ce type de réseau semble faire le meilleur usage d'une large bande de fréquences. En outre, les réseaux W-CDMA supportent bien le bruit de fond et sont peu sensibles aux interférences. Alors que les canaux du réseau CDMA sont larges de 1,25 mégahertz dans les



Illustrations de XPlane

bandes de 800 mégahertz ou 1,9 gigahertz, ceux du W-CDMA occupent, à l'intérieur de plusieurs bandes situées autour des deux gigahertz, des largeurs plus importantes de 5, 10, 15 ou 20 mégahertz, offrant ainsi un débit supérieur.

Dans les nuages

Malgré ces caractéristiques prometteuses, les systèmes EDGE et W-CDMA ont leurs détracteurs ; pour ces derniers, aucun de ces deux réseaux n'est la vraie solution d'avenir. Les critiques viennent notamment de Martin Cooper, qui aurait inventé le premier téléphone portable, il y a 27 ans, alors qu'il était le directeur de la recherche de la Société *Motorola*. Selon lui, les annonces actuelles qui vantent les réseaux 3G en cours de mise au point sont trompeuses. Selon ses calculs, les débits de ces réseaux seront peu supérieurs à un mégabit par seconde, qu'ils convoient des données ou pas ; de surcroît, chaque utilisateur ne disposera pas réellement d'un mégabit par seconde, car la bande passante d'une station émettrice est partagée par tous les utilisateurs présents dans la cellule ; le débit effectif sera au mieux de 64 kilobits par seconde.

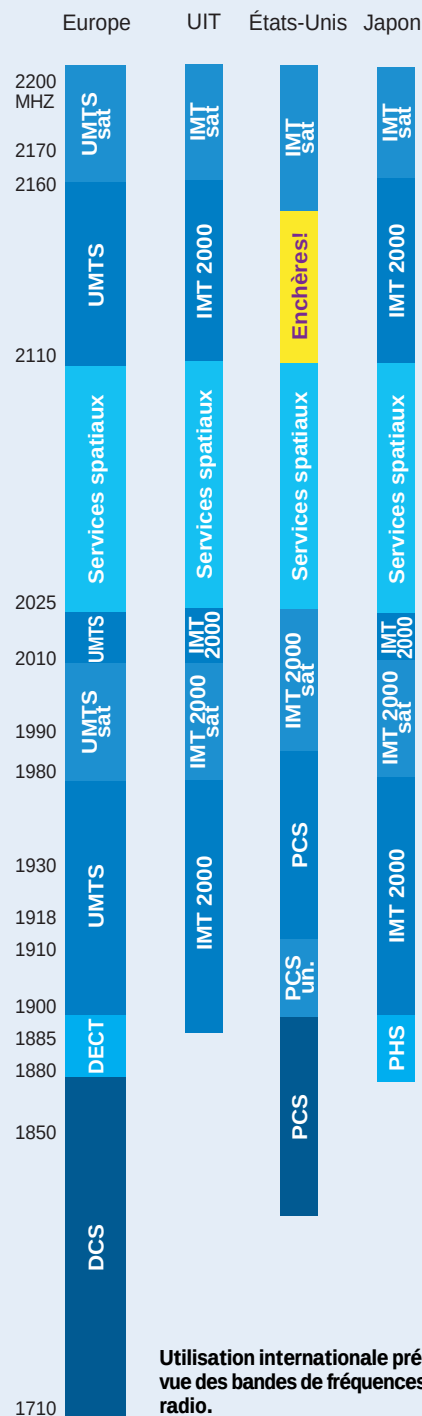
M. Cooper a une autre raison d'exprimer des doutes : *ArrayComm*, l'entreprise dont il est le président, a mis au point une solution qui garantirait un débit de un mégabit par seconde à chaque utilisateur, tant que les cellules servent moins de 40 utilisateurs. Le système se fonde sur des batteries d'antennes, qui suivent à la trace tous les téléphones portables présents dans la cellule. De telles batteries sont déjà couramment utilisées dans nombre de systèmes, notamment des systèmes radar ou de télécommunication satellitaire. Chacune émet avec une intensité variable, suivant les instructions données par un calculateur, de sorte que l'émission qui résulte des interférences entre signaux est particulièrement forte dans une certaine direction et faible dans les autres. M. Cooper voudrait appliquer ce principe pour mettre en place une poursuite automatique des utilisateurs de téléphone à l'intérieur de chaque cellule du réseau. Aujourd'hui, les six à douze antennes fixes de chaque station sont réglées de façon à rayonner de façon uniforme à l'intérieur de la cellule ; la puissance

