

# 2

# LES RÉSEAUX

2.1	Les opérateurs de téléphonie mobile	16
2.2	Les fréquences utilisées	18
2.3	Cellules et stations de base	21
2.4	Puissance, portée et propagation	26
2.5	Capacité et saturation	29
2.6	Les services des réseaux	30
2.7	L'inscription des mobiles	39
2.8	L'itinérance ou roaming	41
2.9	Principes de tarification	43
2.10	L'itinérance prépayée	44

<b>3</b>	Le poste mobile	47
<b>4</b>	Une boîte à outils GSM	75
<b>5</b>	La carte SIM	111
<b>A1</b>	Le cédérom du livre	159
<b>A2</b>	Glossaire GSM	167
	Bibliographie	169

Les téléphones portables sont totalement tributaires, nous l'avons bien vu, de réseaux de stations fixes (ou de base) interconnectées entre elles et aussi avec le réseau téléphonique général.

Loin de se limiter à un rôle de transmission, un réseau GSM assure une foule de fonctions qui en font un énorme système informatique dont les postes mobiles ne constituent, en fin de compte, que de simples terminaux.

Bien plus encore que celles des téléphones, ce sont les possibilités du réseau de chaque opérateur qui déterminent les services pouvant être offerts à ses clients.

## 2.1 LES OPÉRATEURS DE TÉLÉPHONIE MOBILE

Les réseaux de téléphonie mobile ont été placés, dès les débuts de l'aventure du GSM, sur le terrain de la libre concurrence. Un peu partout en Europe, les premiers réseaux ont pourtant été établis par les opérateurs « historiques », anciennement administrations des télécommunications. Cela pour la bonne et simple raison que ceux-ci disposaient d'emblée d'une solide infrastructure interurbaine de câbles et de faisceaux hertziens, et occupaient bien souvent déjà les sites les mieux situés, d'un point de vue radioélectrique, pour couvrir facilement de vastes zones.

Les groupes privés désireux de devenir opérateurs de téléphonie mobile ont ainsi dû, après obtention de leur licence, soit construire de toutes pièces leur « toile d'araignée » nationale, soit se rabattre sur la solution assez inconfortable consistant à louer des capacités de transmission à leur concurrent direct.

Bien entendu, les synergies ont joué à fond, certains opérateurs pouvant compter, par exemple, sur un réseau de fibres optiques longeant les voies ferrées, les autoroutes, ou les voies navigables, ou bien encore sur des châteaux d'eau remarquablement bien placés.

Quoi qu'il en soit, les temps héroïques sont désormais révolus, et chaque opérateur en place dispose d'une couverture crédible, bien que parfois encore à dominante plutôt urbaine ou plutôt rurale.

Certaines zones n'étant couvertes que par un seul opérateur, la logique voudrait que des accords se mettent en place pour y « dépanner » les clients des réseaux concurrents (c'est même explicitement prévu dans la spécification GSM !). À défaut, les usagers français seraient paradoxalement moins bien desservis, dans leur propre pays, que les visiteurs étrangers !

À ce jour, on peut dénombrer pas loin de 450 opérateurs, répartis dans plus de 120 pays de par le monde. Chacun possède naturellement sa propre marque commerciale, mais aussi plusieurs éléments d'identification plus « techniques » qu'il est bon de connaître. Le plus évident est le nom du réseau, tel qu'il s'affiche sur l'écran du téléphone lorsque celui-ci est prêt à utiliser ses services. Ce sera par exemple :

- F-ITINERIS ou ORANGE pour France Télécom Mobiles,
- F-SFR pour Cegetel,
- F-BOUYGUES ou BYTEL pour Bouygues Télécom.

Notons que les initiales du pays, séparées ou non du nom de l'opérateur par un tiret, sont parfois omises, et que le libellé « long » peut aussi se trouver tronqué (F-BOUYG, par exemple). Tout dépend, en fait, de ce qui est programmé (d'origine ou après une mise à jour) dans le logiciel du téléphone !

Moins parlant mais plus facile à gérer informatiquement, un code numérique est également affecté à chaque opérateur (ou réseau, ce qui revient au même) :

- 208-01 pour Itinérис *alias* Orange,
- 208-10 pour SFR,
- 208-20 pour Bouygues Télécom.

On l'aura deviné, les trois premiers chiffres identifient le pays, et les deux derniers l'opérateur parmi ses compatriotes. Il semblerait, d'ailleurs, que l'ordre croissant de ces numéros d'opérateurs corresponde à celui de leur entrée en scène...

Il est facile de se procurer des listes plus ou moins à jour des identifiants des réseaux du monde entier, en visitant les sites Internet des opérateurs offrant à leurs clients la possibilité d'utiliser leur portable à l'étranger. On en trouvera un jeu complet en format PDF, aimablement fourni par Swisscom, dans le répertoire « ROAMING » du cédérom qui accompagne cet ouvrage. Le logiciel gratuit Acrobat Reader, fourni dans le répertoire « ACROBAT », en permet la lecture ou l'impression. Mais voici déjà quelques exemples empruntés à des pays voisins :

UK-CELLNET	234-10
UK-VODAFONE	234-15
UK-ONEZONE	234-30
UK-ORANGE	234-33
B-PROXIMUS	206-01
B-MOBISTAR	206-10

B-ORANGE 206-20

D1-TELEKOM 262-01

D2-PRIVAT 262-02

D-E-PLUS 262-03

D-VIAG 262-07

CH-NATEL D 228-01

I-TELECOM 222-01

I-OMNITEL 222-10

I-WIND 222-88

E-AIRTEL 214-01

E-RETEVISION 214-03

MOVISTAR 214-07

À titre de curiosités, ajoutons encore le code 901-03 réservé au réseau satellitaire Iridium, 222-02 attribué à son concurrent Globalstar, ainsi que 001-01, affecté à un réseau fictif utilisé pour certains tests.

## 2.2 LES FRÉQUENCES UTILISÉES

À l'exception remarquable des réseaux GSM internes aux compagnies de chemins de fer, tous les opérateurs se partagent les mêmes bandes de fréquences.

On voit à la **figure 2.1** que la bande GSM 900, la première à avoir été ouverte, est scindée en deux groupes de canaux, « montants » (du mobile vers la base) et « descendants » (de la base vers le mobile) : 890 à 915 MHz, et 935 à 960 MHz respectivement.

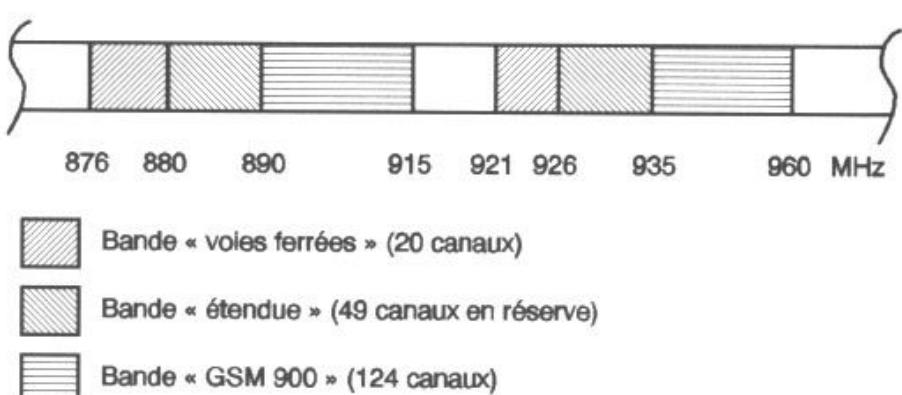


Figure 2.1.  
Plan de fréquences  
de la bande 900 MHz.

La bande GSM 900 dite « étendue » vient élargir la bande GSM 900 ordinaire, mais les terminaux capables d'y accéder ne sont pas légion.

L'histoire ne dit pas quels utilisateurs privilégiés bénéficient de ce genre de matériel, et donc de la « priorité » d'accès au réseau correspondante...

La bande GSM 1800 (autrefois DCS 1800) se compose pour sa part des blocs de 1 710 à 1 785 MHz et de 1 805 à 1 880 MHz, comme le montre la **figure 2.2**.

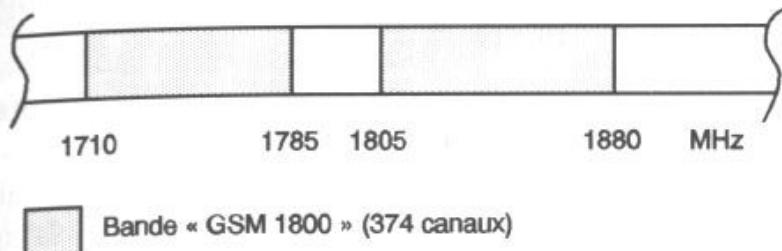


Figure 2.2  
Plan de fréquence  
de la bande  
1 800 MHz

Les réseaux américains, de leur côté, fonctionnent vers 1 900 MHz (système PCS 1900, alias GSM 1900), tandis que l'on songerait à une extension future dans la bande des 450 MHz.

Dans le cas du GSM 900 (hors bande étendue), chaque bloc « montant » et « descendant » est scindé en 124 canaux (contre 374 pour le GSM 1800), d'une largeur de bande de 200 kHz chacun. Cela peut paraître large pour de la radiotéléphonie, mais il ne faut pas oublier qu'il s'agit de transmission numérique, avec un débit équivalent à huit fois 22,8 kilobits par seconde, parole et données confondues. La technique du multiplexage temporel « TDMA » permet en effet de loger huit communications simultanées par canal, selon le principe détaillé à la **figure 2.3**.

