

Enjeux économiques de l'UMTS

Rapport

*Michel Didier
et Jean-Hervé Lorenzi*

Commentaires

*Jean-Michel Charpin
Michel Mougeot*

Compléments

*Yves Alexandre, Laurent Benzoni, Gilles Crespin,
Éric Fournier, Yves Gassot, Patrice Geoffron,
Jean-Pierre Huynh, Philippe Lucas, Michel Martinez,
Dominique Namur, Philippe Picard,
Gérard Pogorel et Karine Revcolevschi*

*Réalisé en PAO au Conseil d'Analyse Économique
par Christine Carl*

© La Documentation française. Paris, 2002 - ISBN : 2-11-005014-4

« En application de la loi du 11 mars 1957 (article 41) et du Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992, toute reproduction partielle ou totale à usage collectif de la présente publication est strictement interdite sans l'autorisation expresse de l'éditeur.

Il est rappelé à cet égard que l'usage abusif de la photocopie met en danger l'équilibre économique des circuits du livre. »

La création du Conseil d'Analyse Économique « répond à la nécessité pour un gouvernement trop souvent confronté à l'urgence, de pouvoir se référer à une structure de réflexion qui lui permette d'éclairer ses choix dans le domaine économique. J'ai souhaité aussi créer un lien entre deux mondes qui trop souvent s'ignorent, celui de la décision économique publique et celui de la réflexion économique, universitaire ou non.

J'ai pris soin de composer ce Conseil de façon à tenir compte de toutes les sensibilités. Le Conseil d'Analyse Économique est pluraliste. C'est là un de ses atouts principaux, auquel je suis très attaché. Il doit être un lieu de confrontations sans a priori et les personnes qui le composent doivent pouvoir s'exprimer en toute indépendance. Cette indépendance — je le sais — vous y tenez, mais surtout je la souhaite moi-même.

Ces délibérations n'aboutiront pas toujours à des conclusions partagées par tous les membres ; l'essentiel à mes yeux est que tous les avis puissent s'exprimer, sans qu'il y ait nécessairement consensus.

...

La mission de ce Conseil est essentielle : il s'agit, par vos débats, d'analyser les problèmes économiques du pays et d'exposer les différentes options envisageables. »

Lionel Jospin, Premier Ministre
Discours d'ouverture de la séance d'installation du
Conseil d'Analyse Économique, le 24 juillet 1997.
Salle du Conseil, Hôtel de Matignon.

Sommaire

INTRODUCTION	7
<i>Jean Pisani-Ferry</i>	

RAPPORT

Enjeux économiques de l'UMTS	11
<i>Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi</i>	

Introduction	11
1. <i>La problématique économique du projet UMTS</i>	13
1.1. Du téléphone à ficelle à l'UMTS	13
1.2. La téléphonie mobile : une réussite économique, un dépassement nécessaire, mais beaucoup d'inconnues	21
1.3. Le secteur des télécommunications est-il en crise ?	25
1.4. Éléments d'interprétation économique	29
1.5. L'équilibre économique du projet UMTS	40
2. <i>L'UMTS, un saut technologique</i>	53
2.1. La normalisation	54
2.2. La technologie radio de l'UMTS	62
2.3. Les services attendus de l'UMTS	67
2.4. La mise en œuvre et l'attribution des licences	77
3. <i>Les sept incertitudes de l'UMTS</i>	83
3.1. Le coût de l'investissement pour les réseaux 3G	84
3.2. La distorsion de concurrence	88
3.3. L'incertitude technologique	91
3.4. Les difficultés environnementales et sanitaires	96
3.5. L'incertitude liée à des technologies concurrentes	98
3.6. L'incertitude sur les besoins réels	106
3.7. L'instabilité des structures de marché à terme	115
<i>Conclusion du rapport</i>	123
Annexe 1. Marché des télécommunications entre monopole et oligopole	131
Annexe 2. Régulation européenne des télécommunications : quelques rappels	139
Glossaire	154