La guerre des spectres

L'enjeu des télécommunications de demain est le déploiement des réseaux de troisième génération ; aujourd'hui toute la difficulté réside dans la répartition des bandes de fréquences disponibles pour ces futurs réseaux. Les pays concernés devaient d'abord libérer, puis se redistribuer des bandes de fréquences communes assurant la cohérence des utilisations futures. Rassemblées sous le signe UMTS, de nombreuses bandes de fréquences sont disponibles sur le vieux continent (*spectre de gauche*). Les «bandes 3G» européennes coïncident avec le spectre radio international, nommé IMT 2000, et défini au cours d'une série de conférences par l'ensemble des membres de l'Union internationale des télécommunications (UIT). À l'issue de chaque réunion, les pays membres se sont engagés à libérer, puis à réserver, les bandes prévues par l'IMT 2000 pour les réseaux de troisième génération. C'est aujourd'hui chose faite et de nombreux pays ont les bandes de fréquences communes réservées pour ces futures réseaux : les pays européens, le Japon, la Chine, le Brésil,...

Seuls, les États-Unis n'ont pas respecté la consigne internationale. Au lieu de conserver les bandes comprises entre 1 800 et 1 900 mégahertz prévues dans le cadre d'IMT 2000, le gouvernement américain les a vendues aux enchères pour les réseaux de deuxième génération (bandes PCS du spectre américain). Ainsi, au moment de passer aux téléphones de troisième génération, les industriels américains se retrouvent trop à l'étroit sur la seule bande de fréquences encore libre du spectre américain qui soit compatible avec l'IMT 2000 (*vers 2 500 mégahertz, en rouge*). Une nouvelle fois, le gouvernement américain a décidé de mettre cette bande aux enchères. La vente des autorisations d'émission doit se faire courant 2001. Pourtant, le spectre correspondant est trop étroit (50 mégahertz seulement) pour accueillir l'ensemble des liaisons nécessaires au déploiement des réseaux de troisième génération américains.

Le problème a été en partie résolu lors de la conférence qui vient de se tenir à Istanbul. Des bandes de fréquences à ajouter à l'IMT 2000 y ont été identifiées. Il s'agit, d'une part, d'une partie de la bande des 2 500 mégahertz qui, en Europe, vient d'être rajoutée à l'UMTS ; d'autre part, une partie de la bande DCS (où se trouve le GSM) proche de 1 800 mégahertz (représentée seulement sur le spectre européen). Toutefois, les opérateurs américains sont confrontés à une difficulté, car les militaires américains refusent de libérer la seconde de ces bandes (vers les 1 800 mégahertz). Si ce refus se maintient, les États-Unis resteraient à part, puisque la bande DCS va progressivement être employée par le reste du monde pour les réseaux de troisième génération. L'effet pernicieux de la mise aux enchères systématique des fréquences par le gouvernement américain étouffera-t-il le développement des réseaux téléphoniques de troisième génération en Amérique du Nord ?



Utilisation internationale prévue des bandes de fréquences radio.

d'une station serait beaucoup mieux utilisée si les antennes émettaient selon la position des destinataires de leurs signaux. Le système de la Société *ArrayComm* utilise un circuit de traitement du signal qui a été créé pour l'armée américaine à des fins d'espionnage des communications radio. Une fois qu'il a traité le signal émis par l'appareil portable d'un utilisateur, ce circuit intégré calcule sa position avec précision, puis en déduit des instructions adéquates pour les antennes. Ces dernières émettent alors dans la bonne direction. L'opération se répète à intervalles réguliers pour tous les utilisateurs présents dans la cellule. Utiliser une même radiofréquence pour écouter ou émettre vers plusieurs utilisateurs est possible. Comme les émissions dépendent de la position des téléphones, les interférences entre les différents signaux sont réduites. Cet emploi multiple des mêmes fréquences permet d'offrir des hauts débits à chacun des utilisateurs. Au final, le spectre de l'opérateur est utilisé de façon très efficace.