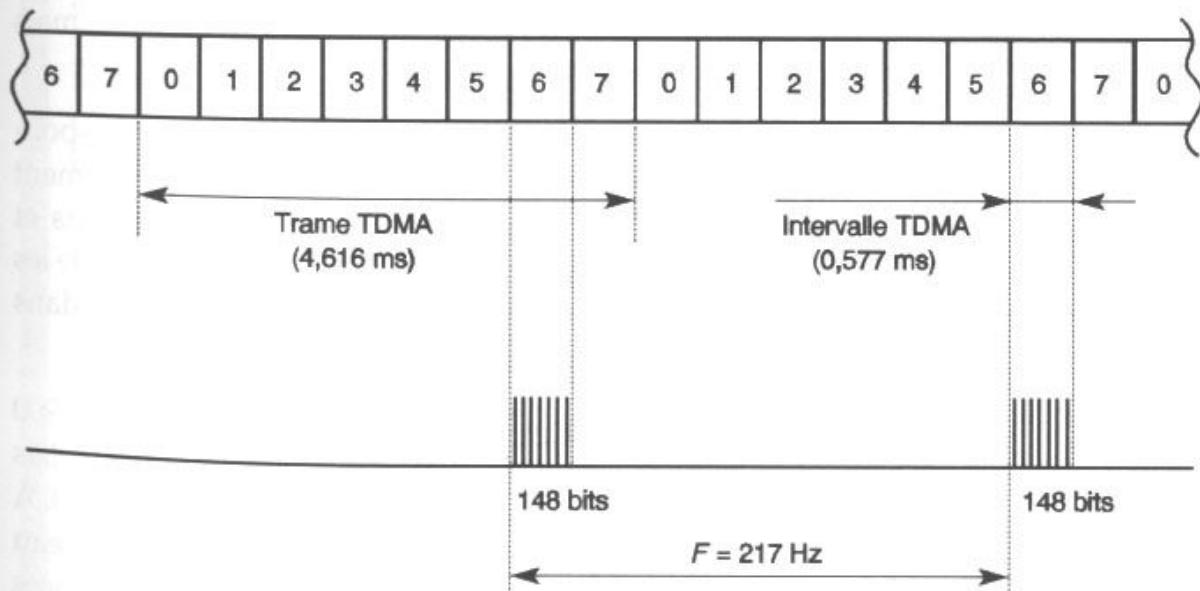


Figure 2.3  
Principe du multiplexage  
temporel TDMA

En pratique, chaque communication est digitalisée, puis découpée en paquets de 148 bits, à la transmission desquels est seulement alloué un intervalle de 0,577 ms toutes les 4,616 ms (soit exactement  $8 \times 0,577$ ). Par conséquent, un portable en cours de communication émettra seulement une très courte salve de HF toutes les 4,616 ms, c'est-à-dire à une fréquence de 217 Hz. Exactement celle du bourdonnement caractéristique que l'on entend, par détection directe, lorsqu'on utilise un mobile trop près d'un équipement audio insuffisamment blindé...

Pas question donc, on le voit, d'espionner des GSM sur un simple « scanner », d'autant que l'allocation des canaux est « dynamique ». Entendons par là que des changements de canal interviennent sans cesse en cours de communication. Cela apporte d'ailleurs une certaine « diversité » améliorant l'immunité aux aléas de propagation, tout spécialement en ville.

Il faut savoir, en effet, que les fréquences utilisées relevant du domaine des UHF (Ultra Hautes Fréquences), voire des micro-ondes, leur propagation ne se fait, en principe, qu'en vue directe et en ligne droite. Les obstacles naturels ou artificiels peuvent les arrêter complètement, les atténuer plus ou moins sévèrement, ou encore les réfléchir, à la manière des ondes utilisées en télévision.

D'une façon générale, le 1 800 MHz s'atténue, à puissance égale, environ quatre fois plus que le 900 MHz et porte donc moins loin. Un réseau 1 800 MHz se prête ainsi idéalement à une desserte urbaine, au moyen de très nombreuses stations de base, offrant par conséquent une forte capacité de trafic.

En revanche, un réseau 900 MHz sera préférable pour couvrir de grandes étendues à partir d'un plus petit nombre de relais, mais risquera davantage la saturation.

On remarquera également que les longueurs d'onde correspondant à des fréquences de 900 et 1 800 MHz, sont respectivement de 33 cm et 17 cm. Cela influe bien sûr sur les dimensions et l'efficacité des antennes, mais aussi sur la facilité avec laquelle les émissions peuvent pénétrer, par de très petites ouvertures, dans des volumes normalement imperméables aux ondes radio.

Dans l'état actuel des choses en France, les opérateurs GSM 900 densifient volontiers leurs réseaux en y ajoutant des relais 1 800 MHz dans les zones à fort trafic (technologie « bibande »). À l'inverse, le troisième opérateur a construit d'emblée son réseau en 1 800 MHz, sans doute d'ailleurs par manque de fréquences 900 MHz ! Il se trouve ainsi amené à l'enrichir d'un très grand nombre de sites d'émission, avec toutefois la possibilité de créer aussi quelques relais en 900 MHz dans des zones à faible densité

de population. Paradoxalement, c'est ainsi l'opérateur comptant pour l'instant le moins d'abonnés, qui dispose de la plus forte capacité potentielle. Cela n'est pas forcément neutre vis-à-vis de la qualité de service, de certaines offres promotionnelles à base de communications gratuites, et de la façon d'aborder la communication mobile de troisième génération...

Beaucoup de pays disposant pareillement d'opérateurs 900 et 1 800 MHz, on comprend l'intérêt de la commercialisation massive de téléphones bibandes, surtout pour les clients bénéficiant d'une option « monde » ou « Europe ».

## 2.3 CELLULES ET STATIONS DE BASE

Dans un réseau « cellulaire », on appelle « cellule » chaque zone de couverture indivisible correspondant à une station fixe donnée.

Dans le système GSM, chaque cellule se voit affecter un certain nombre de canaux, et par conséquent une certaine limite de capacité de trafic.

Il serait ainsi parfaitement possible de créer des cellules ne pouvant pas supporter plus de sept ou huit communications simultanées !

Dans chaque cellule, une voie radio dite « balise » ou BCCH émet en permanence des informations d'identification et de signalisation. Ainsi, chaque mobile peut entretenir en permanence une liste des cellules couvrant plus ou moins bien l'endroit où il se trouve, et passer de l'une à l'autre aussi souvent qu'il le faut pour maintenir la meilleure qualité possible de communication.

Il est toutefois important de remarquer (mais les opérateurs ne le crient pas sur les toits) que chaque groupement de cellules étant un élément de réseau jouissant d'une certaine autonomie, deux cellules distinctes peuvent présenter des comportements, voire des défauts, plus ou moins différents.

Au niveau des stations de base, chaque cellule est matérialisée par des antennes et au moins une armoire technique dite « BTS » (*Base Transceiver Station*).

La disposition la plus courante pour les antennes est celle de la **figure 2.4** (vue en plan).

Trois « secteurs » ou « azimuts » sont définis selon les impératifs locaux (et notamment la situation des cellules adjacentes), couverts chacun par des antennes présentant une directivité de l'ordre de 120° dans le plan horizontal.

Vue interne d'une armoire BTS Nortel (à gauche la partie émission, à droite la partie réception).

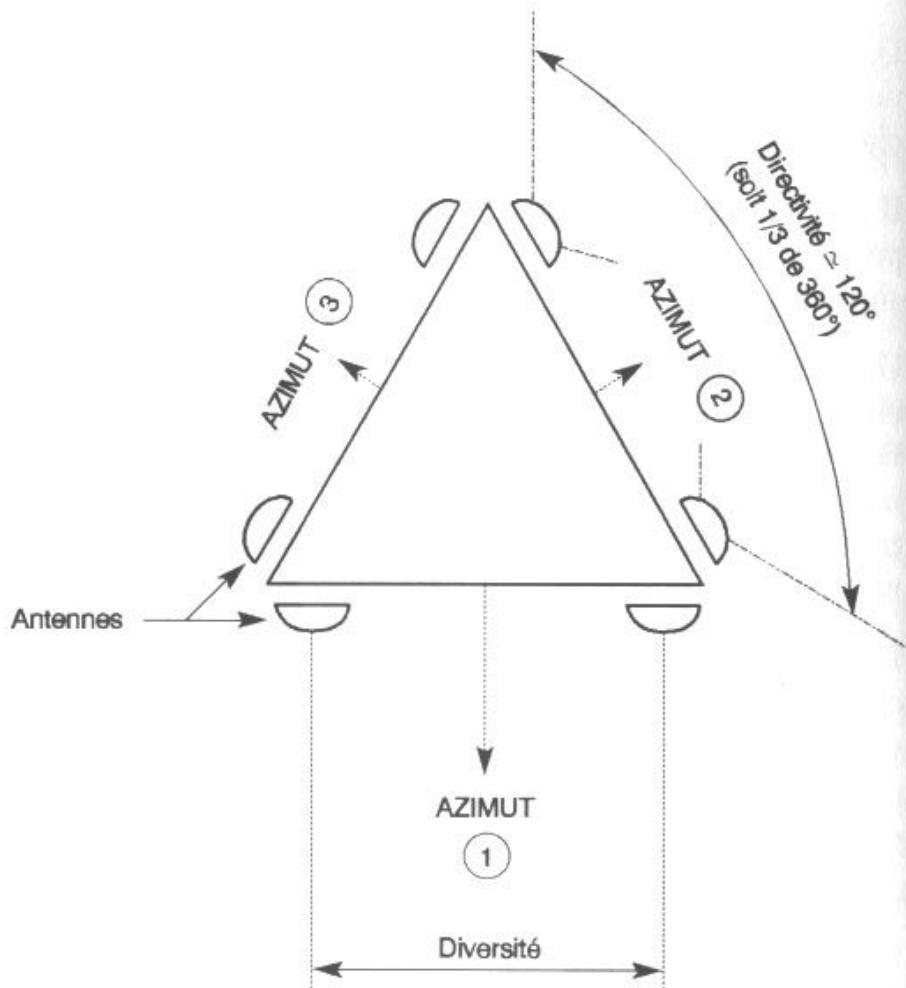
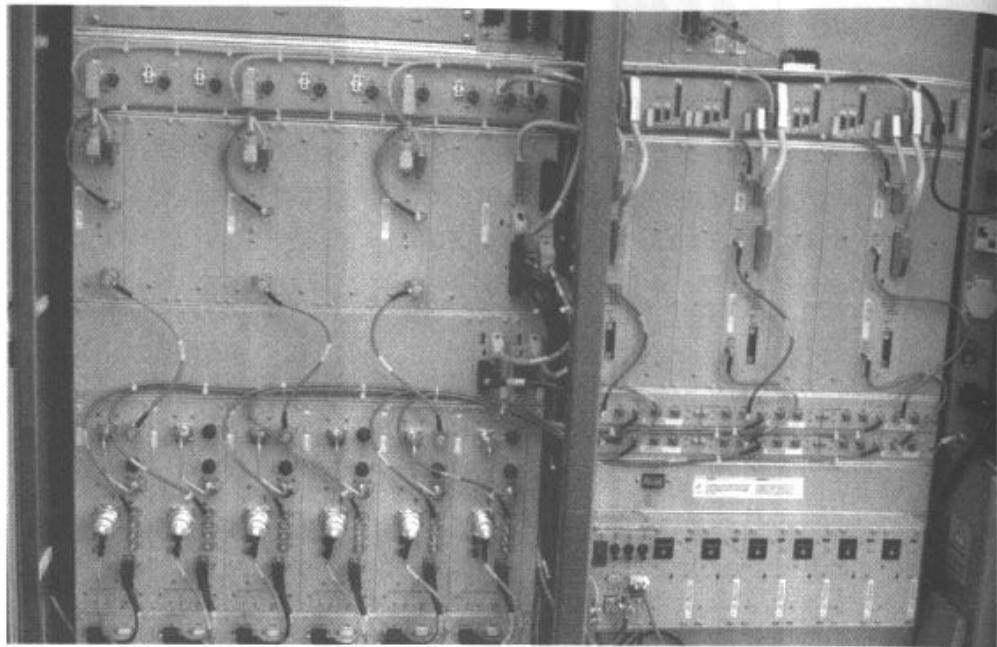