COMMENTAIRES

<i>Jean-Michel Charpin</i>	157
<i>Michel Mougeot</i>	161

COMPLÉMENTS

A. Principes de télécommunications pour comprendre les mobiles	169
<i>Philippe Picard</i>	
B. L'UMTS et la gestion du spectre hertzien	189
<i>Éric Fournier et Jean-Pierre Huynh</i>	
C. La technologie UMTS	205
<i>Philippe Lucas</i>	
D. Le Japon à l'avant-scène de l'UMTS	215
<i>Patrice Geoffron</i>	
E. Les principales données statistiques sur le secteur des télécommunications	225
<i>Michel Martinez</i>	
F. UMTS : régulation et attribution des autorisations	245
<i>Gilles Crespin</i>	
G. Faut-il oublier l'UMTS ?	253
<i>Yves Gassot</i>	
H. Concentration, segmentation, fragmentation dans l'Internet mobile	267
<i>Laurent Benzoni</i>	
I. Consolidation de l'oligopole européen des télécommunications	281
<i>Patrice Geoffron et Gérard Pogorel</i>	
J. La dynamique de valorisation des entreprises Télécoms ...	293
<i>Dominique Namur</i>	
K. Enjeux économiques et financiers de l'UMTS en France ...	307
<i>Karine Revcolevschi</i>	
L. UMTS et Aménagement du territoire: recommandations pour le futur	317
<i>Yves Alexandre</i>	
RÉSUMÉ	325
SUMMARY	331

Introduction

Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi proposent dans ce rapport une analyse économique des enjeux et des perspectives de l'UMTS. Ils repartent pour cela d'un examen fouillé de l'état de la technologie, de ses promesses et de ses incertitudes. Ils analysent ensuite l'évolution de la structure du marché, avant de proposer une prospective économique fondée sur l'utilisation d'un modèle de projection du secteur des télécommunications. Ils relèvent les principales incertitudes qui affectent ce secteur, ce qui les conduit à formuler un diagnostic réservé sur les perspectives économiques de la téléphonie mobile de troisième génération. Ils concluent enfin par des recommandations adressées aux autorités françaises et européennes, qui restent à leurs yeux les « codéveloppeurs incontournables » du marché des télécommunications. Optimistes quant aux perspectives de la technologie, mais inquiets quant à la compétitivité future de l'Europe dans ce secteur qu'ils jugent stratégique, ils estiment qu'il y a urgence à définir et à mettre en œuvre une politique industrielle des services de télécommunication. Ils appellent à une relance de l'UMTS à l'échelle européenne, à travers notamment la création d'un Fonds pour le développement des nouveaux services de télécommunication.

Ce rapport peut donc d'abord se lire en tant que tel : comme un exercice de prospective technologique économique sur un secteur important et soumis à des aléas de grande ampleur. Mais il s'agit aussi, quelques mois après celui d'Élie Cohen et Michel Mougeot (n° 34), de la seconde contribution du CAE sur les enjeux économiques des téléphones mobiles de troisième génération. D'un rapport à l'autre, l'angle d'attaque n'est pas le même : Élie Cohen et Michel Mougeot faisaient, *post mortem*, l'anatomie d'une décision publique, Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi regardent vers l'avenir ; les premiers centraient leur analyse sur les procédures d'attribution des licences, les seconds s'intéressent à l'avenir d'une technologie ; le rapport *Enchères et action publique* traitait la téléphonie mobile comme un cas d'application de la théorie économique, le rapport *Enjeux économiques de l'UMTS* s'inscrit dans une problématique de politique industrielle. Deux éclairages, donc, complémentaires.