Pour M. Cooper, le système est facile à installer. Les antennes sont déjà en place, et nombre de stations de base disposent de la puissance de calcul nécessaire pour remplacer les microcontrôleurs cités précédemment. Le système a toutefois un défaut : le débit de transmission dépend de la vitesse de l'utilisateur ; plus un utilisateur se déplace vite, plus le débit des informations qu'il reçoit est limité. Aujourd'hui, le système d'*ArrayComm* suit efficacement les piétons, mais pas les voitures. La Société *ArrayComm* veut lancer bientôt les premiers essais à grande échelle. L'entreprise s'est associée à Sony pour transmettre avec cette méthode des vidéos, de la

musique et des jeux à l'intérieur de San Diego.

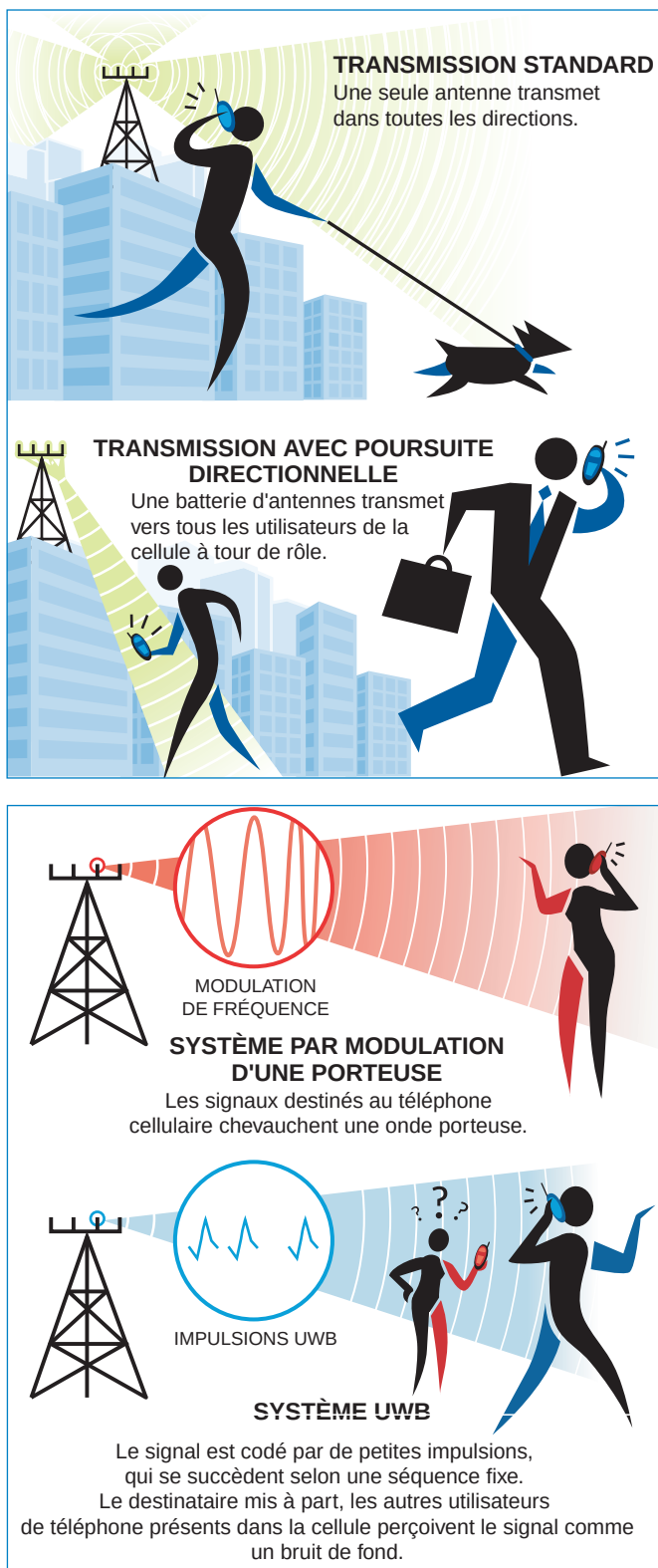
De son côté, l'inventeur Larry Fullerton prépare un autre système, également concurrent de W-CDMA et de EDGE. Depuis deux décennies, il perfectionne une technique d'émission radio inventée dans les années 1960 : une sorte de morse ultrarapide pour

stations d'émission. Un commutateur commande l'envoi d'impulsions électromagnétiques ultrabrèves dans l'antenne. Ces dernières durent moins d'un milliardième de seconde et peuvent être produites jusqu'à 40 millions de fois par seconde. Elles sont espacées dans le temps de façon à former un «motif temporel», lequel code l'information. Seuls les récepteurs qui connaissent les motifs décodent les signaux.