Figure 2.4.  
Disposition habituelle  
d'un site d'émission.

Cette configuration assure ainsi la couverture sur  $360^\circ$ , en trois faisceaux, d'une zone centrée sur la station. Son diamètre dépend de la puissance des émetteurs, mais aussi de la directivité des antennes dans le plan vertical, couramment inférieure à  $10^\circ$ .

Bien souvent, d'ailleurs, les antennes sont « tiltées » comme le montre la figure 2.5, c'est-à-dire légèrement inclinées vers le bas,



Le pyl  
d'une grosse sta  
de l  
(3 secte  
9 antenn

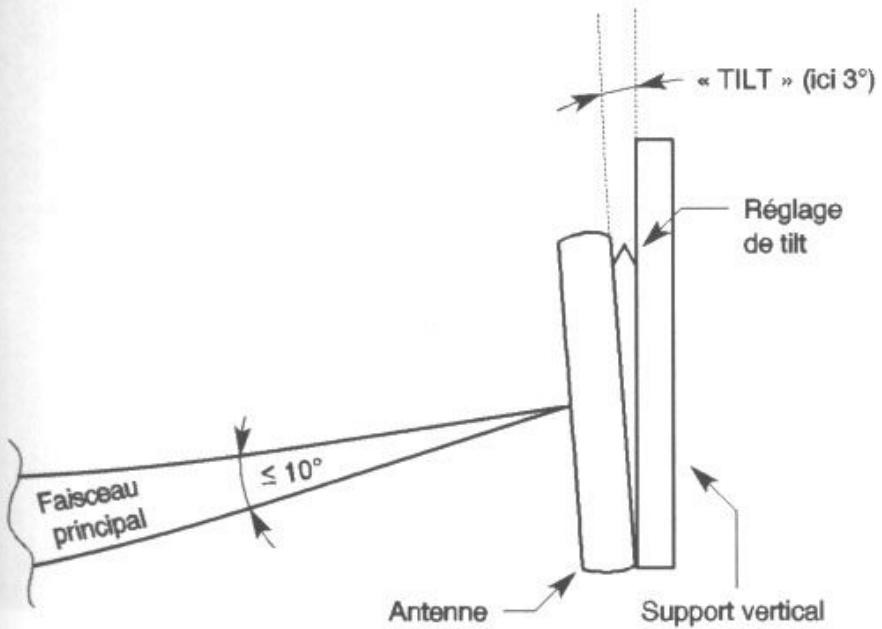


Figure  
Vue en éléva  
de la disposi  
d'une ante

de façon à limiter volontairement la portée des émissions. Cela permet, on l'a vu, de réutiliser les mêmes canaux à relativement peu de distance, sur d'autres stations de base.

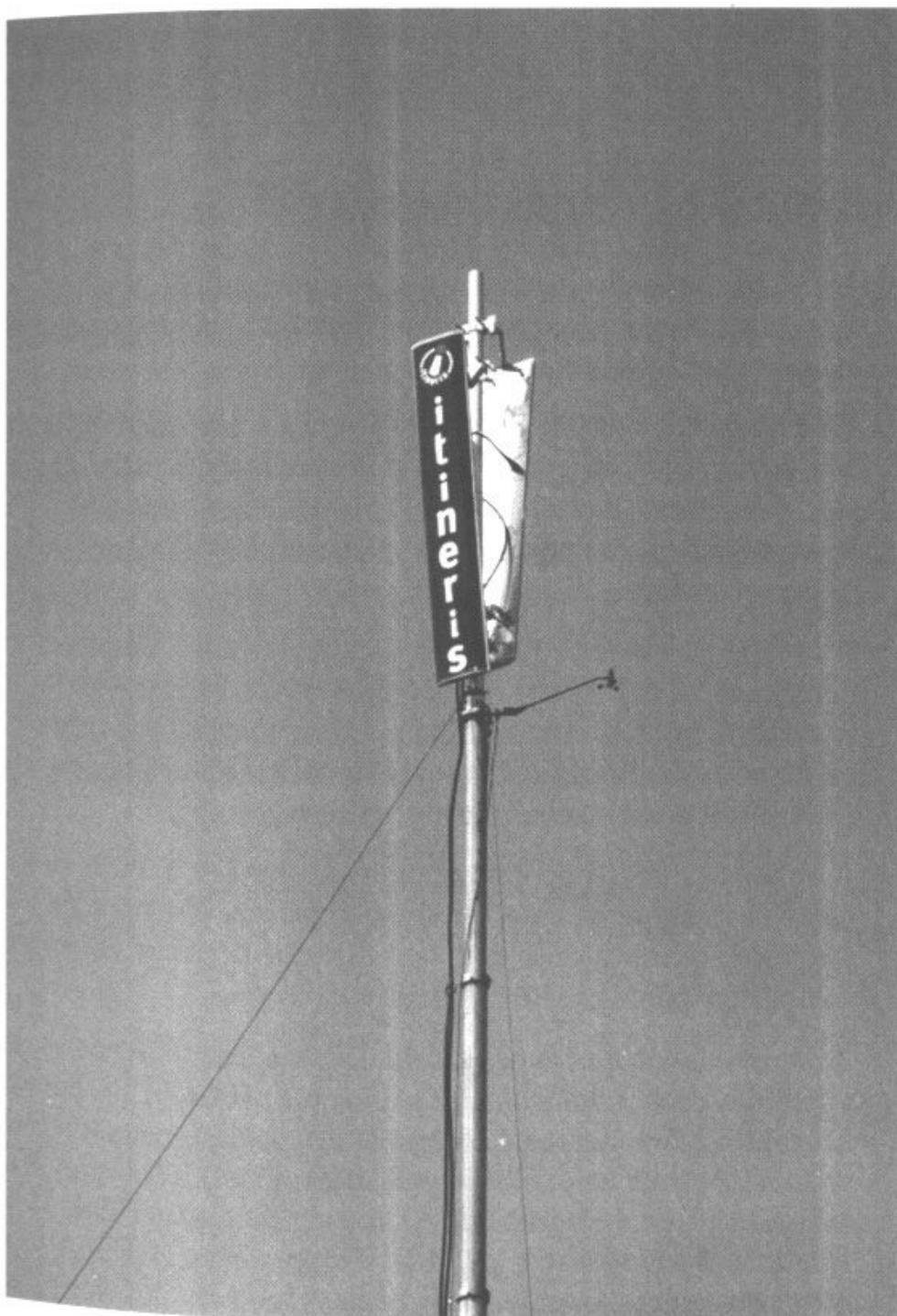
Le plus souvent possible, chaque secteur est équipé d'au moins deux antennes d'émission-réception, boîtiers rectangulaires de près de deux mètres de haut pour dix à vingt centimètres de large, contenant une multitude de dipôles savamment répartis. Il est alors d'usage de les écarter de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres, du moins lorsque la place disponible sur le pylône ou le bâtiment le permet.



Très supérieur à la longueur d'onde utilisée (au plus quelques dizaines de centimètres), cet écartement baptisé « diversité » suffit pour obtenir des conditions de propagation sensiblement différentes vers un même mobile.

L'utilisation alternée de canaux passant par l'une ou l'autre des deux antennes, facilite ainsi le maintien d'une bonne qualité de transmission.

Lorsque la place est comptée, une seule antenne peut néanmoins suffire pour chaque secteur, tandis que certaines stations de base peuvent fort bien n'être équipées que de deux secteurs, voire d'un seul.