S'arrêter là serait pourtant occulter le débat. Car s'il y a eu deux rapports, c'est bien qu'il y avait deux points de vue. Et si chacun des deux privilégie un angle d'attaque, il y a entre eux plus d'un recouvrement. Cohen

et Mougeot formulaient un avis sur les perspectives économique de la technologie UMTS. Didier et Lorenzi ne cachent pas leurs réserves sur la procédure d'enchères. Et d'ailleurs, Michel Mougeot exprime sans détours, dans ce volume, ses critiques à l'égard du travail de ses collègues. Bref, il y a controverse.

Cela appelle d'abord une remarque de méthode. Il est dans la vocation du CAE d'organiser la « confrontation des points de vue et des analyses », pour reprendre les termes du décret qui l'a créé. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que nous publions, sur des sujets voisins, des analyses opposées, pourvue que soit satisfaite l'exigence de qualité. Peut-être aurait-il été plus instructif de réunir ces différents travaux sous une même couverture, mais là n'est évidemment pas l'essentiel.

La seconde remarque touche au fond. Ce qui réapparaît à l'occasion de ces deux rapports, c'est une ancienne bataille entre les partisans et les adversaires de la politique industrielle. Mougeot, mais aussi très largement Cohen, jugent que la puissance publique n'est pas en mesure de conduire le développement industriel, et surtout qu'elle ne sait pas, comme on dit, « choisir les vainqueurs ». Ils préfèrent donc discipliner l'État en lui fixant d'inscrire son action dans le cadre de procédures codifiées et transparentes. Cela ne lui interdit pas, selon eux, d'avoir des ambitions technologiques, ni ne l'exonère de ses devoirs à l'égard des producteurs et des consommateurs. Cela lui ferme seulement la porte de l'action discrétionnaire. Didier et Lorenzi estiment quant à eux qu'en ces matières où règne l'incertitude technologique, l'État ne peut échapper à ses responsabilités. Les procédures anonymes et codifiées leur paraissent illusoire quand elles ne sont pas nocives : *in fine*, il faudra bien que l'État les remette en cause si les entreprises sont menacées de faillite. Il n'y aurait pas d'alternative à l'engagement public dans le développement industriel.

La troisième remarque est que cette polarisation des points de vue donne un relief accru aux conclusions communes. Les auteurs des deux rapports se rejoignent pour critiquer les conditions de la décision initiale de lancement de la norme UMTS, dont ils jugent les uns comme les autres qu'elle n'a pas été suffisamment informée. Ils disent chacun à leur manière qu'il ne faut pas faire de politique industrielle à la manière de M. Jourdain, sans s'en donner les moyens, notamment intellectuels, ni en assumer la responsabilité. Ils estiment ensuite les uns comme les autres que l'absence de coordination européenne a été économiquement dommageable, et qu'elle a conduit à des résultats inéquitables pour les finances publiques (Didier et Lorenzi envisagent même de demander aux États qui ont le plus bénéficié de l'attribution des licences de cotiser à un fonds européen de développement de l'UMTS). Cela pose la question des objectifs de l'action industrielle de l'Union européenne : si celle-ci veut conduire une politique industrielle, notamment dans les technologies d'avenir, il faut qu'elle en reçoive la mission, se dote d'une doctrine, développe ses moyens d'évaluation. Si elle ne veut pas assumer cette responsabilité, il faut qu'elle s'abstienne. Mais l'entre-deux est propice à toutes les confusions et à toutes les erreurs.

Un dernier point de (relative) convergence est l'appréciation portée sur la décision récemment prise par le gouvernement français de revenir à une tarification des licences indexée sur les perspectives de la technologie. Comme Élie Cohen et Roger Guesnerie, qui était discutant du précédent rapport, Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi, rejoints en cela par Jean-Michel Charpin, jugent que c'est la voie de la sagesse. Michel Mougeot est à l'évidence plus réservé. Cela ferait donc une majorité en faveur de la décision gouvernementale, si l'on pouvait agréger les avis des économistes.