Ce système UWB (pour *Ultra Wide Band*, soit «bande ultralarge») utilise pleinement la quasi-totalité du spectre : les impulsions transportent en effet de l'énergie entre un et trois gigahertz. Comme différents transmetteurs UWB utilisent différents motifs, la transmission simultanée d'un grand nombre de signaux est possible sans interférence. Pour un transmetteur, le signal d'un autre appareil passe en effet pour du bruit de fond. Pour les émetteurs radio classiques, le signal UWB ressemble à des parasites aléatoires qui peuvent être filtrés tant que leur puissance reste faible.

L. Fullerton est aujourd'hui le directeur technique de la Société *Time Domain*, qui commercialisera UWB, avec l'intention d'en pousser très haut les performances : un gigabit par seconde ? Quelques autres entreprises, telle que *Multispectral Solutions*, comptent employer l'UWB. Jusqu'au printemps 2000, l'Autorité américaine de régulation des télécommunications n'avait accordé que des permissions limitées pour expérimenter le système UWB. En mai, elle a toutefois autorisé les essais à grande échelle.

Le système UWB a un grand éventail d'applications potentielles : systèmes radar personnels anticollisions, systèmes imageurs capables de voir à travers les murs... S'imposera-t-il



pour les communications sans fil à large bande? Seulement si une difficulté majeure est réglée : afin d'éviter les interférences avec les signaux des autres émetteurs radio, la puissance des systèmes UWB est limitée à moins de 50 millièmes de watt ; sa portée est donc réduite à quelques mètres. C'est pourquoi la Société *Time Domain* prévoit que les systèmes UWB seront d'abord limités aux réseaux locaux, à l'intérieur des bâtiments. Ils y joueraient le rôle d'une sorte de réseau *Bluetooth* élargi (voir l'encadré de la page 32), et c'est seulement plus tard qu'ils seront employés sur des territoires plus vastes.

Multiplexage radio

Une troisième approche, le multiplexage, pourrait bouleverser l'organisation des réseaux «3G». Le multiplexage est employé dans les télécommunications par fil depuis les années 1950 pour transmettre plusieurs signaux par le même canal. Il est aujourd'hui utilisé couramment dans la transmission par fibres optiques. En envoyant plusieurs lon-