Une station de bas temporaire  
(2 secteur  
2 antennes

C'est souvent le cas des stations transportables qui servent à couvrir temporairement une zone non desservie, à secourir une installation défaillante, ou à renforcer une capacité insuffisante lors d'un événement exceptionnel.

Le choix des sites d'émission est un exercice passablement complexe, faisant largement appel à des simulations informatiques à partir de modèles numériques du terrain.

À l'intérieur de constructions difficiles à couvrir mais potentiellement rentables (centres commerciaux, gares, aéroports, tunnels routiers ou ferroviaires, immeubles de bureaux, etc.) la tendance est à l'installation de « micro-cellules » à couverture très localisée.

En pareil cas, les antennes peuvent être constituées de câbles coaxiaux « fendus », rayonnant jusqu'à une distance de quelques dizaines de mètres seulement, mais cela tout au long de leur parcours, aussi tortueux soit-il.

## 2.4 PUISSANCE, PORTÉE ET PROPAGATION

Qui dit réseau cellulaire dit en principe portée limitée des stations fixes comme des postes mobiles, et donc puissances d'émission relativement modestes.

En matière de GSM 900, il est d'usage que les portables affichent une puissance maximale de 2 W, et que les mobiles installés sur des véhicules soient du type 8 W, bien que la norme définisse quatre « classes » de puissance échelonnées de 800 mW à 8 W.

Les portables GSM 1800, pour leur part, ont des puissances d'émission sensiblement moitié moindres, ce qui n'est pas sans conséquence sur leur consommation, et donc sur l'autonomie de leurs batteries. En revanche, leur portée s'en ressent forcément, un rapide calcul donnant un avantage d'environ seize fois au GSM 900, toutes choses égales par ailleurs.

Il est plus délicat de donner un ordre de grandeur pour la puissance des stations de base, car les opérateurs se montrent excessivement discrets à ce sujet. Il faut dire que l'éventail est large, compte tenu de la variété des conditions locales.

Pour une station moyenne en milieu urbain, couvrant une zone d'environ deux kilomètres de rayon, on peut tout de même s'attendre à une puissance de quelques dizaines de watts par secteur ( sachant que  $10\text{ W} = +40\text{ dBm}$  ou  $\text{dB}$  au-dessus du milliwatt). Cela en sortie des émetteurs, car la directivité des antennes conduit à des puissances apparentes (PIRE) atteignant plusieurs centaines de watts dans les directions les plus

privilégiées (avec 100 W = + 50 dBm). On n'est alors plus très loin de l'équivalent d'un four à micro-ondes fonctionnant porte ouverte, mais ces chiffres doivent tout de même être rapprochés des centaines de kilowatts que rayonnent allégrement les principaux pylônes de télévision et radiodiffusion FM (à commencer par la tour Eiffel, particulièrement « polluante » en la matière !).

En zones rurales, les chiffres pourraient être encore notablement supérieurs, en raison de l'adjonction de boîtiers amplificateurs ou « injecteurs » supplémentaires.

D'après des sources crédibles (catalogues de fabricants d'instruments de mesure spécifiques), il semblerait que le grand maximum en sortie d'émetteur puisse être estimé à 30 W en 1 800 MHz et 300 W en 900 MHz, mais qu'en pratique, on ne dépasse qu'exceptionnellement 60 à 80 W. Cela peut paraître énorme compte tenu de l'excellente sensibilité des récepteurs, tant mobiles que fixes (largement mieux que - 100 dBm pour un portable de bonne qualité). C'est qu'il ne faut pas compter seulement avec l'atténuation « en espace libre », mais aussi avec celle introduite par les obstacles divers et variés, présents entre la station de base et le mobile. Citons en vrac les bâtiments en béton armé, capables d'atténuer de 100 à 1 000 fois (soit 20 à 30 dB) les signaux qui les pénètrent (couverture « indoor »), les carrosseries de voitures, les arbres en feuilles, les intempéries, etc.

En l'absence de tout obstacle, l'atténuation due à l'éloignement varie comme le carré de la distance, augmentant donc de 6 dB à chaque fois qu'on double celle-ci. Descendre dans un parking souterrain ou une cave peut ainsi avoir le même effet que s'éloigner de 30 km en vue directe !

Compte tenu de l'extrême variété des conditions de propagation, il a été imaginé que les puissances d'émission, tant des stations fixes que des mobiles, s'adaptent en permanence aux conditions du moment. Cela explique que l'autonomie d'un portable, en mode « conversation », soit très dépendante des circonstances, et pas forcément toujours aussi flatteuse sur le terrain que dans les publicités...

À la lumière de ces quelques chiffres, on comprend que, dans d'excellentes conditions, il ne soit pas déraisonnable d'espérer des portées très au-dessus de la moyenne.

En mer, par exemple, l'étendue de la couverture côtière est telle que le GSM a très vite détrôné le service public de radiotéléphonie VHF ! On se gardera bien d'en déduire qu'un téléphone portable suffit pour assurer la sécurité à bord, car ses émissions ne sont pas entendues par les autres bateaux susceptibles de porter assistance,

tandis qu'il est infiniment plus délicat à localiser qu'une VHF. Il ne faut pas davantage escompter les portées de 50 ou même 80 km au large que permettent, dans de bonnes conditions, les radios de 25 W. Et pourtant, on détecte fort bien, par beau temps, les stations fixes des quatre réseaux GSM anglais sur les côtes normandes, à plus de 120 km de distance !

Cet apparent paradoxe résulte du principe même du multiplexage temporel TDMA, qui introduit une limite absolue de portée d'environ 35 km. On a vu, en effet, que le réseau ne communique avec le mobile que pendant des intervalles de temps de 0,577 ms. À 300 000 kilomètres par seconde, les ondes radio perdent déjà 0,233 ms pour parcourir 70 km (aller-retour) entre la station de base et le mobile, ce qui est encore tout juste acceptable. Au-delà d'une portée de 35 km, les paquets de bits émis par le portable atteignent la station de base alors que celle-ci a déjà cessé de les attendre, pour passer à l'écoute d'un autre mobile. Il est particulièrement frappant de constater, en s'éloignant progressivement des côtes, comment la communication devient brusquement impossible alors même qu'elle était excellente, l'afficheur du portable indiquant d'ailleurs toujours une réception optimale !

Un phénomène similaire peut se produire sur la terre ferme, dans des régions au relief accidenté : une station de base éloignée de plus de 35 km peut très bien être reçue « fort et clair », dans une zone qui doit pourtant être résolument considérée comme « non couverte » puisque toute communication y est impossible.

Il peut aussi arriver qu'en composant le 112 pour demander du secours, on se trouve mis en relation avec les pompiers d'un autre département ! C'est parfaitement normal si l'on reçoit mieux une station fixe distante de 20 ou 30 km, que celle située à 2 km, mais derrière une colline.

Un artifice technique pourrait permettre de quasiment doubler cette distance limite pour approcher les 60 ou 70 km, mais aux dépens de la capacité de la station de base. Des essais concluants auraient déjà été menés en Australie, et quelque chose nous dit que certains opérateurs pourraient bien tester le système sur les cabines publiques de certains car-ferries.

Signalons enfin les surprises, d'un genre tout différent, que nous réservent les réflexions d'ondes sur les obstacles les plus divers, et même sur les plans d'eau d'une étendue suffisante. Il arrive ainsi parfois qu'un portable fonctionne à la perfection en un endroit où l'on n'aurait jamais osé l'espérer, par exemple au pied d'une haute falaise, mais peut-être pendant quelques secondes seulement. En pareil cas, il peut en effet suffire que l'antenne du

portable se déplace de quelques centimètres pour que le son devienne parfaitement inintelligible, ou bien pour que la communication se coupe.

## 2.5 CAPACITÉ ET SATURATION

En matière de téléphonie fixe ou « filaire », on se souvient à peine de cette époque où il n'était pas rare, en décrochant son combiné, de devoir attendre plusieurs minutes la tonalité « d'invitation à numérotter ». Chaque abonné dispose en effet, en propre, d'une paire de fils le reliant au central le plus proche, dont la capacité est maintenant largement dimensionnée.

Les choses sont très différentes dans le cas du GSM, puisqu'un mobile ne peut communiquer que si le réseau est en mesure de lui trouver un intervalle TDMA libre sur les canaux disponibles là où il se trouve. Or, on sait que la bande GSM 900 n'offre que 124 canaux, à partager entre les différents opérateurs.

Dans le meilleur des cas, si la totalité des canaux pouvait être partagée équitablement, en un même lieu, entre deux opérateurs, cela ne permettrait d'écouler simultanément que  $8 \times 62$ , soit 496 communications par opérateur.

En pratique, chaque cellule ne dispose que d'un bien plus petit nombre de canaux et a besoin de « voies de service », mais il est vrai qu'en un lieu donné, on peut souvent trouver plusieurs cellules dont les zones de couverture se chevauchent, et que le réseau s'efforce de distribuer au mieux.

Les choses se gâtent bien sûr encore quand, à l'intérieur d'une zone à la limite de la saturation, plusieurs communications s'établissent entre mobiles d'un même réseau.

La conséquence palpable de cette capacité localement assez limitée des réseaux GSM, est que lorsqu'il se présente une situation amenant de nombreux abonnés mobiles à téléphoner simultanément au même endroit, la saturation est quasiment inévitable.

Les cas les plus fréquents sont les carambolages ou blocages routiers et autres situations de crise, les grands rassemblements de public, et les moments de liesse comme les 31 décembre à minuit. En pareil cas, la seule façon d'arriver à téléphoner consiste à insister sans relâche, ce qui n'améliore certes pas l'état de congestion du réseau.

On peut donc raisonnablement estimer qu'en cas d'événement grave impliquant de nombreuses personnes au même moment et à peu près au même endroit, le téléphone portable risque fort de n'être daucun secours...

Il faut également savoir, et les opérateurs ne s'en vantent pas, que tous les usagers ne sont pas égaux devant la saturation.