Le rapport *Enjeux économiques de l'UMTS*, dont Joël Maurice a assuré le suivi au sein de la cellule permanente du Conseil, a fait l'objet d'une première discussion au sein du CAE le 8 novembre 2001 et a été remis au Premier ministre lors de la séance plénière du 24 janvier 2002.

Jean Pisani-Ferry

Président délégué du Conseil d'analyse économique

Enjeux économiques de l'UMTS

Michel Didier

Professeur au CNAM et Directeur de Rexecode

Jean-Hervé Lorenzi

Professeur à l'Université Paris-Dauphine

Introduction

La troisième génération des télécommunications mobiles s'inscrit comme une étape logique après la percée de l'Internet et du téléphone mobile. Elle devrait apporter à terme une réponse unique à deux besoins de communication clairement exprimés par les utilisateurs : d'une part la communication de données sous toutes ses formes (la voix humaine, mais aussi la musique et l'image), d'autre part la communication commode entre personnes ou avec des machines en situation de mobilité. L'Internet répond au premier besoin, mais il utilise des ordinateurs fixes. Le téléphone mobile répond au second besoin, mais il se limite actuellement à la conversation et à quelques messages très courts. La troisième génération de télécommunication mobile (dont l'UMTS¹ est la version européenne) devrait répondre en même temps à ces deux besoins. Dans son principe, l'attente des usagers existe et il n'est pas douteux que les progrès technologiques permettront un jour d'y répondre. De nombreuses questions subsistent néanmoins sur les contours de la demande solvable et sur les conditions de réalisation effective du projet qu'il appartient aux entreprises de télécommunications de mettre en œuvre et aux États de faciliter.

Le secteur des télécommunications est actuellement en situation de forte tension. Il s'est trouvé confronté en très peu d'années et de façon brutale à plusieurs changements majeurs : une accélération du progrès technique, une ouverture à la concurrence, un bouleversement de la conception du rôle de l'État et un changement du cadre institutionnel et des modes de répartition des fréquences radioélectriques (attributions payantes des licences d'exploitation).

1. *Universal Mobile Telecommunication Systems.*

Ces changements ont produit des effets extrêmement positifs. Ils ont stimulé l'offre de nouveaux produits et de nouveaux services. Ils ont transformé un besoin latent en demande effective. Ils ont créé des gisements de productivité considérables dans l'ensemble de l'économie. Mais ils ont aussi déstabilisé un secteur d'activité important et on peut se demander aujourd'hui si la déstabilisation de ce secteur ne contribue pas à déstabiliser l'économie tout entière.

Le présent rapport explore les enjeux économiques de l'UMTS, version retenue actuellement par les pays européens pour la troisième génération de télécommunication mobile.

Un rapport du Conseil d'analyse économique a déjà été consacré il y a un an à l'impact du développement des nouvelles technologies de la communication sur la productivité et la croissance économique (*Nouvelle économie*, Daniel Cohen et Michèle Debonneuil). Un autre rapport très complet a été présenté récemment au Conseil d'analyse économique sur la question des enchères publiques (*Enchères et gestion publique*, Élie Cohen et Michel Mougeot). Nous renvoyons le lecteur au second rapport cité, pour tout ce qui concerne les procédures utilisées pour l'attribution des licences UMTS : il montre clairement le caractère inadapté de certaines décisions prises par l'Union européenne d'abord, par plusieurs États membres ensuite. Dans le présent rapport, nous confirmons que les décisions prises initialement en France devaient être modifiées pour optimiser la réalisation du projet UMTS, comme vient de le décider le gouvernement français. Nous estimons cependant, que malgré cette décision, les conditions de la réussite économique du projet UMTS restent encore à consolider. Le projet UMTS est par nature un projet européen et c'est à ce niveau qu'une relance du projet devrait maintenant se situer.