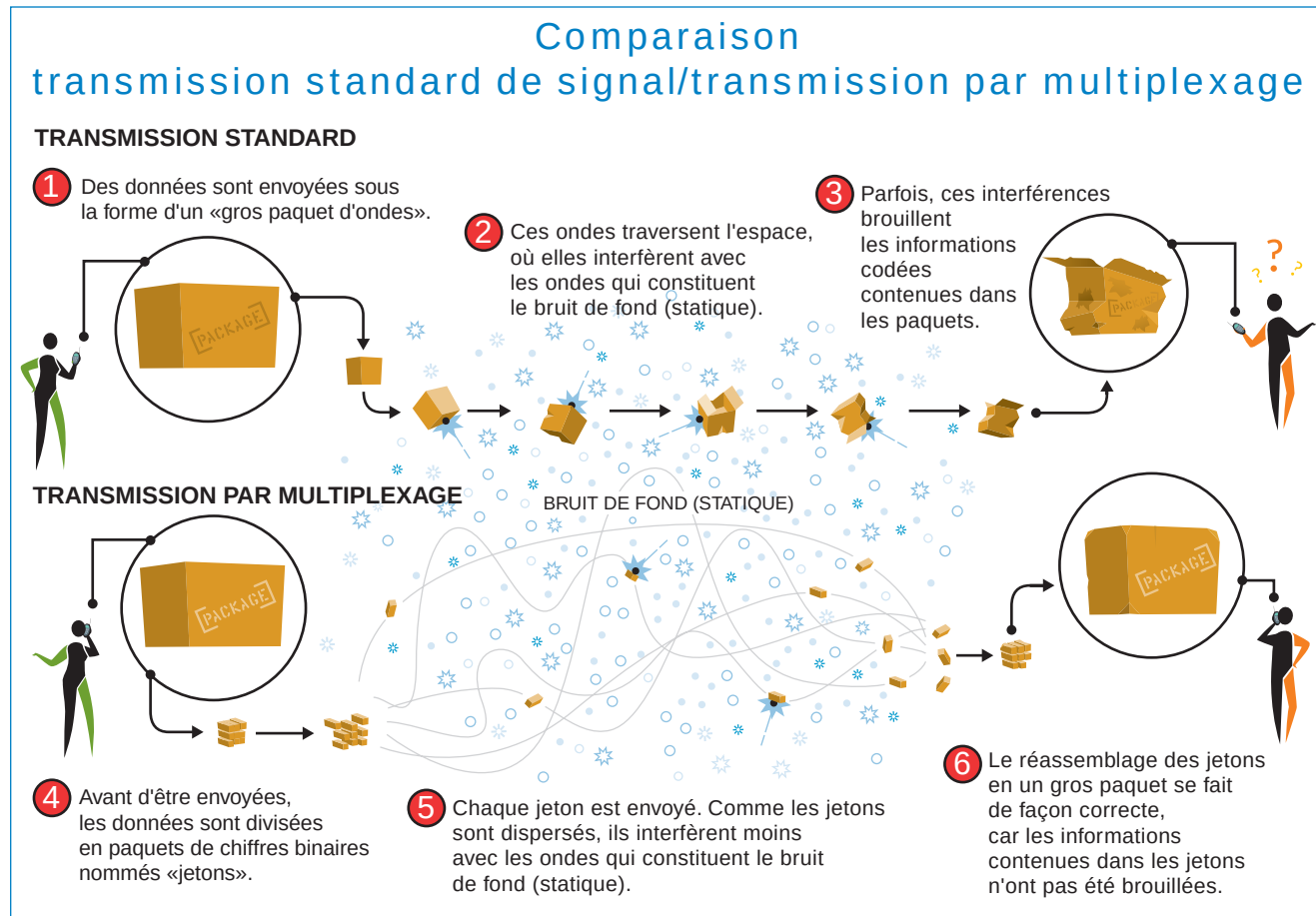
gueurs d'onde toutes comprises dans la bande passante, on envoie jusqu'à plus de 100 signaux sur une même fibre sans provoquer d'interférences. Si ce principe n'a pas encore été appliqué aux communications radio, c'est parce que des circuits de traitement du signal nécessaires étaient insuffisants. Le tri et la recombinaison rapide de signaux entremêlés impose des circuits intégrés qui traitent les signaux très vite.

De tels circuits apparaissent. La Société canadienne *Wi-LAN* a breveté une méthode de multiplexage nommée W-OFDM, acronyme anglais d'une expression qui signifie «multiplexage orthogonal à large bande par répartition en fréquences».

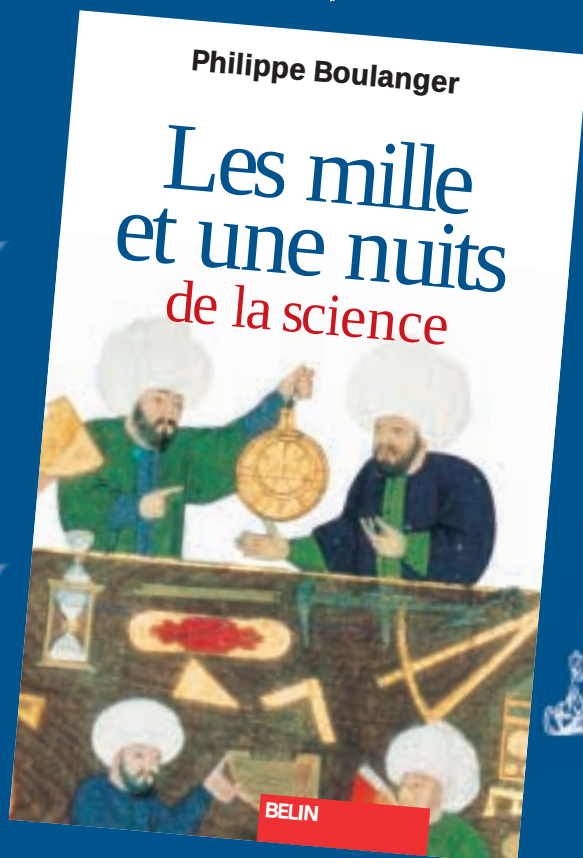
Selon Hatim Zaghloul, directeur général de la Société *Wi-LAN*, la méthode W-OFDM permet des débits de transmission élevés sur une partie limitée du spectre des fréquences radio. Il n'utilise qu'environ dix mégahertz de la bande «ISM», réservée aux applications industrielles, scientifiques et médicales, laquelle peut être utilisée sans autorisation préalable. Ces fréquences sont divisées en dix sous-