Il était, notamment, fort instructif de procéder à quelques essais comparatifs dans la nuit du 31 décembre 1999 au 1<sup>er</sup> janvier 2000 !

D'une façon générale, les abonnés des formules les plus chères semblent bien bénéficier d'une priorité sur le « tout venant », et notamment sur les adeptes des formules « sans abonnement », bien plus onéreuses à la minute mais peu rentables pour les opérateurs.

La spécification GSM prévoit d'ailleurs expressément, dans sa section 02.11, que chaque mobile appartienne à une « classe » parmi dix possibles, chacune de celles-ci pouvant, à tout moment, être autorisée ou non à accéder au réseau.

En principe, l'appartenance à telle ou telle classe devrait être le fruit du hasard, tandis que cette facilité ne devrait pas être mise à contribution tant que le réseau fonctionne normalement.

En pratique, il est toutefois bien difficile de contrôler l'usage qu'en font les opérateurs...

Bien entendu, des classes spécifiques sont réservées à certaines catégories d'utilisateurs prioritaires : services publics, d'urgence, de sécurité, ou de l'opérateur lui-même, par exemple. Nous verrons d'ailleurs, dans un prochain chapitre, comment déterminer à quelle classe appartient tel ou tel mobile, ou plutôt tel ou tel utilisateur puisque c'est dans la carte SIM que réside (discrètement) cette information.

On nous permettra enfin de répéter ce que nous avons déjà laissé entendre à propos des zones de couverture : le client d'un opérateur étranger, s'il peut choisir automatiquement ou manuellement entre les différents opérateurs 900 et 1800 du pays qui l'accueille, sera souvent mieux loti que les « indigènes ». De là à être client, dans son propre pays, d'un opérateur étranger, il n'y a qu'un pas que l'on pourrait bien être tenté de franchir si la sécurité de communication passe avant le prix à la minute...

## 2.6 LES SERVICES DES RÉSEAUX

Vaste sujet, assurément, qui monopolise à lui seul des centaines de pages de la norme GSM...

À défaut de pouvoir entrer dans le détail de tous ces services, nous commencerons par en définir les principales catégories. Dans un second temps, nous nous pencherons plus particulièrement sur

ceux qui se prêtent à des manipulations intéressantes, mais souvent fort peu documentées...

## Les communications vocales

Service de base de tout téléphone portable, la transmission de la voix est appelée à céder progressivement du terrain à d'autres modes de communication, tout comme les lignes filaires qui véhiculent par exemple de plus en plus de trafic internet. L'un des défis de la spécification GSM était d'offrir une très bonne qualité de son, malgré un débit de données numériques calculé au plus juste.

Depuis l'avènement du « numérique temporel », le téléphone filaire offrait déjà une excellente qualité de reproduction de la parole, voire de la musique, malgré une bande passante analogique de seulement 3 kHz.

Techniquement parlant, ce sont les « CODEC » (COdeurs-DECodeurs) utilisés qui déterminent largement la qualité du son. Ces convertisseurs analogique-numérique et numérique-analogique, très spécifiques, font appel à des lois de conversion baptisées CCITT pour la téléphonie filaire, et bien entendu GSM pour la téléphonie mobile.

Dans un cas comme dans l'autre, la fréquence d'échantillonnage est de l'ordre de 8 kHz, mais le codec GSM a ceci de particulier qu'il se contente d'un débit de données d'environ 13 kilobits par seconde, contre 64 si on quantifiait l'amplitude sur huit bits sans aucune compression (méthode dite PCM). Il s'agit là du débit normal, dit *Full Rate* (FR), qui peut éventuellement être réduit de moitié (HR ou *Half Rate*), mais au prix d'une dégradation sensible de la qualité.

En fait, la tendance est plutôt à une amélioration de la qualité, obtenue en perfectionnant le codage tout en maintenant le débit normal. On parle alors de son EFR (*Enhanced Full Rate*), HQ (Haute Qualité), ou HR (Haute Résolution, à ne pas confondre avec le *Half Rate*...). C'est aux possibilités de composants électroniques de pointe comme les DSP (*Digital Signal Processors*) que l'on doit cette évolution vers un son qui n'a plus grand-chose à envier, même en « mains libres », aux meilleurs téléphones filaires.

À vrai dire, la qualité est telle qu'il faut même introduire volontairement un peu de bruit de fond pour meubler les silences des conversations, faute de quoi on aurait vite l'impression d'être « coupé » !

Même très bonne, la qualité sonore n'est toutefois pas toujours suffisante pour la transmission de ces signaux très délicats que sont les paires de « fréquences vocales » des claviers DTMF.

Largement utilisées pour toutes sortes de commandes à distance depuis les claviers téléphoniques, ces fréquences devaient pourtant absolument pouvoir être transmises depuis les portables (voir notre ouvrage *Télécommandes, technique et réalisation*, paru dans cette même collection).

Il a donc été imaginé que, lorsqu'on appuie sur les touches du clavier en cours de communication, les tonalités DTMF correspondantes ne soient pas générées par le mobile, mais par le réseau ! Lors de l'appui sur la touche, le mobile envoie ainsi juste un ordre « début de tonalité DTMF », et au relâchement un ordre « fin de tonalité DTMF ». À l'autre bout de la liaison, on est donc assuré de la bonne qualité de la paire de fréquences, sans risque de micro-coupures ni de distorsion.

Rien n'interdit, bien entendu, d'utiliser tout de même un coupleur acoustique (pour interrogation de répondeur, par exemple) avec un portable, mais il faut s'attendre à une fiabilité aléatoire.

## Les appels d'urgence

Les appels d'urgence ne sont à proprement parler qu'un cas particulier de communications vocales, mais quel cas particulier ! Constituant à peu près la seule obligation de service public imposée aux opérateurs de téléphonie mobile, l'acheminement gratuit des appels d'urgence apporte une appréciable sécurité à tout possesseur de téléphone portable.

En principe, le numéro unique d'appel des secours est le 112, du moins en Europe, mais la plupart des pays du monde l'ont également adopté.

En France, il met généralement en relation avec les pompiers du département dans lequel se situe la station de base relayant l'appel, et donc pas nécessairement de celui où circule réellement le portable. Si le mobile se situe dans une zone couverte par son opérateur habituel, alors c'est lui qui acheminera l'appel.

À défaut, les réseaux concurrents sont censés prendre la relève, ce qui confirme l'intérêt de posséder un portable bibande si l'on souhaite bénéficier de la plus grande sécurité possible.

D'après la norme, les appels au 112 devraient être possibles dans n'importe quel pays couvert, à partir de n'importe quel portable GSM muni ou non d'une carte SIM en cours de validité.

Les choses sont, hélas, fort différentes en pratique, tous les opérateurs n'appliquant d'ailleurs pas les mêmes règles.

Le cas le plus délicat est celui d'un portable dépourvu de carte SIM, et qui affiche donc un message du genre « SIM ABSENT » lors de sa mise sous tension.

La composition du 112 (et uniquement du 112) est techniquement possible, mais l'aboutissement ou non de l'appel dépend du bon vouloir de l'opérateur amené à le prendre en charge. La « roulette russe », en somme...

Curieusement, l'appel aura parfois plus de chances d'aboutir au départ d'une zone couverte par un seul opérateur, s'il accepte les appels d'urgence sans SIM, que lorsque plusieurs réseaux sont disponibles au même endroit. Le mobile risque en effet de choisir le réseau qui « passe » le mieux, mais qui n'est pas forcément celui qui accepterait d'acheminer des appels d'urgence « anonymes ».

La situation peut être soit meilleure, soit encore pire, lorsque le portable est équipé d'une carte SIM périmée (par exemple une carte sans abonnement qui n'a pas été rechargée à temps, mais sur laquelle le mobile est resté verrouillé). Le portable cherchera en effet volontiers à se connecter en priorité à ce qui était son réseau de rattachement avant la péremption de la carte, encore que la sélection manuelle du réseau permette souvent de passer outre.

Lorsque le portable est équipé d'une carte SIM valide (ce qui est tout de même le cas le plus fréquent !), le 112 doit répondre, et on doit pouvoir appeler, en plus, les numéros d'urgence « classiques » du ou des pays où le mobile est habilité à fonctionner normalement. Un abonné français ou un hôte étranger pourra, ainsi, joindre gratuitement le 15, le 17, le 18, et parfois le 119, lorsqu'il se trouve en France. Hors de sa patrie, il ne pourra appeler les numéros d'urgence locaux (par exemple le 999 en Grande Bretagne) que s'il dispose d'un accord d'itinérance (*roaming*) avec les réseaux du pays considéré. À défaut, seul le 112 lui sera accessible, et encore à de multiples exceptions près...

Il faut considérer que les appels d'urgence sont systématiquement identifiés, même si le mobile ne transmet pas habituellement son numéro d'appel. Les identifiants du poste et de sa carte SIM peuvent en effet être lus à distance, tandis qu'on commence même à parler de possibilités de localisation géographique de l'appelant...

Un atout de plus en matière de sécurité, notamment en mer ou en montagne, mais qui ne devra surtout pas faire perdre toute notion de prudence !

## Données et fax

En tant que véritables « RNIS sans fil », il est évident que les réseaux GSM peuvent tout aussi bien transmettre des données informatiques que de la parole. Dans l'état actuel des choses, cela se fait surtout en reliant le téléphone portable à un micro-ordinateur, souvent lui-même portable, d'ailleurs !

Selon le type de téléphone, cela suppose l'utilisation d'un modem spécifique ou d'un simple cordon (soft modem), voire d'une liaison infrarouge (IRDA). Les prochaines générations de téléphones portables bénéficieront de possibilités de transmission de données bien plus étendues, un navigateur internet simplifié pouvant même être incorporé dans le mobile (à écran couleur), ou plus astucieusement encore dans sa carte SIM.