Le présent rapport comporte trois chapitres et de nombreux compléments établis par des spécialistes et chercheurs les plus compétents sur le sujet. Le premier chapitre propose la problématique économique du projet UMTS. Il montre notamment pourquoi un système de licence forfaitaire à prix élevé a entraîné des conséquences défavorables et les avantages d'un prix de licence proportionnel aux futurs résultats des nouveaux réseaux. Il présente un modèle économique permettant de mesurer la rentabilité du secteur des télécommunications que l'on peut associer à différents jeux d'hypothèse. La question du nombre d'opérateurs (entre trois et quatre) n'est pas tranchée, parce qu'elle paraît incertaine au regard des critères économiques.

Le chapitre 2 expose en détail ce que l'on peut attendre de la technologie de la troisième génération de téléphone mobile.

Le chapitre 3 recense sept incertitudes de l'UMTS. Au total, une caractéristique importante du projet UMTS est en effet qu'il suscite beaucoup d'espoirs mais qu'il reste aujourd'hui largement incertain.

La conclusion présente quelques suggestions dont la mise en œuvre pourrait assurer la réussite d'un projet stimulant mais risqué. Il apparaît notamment que le rôle des États reste très important mais aussi qu'une meilleure coordination des pays européens est à l'avenir une condition essentielle de la réussite.

Chapitre 1

La problématique économique du projet UMTS

Ce premier chapitre présente la problématique économique d'ensemble du projet UMTS. Il s'appuie largement sur le chapitre 2 qui en explicite les principaux aspects dans les domaines de la technique, de la normalisation et des services attendus, et sur le chapitre 3 qui montre toutes les incertitudes qui subsistent aujourd'hui sur la réussite du projet. La lecture des chapitres 2 et 3 est essentielle pour comprendre les enjeux économiques du projet UMTS. Cependant, il a semblé commode pour le lecteur de réunir en un seul chapitre les interrogations de nature économique suscitées par ce projet.

1.1. Du téléphone à ficelle à l'UMTS

Les historiens font remonter à 1667 l'invention du téléphone. Le physicien anglais Robert Hooke proposait alors de relier deux boîtes par une ficelle. Il montrait ainsi qu'il devenait possible d'entendre un bruit à grande distance et il ajoutait que « l'on pourrait même décupler cette distance sans que l'on puisse taxer la chose d'impossible » [1].

Charles Bourseul, employé du télégraphe français, publia en 1854 dans l'*Illustration* un article qui décrivait ce que pourrait être le téléphone électrique. L'article n'intéressa personne, jusqu'aux recherches commandées par la *Western Union Telegraph* à Alexander Graham Bell, professeur à Boston, recherches qui aboutirent en 1875 aux premières applications expérimentales. Charles Bourseul, subitement découvert par l'Académie, fut décoré en 1881. Entre-temps, Graham Bell avait déposé ses brevets et, en mai 1877, un banquier de Boston avait fait installer la première ligne de téléphone entre son bureau et son domicile. La première génération de téléphone venait de naître. La technique reposait sur la transmission du signal de la voix le long de fils de cuivre et elle restera à peu près la même jusqu'aux années quatre-vingt.

Parallèlement se développait une autre technologie, la télégraphie sans fil. Un siècle après l'invention par Chappe du télégraphe optique, en 1890, le français Branly inventa le premier radioconducteur (un tube de limaille de fer) puis en 1894 la première antenne qui permettait, selon le rêve de Robert Hooke, de décupler la distance de transmission, mais cette fois sans fil. En

1899, Marconi, italien installé à Londres, inaugura la « télégraphie sans fil ». Utilisant la technique de Branly, Marconi réussit à envoyer un message radio à travers la Manche. Il déposa les brevets nécessaires et créa la Compagnie Marconi [2].

Enfin, après la Seconde Guerre mondiale, une tout autre technologie se développait, la technologie du stockage et du traitement de l'information ou informatique, fondée sur les propriétés des semi-conducteurs.