canaux régulièrement espacés, qui transmettent chacun un mégabit par seconde. L'émetteur utilise en parallèle chacun des canaux, où il transmet à une vitesse plus réduite que s'il n'utilisait qu'un seul canal. Cette lenteur se révèle être un avantage, car la transmission est alors moins sensible au bruit de fond et aux réflexions parasites. En le subdivisant, les systèmes qui multiplexent utilisent le spectre plus efficacement.

Avec un de ces systèmes, la Société *Wi-LAN* a atteint un débit de 32 mégabits par seconde. Lors d'essais menés au début de l'année 2000, un système W-OFDM a transmis un film vidéo vers une voiture qui roulait à la vitesse de 110 kilomètres par heure. Les nouvelles versions de W-OFDM, en préparation, devraient atteindre un débit de 155 mégabits par seconde avant la fin de l'année 2001. La Société *Wi-LAN* étudie notamment des processeurs de signaux assez puissants pour transmettre simultanément selon plus de canaux. La méthode de multiplexage W-OFDM devrait être déployée dans des systèmes sans fil, mais fixes, dès le début de l'année 2001 et dans



Entrez dans l'ambiance orientale
des mille et une nuits et laissez-vous
charmer par l'imagination
de Shéhérazade contant la science
et les tribulations des savants



«Dans ce livre, Philippe Boulanger,
Directeur de la revue Pour la Science,
réussit le tour de force de vulgariser des
concepts difficiles en charmant son lecteur
par une subtile danse... des neurones».

Hervé Ponchelet
Le Point

Code 2445 • 240 pages • Prix 100 F
Voir bon de commande p. 98

BELIN • POUR LA SCIENCE

les systèmes mobiles en 2003. En revanche, cette méthode imposerait une restructuration profonde des réseaux cellulaires actuels. Sera-t-elle une solution pour la quatrième génération de téléphones mobiles ?

Là est l'essentiel du problème posé par l'adoption d'une solution technique «3G» : chaque choix détermine les suivants, parce qu'il implique d'importants investissements dans les infrastructures. Vu le grand nombre de solutions techniques à l'étude, l'avènement d'une forme de télécommunication sans fil à haut débit dépendra surtout des ressources que les opérateurs ont ou sauront trouver (dans le porte-monnaie des utilisateurs). Quel que soit le choix technique qu'ils devront faire des compromis entre la largeur de bande disponible et le nombre d'utilisateurs qui la partageront : «L'essentiel du problème est dans le plan d'exploitation, pas dans la technique, estime Craig Mathias, de la Société d'études de marchés *MobileInsights*.

L'arrivée des systèmes 3G et leurs performances ne dépendent que des opérateurs. S'ils veulent fournir des réseaux à hauts débits de transmission de données, ils y arriveront. Toutefois, seules les communications vocales leur permettent aujourd'hui de gagner de l'argent.» D'où les nombreuses possibilités, qui nous vantent les performances d'infrastructures qui n'existent pas, et n'existeront peut-être que si leur démarrage se révèle assez rentable...

Selon M. Cooper, l'industrie des télécommunication est dominée par de grandes entreprises, trop souvent en situation de monopoles. Ces grands opérateurs pensent naturellement adopter un système unique pour tous les réseaux qu'ils exploitent, mais des réseaux plus variés et mieux adaptés aux divers usages seraient préférables. Les réseaux nationaux de communications vocales coexisteront sans doute avec des réseaux locaux de transmission de données. Certains seront chers et à haut débit, d'autres bon marché et à débit modeste. Enfin, les performances des réseaux sans fil devraient égaler un jour celles des réseaux câblés.

Leander KAHNEY est rédacteur au journal californien *Wired News*.