Mais pour le moment, une application parfaitement adaptée au débit de données encore relativement faible (2 400 à 9 600 bps effectifs malgré une capacité théorique de 22,8 kbps) est l'émission ou la réception de télecopies ou de courrier électronique.

Notons que, dans tous les cas, le trafic de données ou de fax se fait par un numéro de téléphone distinct de celui affecté aux communications vocales. Cela nécessite donc la souscription d'une option spécifique (Data) qui n'est pas (encore ?) offerte aux clients « prépayés ».

## Les mini-messages

Longtemps dédaignés, les mini-messages se taillent maintenant un étonnant succès, générant un trafic et un chiffre d'affaires plus que significatifs (12 milliards de messages émis en Europe pour le seul mois de décembre 2000, et 50 milliards dans le monde pendant le premier trimestre 2001 !)

Au-delà du simple échange de « petits mots » de 160 caractères au maximum, certains voient là le plus court chemin vers des applications que l'on ne pensait pas voir naître avant l'avènement des mobiles de « troisième génération ».

Baptisé SMS (*Short Message Service*), ce service s'inspire, en beaucoup plus perfectionné, du principe des récepteurs de radiomessagerie ou *pgers*.

Les postes téléphoniques RNIS sont capables, on le sait, de recevoir des mini-messages sur leur afficheur, et il en va exactement de même des téléphones portables GSM 900 ou 1800. Simplement, un téléphone mobile n'étant pas nécessairement joignable en permanence et pouvant (par définition) se déplacer un peu partout dans le monde, la mise en œuvre technique est plus complexe.

Le principe de base est que les messages doivent être confiés à un centre de messagerie (SMSC ou *Short Message Service Centre*) du réseau GSM. C'est lui qui se chargera de les faire parvenir dès que possible à leurs destinataires, où qu'ils se trouvent. Dès que possible signifie en l'occurrence dès que le mobile sera tout à la fois sous tension, dans une zone couverte par un réseau GSM, et autorisé à communiquer sur celui-ci.

Tant que ces conditions ne sont pas remplies, le message est archivé par le centre de messagerie jusqu'à concurrence de la durée de validité qui a été spécifiée par son émetteur (souvent 72 heures, mais éventuellement beaucoup plus ou beaucoup moins).

Lorsque le destinataire est joignable (ou le devient), il ne faut bien souvent que quelques secondes pour que le message apparaisse sur l'écran de son portable, annoncé par un signal sonore et un pictogramme évocateur. En cas de saturation durable des réseaux, toutefois, un délai de plusieurs heures, voire même de quelques jours, n'aurait rien d'invraisemblable...

Selon le degré de perfectionnement du mobile utilisé, un « accusé de réception » peut cependant s'afficher lorsque le SMS a effectivement atteint sa destination. Et pour peu que l'abonné mobile bénéficie d'une option « Europe » (souvent gratuite) ou « Monde », ses SMS l'atteindront en principe même à l'étranger.

Regrettions toutefois qu'à l'heure où nous écrivons ces lignes, certains opérateurs (et pas des moindres...) prennent la liberté d'escamoter les SMS provenant de SMSC étrangers.

Ceci expliquant sans doute cela, le réacheminement international d'un SMS n'engendre aucun surcoût, ni pour le destinataire (l'usage veut que la réception de SMS soit quasiment toujours gratuite), ni pour l'émetteur (qui déboursera en tout état de cause beaucoup moins que pour laisser un message dans une boîte vocale).

En moyenne, on peut estimer que l'envoi d'un SMS ne devrait pas coûter plus de 0,50 F à 1,00 F (mais attention aux arrondis lors du passage à l'euro...). Le prix de revient « opérateur », pour sa part, est tout à fait insignifiant puisque ce trafic n'emprunte pas les mêmes canaux que les communications vocales (il transite par des canaux de « signalisation », beaucoup moins sollicités).

Les SMSC sont identifiés chacun par un numéro d'appel international rappelant celui d'un portable, et dont voici quelques exemples :

- +33609001390 (SFR),

- +33689004000 (Orange),
- +33660003000 (Bouygues Télécom),
- +41794999000 (Swisscom).

Composés normalement sur un téléphone, ils aboutissent pourtant sur un message vocal « numéro non attribué ». Ils ne sont en effet accessibles que depuis un téléphone GSM, et uniquement en les programmant dans la carte SIM au moyen du menu des « paramètres SMS ».

Au surplus, chaque opérateur peut refuser l'accès à des SMSC autres que le sien, tout en mettant celui-ci à la disposition de ses seuls clients. Là encore, on sera souvent mieux loti, dans son propre pays, en étant client d'un opérateur étranger !

Des « passerelles » sont parfois disponibles depuis le réseau téléphonique ordinaire, accessibles par modem au travers de numéros différents (par exemple +41794998991 pour l'accès compatible « VT100 » de Swisscom).

Plusieurs protocoles existent pour déposer des SMS auprès de ces centres, cela au prix d'une courte communication téléphonique filaire. Bien que l'on puisse trouver des logiciels permettant d'accéder à ces passerelles depuis un simple PC, il est infiniment plus facile de transiter par des sites internet. Les opérateurs nationaux offrent sur leur site web l'envoi (de plus en plus souvent payant...) de SMS vers leurs seuls abonnés, parfois même avec un accusé de réception par e-mail lorsque le message est effectivement arrivé à bon port.

Quelques sites indépendants permettent l'envoi de SMS gratuits, mais bien souvent au prix d'une pression publicitaire plus ou moins insidieuse. Certains opérateurs GSM étrangers, tel le sud-africain MTN (<http://www.mtnsms.com/sms/>) offrent, pour leur part, la possibilité d'envoyer, sans frais, des SMS à des abonnés d'une foule de pays. Ce n'est certes pas le moins étonnant que d'être ainsi mieux servi, et cela gratuitement, par un opérateur du bout du monde, que par celui auquel on paie un abonnement mensuel conséquent ! Il est d'ailleurs fort tentant de voir ici la raison de ces mystérieuses disparitions de SMS en provenance de l'étranger...

Mais les applications des mini-messages vont bien plus loin que la simple communication entre personnes !

Différents services de diffusion d'informations (boursières, météorologiques, d'actualité, de trafic routier, etc.) sont en effet basés sur ce système fiable et peu coûteux.

Certains sont gratuits (du moins pendant une période d'essai...), d'autres payants, tandis que l'on peut commencer à craindre une certaine dérive publicitaire.

Les opérateurs eux-mêmes se servent largement de SMS pour informer leurs clients prépayés du crédit dont ils disposent, pour signaler l'arrivée d'un message dans une boîte vocale, pour diffuser des flashes promotionnels, pour souhaiter la bienvenue à des visiteurs étrangers, mais aussi beaucoup plus discrètement, pour modifier des données dans la carte SIM ou le téléphone lui-même. Une application à succès est ainsi le téléchargement de mélodies de sonnerie personnalisées, de petits graphismes, ou de répertoires de numéros.

En attendant les services internet mobiles de « troisième génération », d'intéressantes possibilités existent même pour recevoir et envoyer des e-mails au moyen de SMS, et donc à relativement peu de frais. Il faut dire que la limite de 160 caractères peut, sous certaines conditions, être repoussée jusqu'à 640 par « concaténation » (mise bout à bout de plusieurs SMS).

Ajoutons, pour conclure, que les SMS commencent à se tailler un franc succès dans les milieux industriels, pour des applications de télécommande et de télésurveillance de sites distants.

## Les services supplémentaires

C'est ici que se situe le secret d'un grand nombre de possibilités des réseaux GSM, et des téléphones portables conçus pour les utiliser. La norme GSM définit en effet un vaste éventail de services capables de satisfaire la plupart des besoins des utilisateurs.

Cela va du renvoi d'appels (y compris vers une messagerie vocale ou un répondeur) jusqu'à l'interdiction de certains types d'appels, en passant par la présentation de numéro ou le double appel.

Il est important de bien comprendre que ces services sont assurés par le réseau et non par le poste mobile, même s'il est nécessaire que ce dernier offre le niveau voulu de compatibilité. Il en résulte que chaque opérateur est libre de proposer ou non tel ou tel service supplémentaire à tout ou partie de ses clients, et cela à titre gratuit ou payant.

À vrai dire, le rôle du téléphone mobile consiste avant tout à permettre d'activer, désactiver, et paramétrier à distance les services disponibles sur le réseau. Cela peut se faire par le biais de fonctions prévues à cet effet dans le menu du téléphone, ou par la composition directe de codes bien particuliers. On composera

ainsi, par exemple, \*43# pour activer le service « double appel » s'il est offert par le réseau, #43# pour le désactiver, ou encore \*#43# pour demander au réseau si ce même service est actif ou non.

La procédure ressemble fort, en définitive, à celle qui sert à gérer les services supplémentaires du réseau téléphonique filaire (#21#, par exemple, pour désactiver un transfert d'appel).

Dans tous ces cas, un message en clair rendra compte, sur l'afficheur du portable, du résultat de la commande.

Il faut savoir que le logiciel de chaque téléphone portable analyse tout ce qui est frappé au clavier, afin de déterminer précisément de quoi il s'agit avant d'y donner suite. Il peut, en effet, s'agir tout simplement d'un numéro de téléphone, auquel cas la communication sera établie dès que la touche de validation sera pressée.

Ce peut aussi être une commande devant être exécutée localement par le téléphone, dont le réseau n'aura même pas connaissance. Taper \*#06# (sans même valider) déclenche par exemple l'affichage du code d'identification du téléphone (son IMEI ou *International Mobile Equipment Identity*), lequel doit bien entendu correspondre à ce qui est imprimé sur son étiquette signalétique et sur son emballage.