Ce sont ces trois techniques qui devraient se rejoindre dans l'UMTS : la technique des télécommunications (qui permet de transmettre les sons et les données), la technique de la radio (qui permet la mobilité) et la technique de l'informatique (qui numérise l'information). C'est dire l'ambition du projet. C'est dire aussi sa complexité et toutes les incertitudes qui l'entourent.

1.1.1. Quelques principes de télécommunications pour comprendre l'économie des réseaux de mobiles

Un réseau de télécommunication est un ensemble de liaisons offrant à des terminaux la possibilité d'échanger entre eux des flux d'information. La téléphonie publique s'est longtemps contentée de transmettre la voix humaine et les réseaux vocaux (le téléphone fixe classique) ont longtemps utilisé des techniques de transmission de signaux analogiques.

Les techniques de télécommunications sont désormais numériques, c'est-à-dire qu'elles consistent à transmettre des signaux binaires. Il existe plusieurs méthodes de numérisation de la voix. Elles comportent toujours trois aspects : l'échantillonnage, la quantification et la codification. L'échantillonnage et la quantification permettent de transformer le signal analogique (la voix) en une suite de valeurs numériques. La numérisation utilisée dans le réseau téléphonique se fonde sur un échantillonnage périodique de 8 000 échantillons par seconde, soit un échantillon toutes les 125 microsecondes, chaque échantillon étant codé par un octet (un octet est une suite de huit bits c'est-à-dire de huit nombres zéro ou un). Cette technique, appelée MIC (modulation par impulsions et codage) génère donc un débit de 64 kilobits par seconde (kb/s). Dès lors que la technique est numérique, la même technique peut être appliquée à la voix, aux sons et aux images et plus généralement aux données numériques de toutes natures. Mais les quantités d'information à transmettre sont alors bien plus importantes. Cela implique des débits plus élevés. L'ambition de l'UMTS est de permettre des débits de plusieurs centaines de milliers de bits par seconde pour la transmission de données.

Les réseaux de téléphonie mobile représentent par leur complexité une synthèse de l'état de l'art en télécommunications². Ils exploitent au mieux les technologies déjà utilisées dans les réseaux fixes (téléphone, RNIS, ré-

2. On trouvera en annexe un aide mémoire qui résume les principales notions utiles à la compréhension des technologies de télécommunications, complément rédigé par Philippe Picard, consultant en télécommunications, qui a largement contribué à la rédaction de cette section 1.1.

seaux de données, Internet), mais ils nécessitent en plus la solution de problèmes spécifiques à la communication sans fil, et plus particulièrement l'adaptation au contexte radioélectrique (gestion du plan de fréquences et organisation cellulaire, pilotage des échanges entre les terminaux et les émetteurs) et la gestion de la mobilité (localisation permanente et sécurisée des terminaux mobiles, acheminement des communications en conséquence). À titre d'exemple, la diffusion hertzienne de la télévision implique un plan de fréquences permettant d'éviter les interférences entre émetteurs. En téléphonie mobile, le territoire est divisé en cellules avec un plan de fréquences permettant d'éviter les interférences entre cellules adjacentes. La technologie 3G (troisième génération) apporte de ce point de vue des améliorations significatives en augmentant l'efficacité de l'utilisation du spectre radioélectrique.

Enfin l'entrée des mobiles dans l'univers de l'Internet ajoute une nouvelle complexité. Le réseau doit s'insérer dans une chaîne ouverte et complexe qui n'est pas entièrement maîtrisée par l'opérateur et qui va de terminaux multiples et variés à des serveurs d'information.

Le tableau ci-après résume les caractéristiques majeures des trois générations (1G, 2G, 3G) de réseaux pour les mobiles.

Ce tableau appelle les explications succinctes suivantes, qui seront précisées davantage dans le chapitre 2.