D'autres commandes, que nous détaillerons le moment venu, servent également à débloquer une carte SIM ayant subi trois présentations erronées de code confidentiel ou bien, et c'est beaucoup plus intéressant encore, à accéder à des « menus cachés » réservés en principe aux seuls techniciens habilités...

Lorsque le téléphone reconnaît le code d'un service supplémentaire normalisé, il entame avec le réseau une procédure plus ou moins complexe, visant à activer, désactiver, ou vérifier son fonctionnement. En dehors de ces cas parfaitement définis, le mobile considère que ce qui a été composé est un USSD (*Unstructured Supplementary Service Data*), c'est-à-dire le code d'un service supplémentaire non normalisé.

Si le portable supporte cette fonction, la chaîne de caractères composée est alors transmise, de façon absolument « transparente », à l'opérateur ayant émis la carte SIM présente dans le téléphone. Cela, que le mobile se trouve dans son pays d'origine ou bien qu'il soit l'hôte d'un réseau étranger.

Le code \*147\*, par exemple, permet à l'utilisateur d'une carte prépayée internationale (la GSM CARD easyRoam de Swisscom) de se faire notifier gratuitement depuis la Suisse, sur l'afficheur

de son portable, son crédit de communication disponible (et cela, sans émission ou réception de SMS !).

L'USSD est en effet une fonction bidirectionnelle, qui permet aussi aux opérateurs de faire apparaître un message sur l'afficheur des mobiles de leurs clients, quel que soit le réseau partenaire par lequel ils sont desservis.

On l'aura compris, les opérateurs disposent de toute latitude pour offrir ou non les services prévus par la norme, ou au contraire des services de leur cru faisant appel à des codes exclusifs. Si la carte SIM et le mobile supportent le STK ou « SIM Toolkit », il est même possible de créer des menus supplémentaires, voire d'intercepter et modifier discrètement les ordres donnés par l'utilisateur (acheminement de SMS en « court-circuitant » l'opérateur local, fonctions de type *call-back*, etc.). Tout cela donne en fait aux opérateurs les moyens d'imposer leur politique commerciale, sans trop s'embarrasser des bonnes intentions de la spécification GSM...

Citons simplement l'exemple des messageries vocales ou « répondeurs », dont certains opérateurs « oublient » de permettre la désactivation depuis le mobile (en composant, normalement, #002#). Certaines formules tarifaires imposent carrément l'activation permanente de la messagerie (après tout, pourquoi risquer de tuer la « poule aux œufs d'or » ?). D'autres ne permettent sa désactivation que par les soins d'un « service clients » joignable par un numéro de téléphone surtaxé sur lequel, allez savoir pourquoi, l'attente musicale dure particulièrement longtemps !

Au final, c'est toutefois au consommateur, et à lui seul, qu'il appartient d'accepter ou non ces caprices, quitte à abandonner un opérateur qu'il jugerait insuffisamment souple dans la mise à disposition des services supplémentaires.

La concurrence (aussi bien internationale que nationale, d'ailleurs) est suffisamment vive pour que chacun puisse obtenir ce qu'il souhaite, plutôt que ce qu'on tente de lui imposer...

## 2.7 L'INSCRIPTION DES MOBILES

Lorsque l'on met un téléphone portable sous tension, il faut naturellement que celui-ci signale sa présence au réseau, afin qu'il soit possible de diriger vers lui les appels ou messages qui lui sont destinés. Mais il faut aussi que le mobile prouve au réseau qu'il est habilité à utiliser ses services, et que ceux-ci lui seront payés !

Au cours de son processus d'initialisation, le téléphone balaye donc les canaux des bandes de fréquences qu'il est capable de recevoir. Ce faisant, il dresse une liste des opérateurs couvrant la zone où il se situe, et cherche s'il y trouve le code de son réseau habituel. En cas de succès, il s'annonce auprès de la cellule qui lui paraît la mieux placée pour le desservir.

Si l'opérateur reconnaît l'identité d'une carte SIM émise par lui, il en vérifie les droits dans sa propre base de données (validité de l'abonnement ou du service prépayé), et initie un processus d'authentification basé sur des moyens cryptographiques.

Si tout est en ordre, il inscrit le mobile comme étant actif, en le « basculant » éventuellement sur une cellule choisie, cette fois, selon ses propres critères. À partir de cet instant, le réseau le suivra à la trace dans ses déplacements, et décidera d'opérer les changements de cellules (*handovers*) nécessaires au maintien d'une bonne qualité de transmission et d'une fluidité optimale du trafic. Sur l'écran du mobile, l'autorisation de communiquer se traduit tout simplement par l'affichage du nom de l'opérateur.

Les choses sont plus compliquées lorsque le mobile ne trouve pas son réseau de rattachement. Si un ou plusieurs autres réseaux sont disponibles, et peut-être même identifiés comme « préférentiels » dans la carte SIM, le mobile peut chercher à s'y inscrire si sa fonction « inscription automatique » est activée.

Une inscription réussie signifie, en général, que le mobile n'est pas dans son pays d'origine, mais qu'il a trouvé un réseau étranger que son opérateur domestique l'autorise à utiliser.

L'inscription est refusée quand, dans son propre pays, le mobile ne trouve qu'un réseau concurrent n'acceptant pas de le « dépanner » ou bien, à l'étranger, quand le client ne dispose pas d'une option internationale valable sur place. Afin d'éviter des échecs à répétition sur des réseaux qui ne lui sont pas accessibles (sauf pour les appels d'urgence), le mobile notera ces refus dans une liste des « réseaux interdits », tenue dans sa carte SIM.

Nous verrons, en temps voulu, comment modifier ou même vider cette liste, mais il faut tout de même savoir que les téléphones portables disposent obligatoirement d'une possibilité de déclenchement manuel d'une tentative d'inscription sur n'importe quel réseau, même classé « interdit ».

Le mode opératoire, qui varie sensiblement d'un modèle à l'autre, est décrit (mais souvent très succinctement) dans le manuel de l'utilisateur.

Cette opportunité de choisir soi-même un réseau est également offerte lorsque le contact se trouve perdu avec le dernier réseau utilisé, et que le téléphone est configuré en mode « inscription manuelle ». Si aucun choix n'est effectué, le mobile continue simplement à essayer de se réinscrire sur le dernier réseau utilisé.

Le cas de la mise hors tension d'un mobile est largement symétrique de ce que nous venons d'étudier.

La désinscription fait partie intégrante de la procédure d'arrêt « propre » du téléphone portable, le mobile ayant la courtoisie de prendre congé du réseau avant de désalimenter complètement ses circuits.

Il en va de même quand le mobile sort de la zone de couverture d'une cellule sans en trouver une autre susceptible de prendre le relais, à moins que la perte de contact ne soit trop brutale pour lui laisser le temps de se désinscrire avec succès.

Une autre situation anormale est la mise hors tension d'un mobile par brusque enlèvement de sa batterie. La désinscription n'ayant pas le temps de s'effectuer, le réseau perd en quelque sorte la trace du mobile.

Ce doute ne se trouvera levé que lorsque le mobile sera remis sous tension et s'inscrira de nouveau sur le même réseau, ou bien sur un autre, pourquoi pas d'ailleurs dans un pays différent...

## 2.8 L'ITINÉRANCE OU ROAMING

Voici certainement l'une des possibilités les plus étonnantes des téléphones portables GSM, qui offre à son utilisateur l'opportunité de parcourir le monde tout en continuant à utiliser à peu près normalement son mobile. Tout comme les services supplémentaires, cette facilité doit être accordée par l'opérateur, et elle a bien évidemment un coût.

Pouvoir utiliser son portable sur le réseau d'un opérateur étranger suppose qu'un accord contractuel existe entre celui-ci et l'opérateur dont l'utilisateur est client. La plupart de ces accords étant réciproques, on en compte au total pas loin de 20 000, entre des opérateurs du monde entier !

Au début de l'an 2000, près de 400 millions de communications par mois relevaient déjà de ce régime...

Notons que le cas des départements français d'outre-mer, desservis par des opérateurs spécifiques, relève bel et bien du *roaming* même si l'accueil des abonnés métropolitains s'y fait généralement

sans formalité particulière (mais non sans surprises au niveau de la facture !).

Techniquement parlant, le bon fonctionnement du *roaming* suppose des échanges de données complexes, rapides, et sécurisés entre les opérateurs du monde entier.

Dès qu'un portable quelconque est mis sous tension dans un pays qui n'est pas celui où a été émise sa carte SIM, il tente de s'inscrire auprès des réseaux disponibles localement, soit par ordre de qualité de réception, soit en fonction de la liste préférentielle programmée dans la carte SIM.

Chaque réseau, reconnaissant une carte SIM étrangère, détermine son pays et son opérateur d'origine, puis adresse une demande d'accréditation à ce dernier.

La réponse, qui ne prend normalement que quelques instants, peut être positive ou négative, voire conditionnelle (elle est alors assortie de restrictions, comme par exemple le barrage de certains types de communications).

Si elle est positive (autrement dit si le client bénéficie d'une option internationale valable sur place), alors l'opérateur local procède à l'inscription du mobile, et son nom s'affiche tout à fait normalement sur l'écran. Il lui attribue aussi, secrètement et temporairement, un numéro de téléphone local qu'il communique à l'opérateur du client et à lui seul.

Dès lors, l'utilisateur peut recevoir, là où il se trouve, les appels dirigés sur son numéro habituel, sans que ses correspondants ne soupçonnent un seul instant qu'il est en déplacement à l'étranger (à moins qu'ils ne perçoivent une subtile différence dans le rythme de la sonnerie). En revanche, la facture du voyageur grossira du coût de réacheminement des appels vers ce numéro temporaire !

Les appels passés depuis le mobile seront pour leur part facturés (à son propre tarif) par l'opérateur local à l'émetteur de la carte SIM, qui les recouvrera lui-même auprès de son abonné... en ajoutant sa commission.

Ces opérations de facturation ne se font pas en temps réel, mais le plus souvent en bloc une fois par jour. Comparables aux traitements que les banques font subir aux chèques, elles mettent en œuvre des mécanismes de « compensation » financière entre opérateurs et se déroulent bien souvent... en Suisse.

Il semblerait que ces délais de prise en compte des coûts des communications soient à l'origine de certains types de fraude, ce qui explique que les opérateurs s'entourent d'un luxe de précautions souvent mal vécu par leurs clients.

Ces inconvénients peuvent être contournés par l'exploitation astucieuse de certaines possibilités techniques du système GSM, par exemple en appliquant une procédure de type « call-back » aux appels passés depuis l'étranger.

Nous allons d'ailleurs bientôt détailler l'exemple d'une étonnante carte prépayée internationale qui fonctionne de cette façon.

## 2.9 PRINCIPES DE TARIFICATION

Il n'y a encore que peu d'années, la seule et unique façon d'accéder à la téléphonie mobile consistait à souscrire un abonnement auprès d'un opérateur ou d'une société de commercialisation de services. En contrepartie de la fourniture d'un téléphone à un prix souvent dérisoire, le client devait s'engager pour une durée incompressible, accorder une autorisation de prélèvement illimitée sur son compte en banque, et payer bien souvent plus de minutes de communication que ses besoins réels...

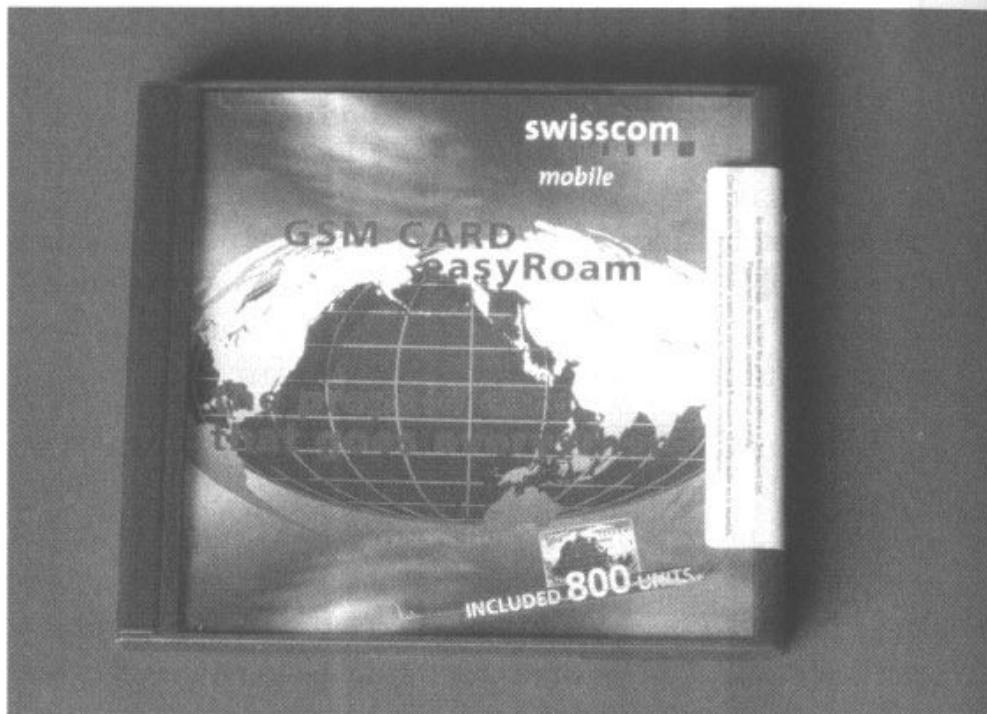
En imaginant des formules « sans abonnement », autrement dit prépayées, les opérateurs ne soupçonnaient pas ce qu'allait être leur succès auprès d'une clientèle ou bien réticente à signer des « chèques en blanc », ou tout bonnement à la solvabilité douteuse. Dans la plupart des pays, plus de la moitié des clients recrutés le sont désormais dans le cadre de formules prépayées, souvent d'ailleurs pour rester des mois sans téléphoner (certains appellent cela le « syndrome de la boîte à gants » !). Cela cause naturellement de gros soucis de rentabilité aux opérateurs, qui tentent soit de détourner les consommateurs de ce « produit d'appel », soit de les inciter par tous les moyens à dépenser davantage...

Le principe est admirablement clair : le prix de la carte SIM (ou du « kit » complet) comprend un certain crédit de communications, utilisable sans autre formalité qu'une simple déclaration d'identité (en principe de l'utilisateur, mais en pratique... de l'acheteur).

Quand ce crédit est consommé (ou périmé), on achète simplement une recharge : pas de contrat, pas de forfait, pas de facture, et surtout pas de prélèvement !

En général, on peut omettre de recharger son compte pendant quelques mois, période durant laquelle il reste possible de recevoir des appels et des mini-messages, ou bien sûr d'appeler les numéros d'urgence. Ce délai de grâce expiré, par contre, le numéro de téléphone est définitivement perdu, ce qui n'empêche toutefois nullement de continuer à pouvoir appeler le 112 !

Normalement plus chers que dans le cadre des formules plus contraignantes, les téléphones fournis avec les cartes prépayées arrivent maintenant à des prix comparables, les « subventions » versées par les opérateurs semblant s'orienter résolument à la baisse. Ils sont, certes, verrouillés sur la carte SIM qui les accompagne, mais le code de déverrouillage peut en principe être obtenu gratuitement six mois après l'activation du compte, autrement dit avant même de l'avoir rechargé une seule fois...



Présentation commerciale de la carte prépayée internationale de Swisscom (GSM CARD easyRoam).

## 2.10 L'ITINÉRANCE PRÉPAYÉE

L'utilisation à l'étranger des formules prépayées nationales demeurera un réel casse-tête tant que la technologie dite « CAMEL » (*Customised Applications for Mobile network Enhanced Logic*) tardera à se généraliser au plan international. Celle-ci permet en effet d'accéder, depuis l'étranger, aux services spécifiques de son opérateur domestique (rechargement, notification de crédit, messagerie, etc.), et à celui-ci de débiter le compte en temps réel.

Il est clair que le salut viendra d'abord des opérateurs d'envergure internationale, voire même d'opérateurs « virtuels » se servant des réseaux de leurs partenaires. Swisscom Mobile, qui se flatte de disposer d'un des meilleurs portefeuilles d'accords de roaming, a ainsi imaginé très tôt une solution élégante à l'épineux problème du prépaiement des communications passées depuis l'étranger. Sa « GSM CARD easyRoam », spécialement destinée à une clientèle non helvétique, est vendue par Internet

(<http://www.easy-roam.com>), tout comme ses recharges (dites *value cards*). Application originale de la fonction USSD, elle fonctionne en quelque sorte par « télécommande ».

Moyennant l'adjonction de courts préfixes commençant par une étoile, tout ce que l'utilisateur compose sur son clavier est directement transmis en Suisse, et non pas interprété et exécuté par l'opérateur local. Pour appeler le numéro +33 1 22 33 44 55, par exemple (c'est-à-dire le 01 22 33 44 55 en format international), il faudrait ainsi composer \*111\*33122334455#. Dès qu'une telle « demande d'appel » est reçue, le crédit d'unités disponible est contrôlé, et retransmis sur l'écran du mobile.

S'il est suffisant, le portable est immédiatement rappelé (il sonne), mais la communication ne sera véritablement établie que si l'utilisateur décroche. Demandeur et demandé sont ainsi tous deux appelés depuis le réseau fixe Suisse, ce qui permet de « court-circuiter » largement l'opérateur GSM local et ses particularités tarifaires. La communication est ainsi imputée, en temps réel, en toute sécurité, et sans surprises, sur le crédit prépayé disponible.

Bien entendu, le mobile peut aussi être appelé, indépendamment du pays où il se trouve, en composant son numéro Suisse (de la forme 00 41 79 36 XX XXX). La messagerie vocale (dite « ComBox ») est parfaitement facultative, télécommandable par USSD, et accessible par un numéro distinct (+41 86 079 36 XX XXX) lorsqu'elle est désactivée. Bien entendu, l'arrivée d'un message vocal est signalée par un SMS.

Précisons que, lorsque la messagerie est inactive, les appels infructueux vers le mobile ne coûtent strictement rien à quiconque.

Dans un pays donné, la GSM CARD easyRoam donne bien souvent accès aux réseaux de tous les opérateurs concurrents. Cela apporte une qualité de couverture inégalée et un maximum de sécurité, sans même parler d'une certaine discréetion... Compte tenu de la validité d'un an au moins (au lieu d'un ou deux mois) des crédits de communications, cette solution est donc à considérer de très près en cas d'usage essentiellement occasionnel, car le prix à la minute est tout de même assez élevé, et les appels reçus... payants. La réception de mini-messages, par contre, est entièrement gratuite, tandis qu'une application SIM Toolkit permet aussi d'en envoyer, grâce à une astucieuse transformation en USSD (\*122\*92\*NUMERO\*TEXTE#).

Pour de plus amples informations, on se reportera aux manuels de l'utilisateur, reproduits sous la forme de fichiers PDF dans le répertoire « ROAMING » de notre cédérom, et au site internet de Swisscom. Compte tenu de la tarification dissuasive, et de plus

**I**en plus critiquée, qu'appliquent les opérateurs à leurs abonnés en *roaming*, de telles formules ont de bonnes chances de succès. Divers pays à faible population disposent en effet de numéros de téléphone « à revendre », surtout lorsqu'ils appliquent une numérotation téléphonique « ouverte » (c'est-à-dire à nombre de chiffres variable).

Les tarifs téléphoniques tendant de plus en plus à s'affranchir de la distance, la « délocalisation » risque fort de s'attaquer de plus en plus aux opérateurs de téléphonie mobile !