1. Principales caractéristiques des trois générations de téléphonie mobile

Génération de réseau mobile	Systèmes (exemple)	Nature du signal	Méthode d'accès Radio	Service de données
1G	AMPS, NMT	Analogique	FDMA	
2G	GSM	Numérique	FDMA et TDMA	Circuits 9,6 kb/s
	GSM + GPRS			IP ~ 30 kb/s
3 G	UMTS		CDMA	IP < 384 kb/s

Notes : AMPS : système cellulaire analogique nord américain ; NMT : système cellulaire analogique scandinave.

Source : Ph. Picard, Complément A au rapport.

1. Le signal de base à transmettre est le plus souvent d'origine analogique (voix, musique, image). Depuis une trentaine d'années déjà les réseaux téléphoniques transportent la voix sous forme numérique (à un débit de 64 kb/s par voie de transmission). La numérisation des signaux met en œuvre des propriétés mathématiques relevant des analyses de Fourier et formalisées dans le cadre de la théorie de l'information développée il y a une cinquantaine d'années par Shannon [3]. Elle présente de nombreux avantages théoriques et industriels. Elle permet en particulier la compression (MP3 en musique, MPEG en vidéo), donc une meilleure gestion de la ressource de transmission. Par exemple, en GSM, la voix est comprimée à 13,8 kb/s, au lieu des 64 kb/s dans le réseau fixe.

2. La méthode d'accès radio doit gérer dynamiquement les communications simultanées entre les divers mobiles et l'émetteur/récepteur situé au cœur de chaque cellule d'un réseau mobile. Rappelons d'abord une notion qui existe depuis l'origine des télécommunications : le *semi duplex* (communications à l'alternatif, la même bande de fréquences étant alternativement affectée à chaque sens de communication différente, par exemple la *CB*) ou le *duplex intégral* (une bande de fréquences est affectée à chaque sens de transmission). Les réseaux 1G et 2G sont duplex intégral. Pour la 3G, à titre de compromis de normalisation, les deux modes ont été retenus :

- le FDD (*Frequency Division Duplex*), qui permet des communications symétriques. Les réseaux UMTS européens commenceront par ce mode qui se limitera à des échanges à bas ou moyens débits (théoriquement 384 kb/s, dans la pratique seulement 60 kb/s seraient garantis) ;
- le TDD (*Time Division Duplex*), mieux adapté aux communications asymétriques, promu par les normalisateurs des États-Unis dans le contexte des réseaux locaux sans fil.

3. On distingue traditionnellement les trois générations de réseaux cellulaires selon leur méthode d'accès radio :

- première génération 1G (AMPS, NMT) : les signaux sont analogiques et le spectre radio électrique est divisé en canaux de fréquences alloués de façon dynamique aux postes actifs : on parle de multiplexage en fréquence (ou FDMA) ;
- deuxième génération 2G (GSM) : en plus de la méthode précédente (FDMA), la numérisation des signaux permet de mélanger plusieurs conversations sur un même canal de fréquences par multiplexage temporel (ou TDMA). Les réseaux GSM mettent donc en œuvre une double technologie de multiplexage (FDMA et TDMA) ;
- troisième génération 3G (UMTS) : les informations de chaque canal sont codées selon une configuration de code très caractéristique et sont extraites par un mécanisme dit de convolution ou d'auto corrélation. Tous les signaux occupent le même spectre de fréquences. On parle de méthode de division par code (CDMA). Cette méthode est dérivée de recherches militaires (brouillage de signaux, discrétion et efficacité spectrale). Elle est déjà utilisée dans les réseaux 2G américains.

Les méthodes d'accès peuvent être caractérisées par quelques paramètres principaux tels que l'efficacité spectrale (en bits / Hertz par exemple) et la densité de trafic³ par km², les contraintes du plan de fréquences. Le FDMA implique ainsi un plan de fréquences par motif de sept cellules en nid d'abeille. En revanche, le CDMA permet d'utiliser les mêmes fréquences

3. En télécommunications, le trafic est exprimé en Erlangs, du nom du créateur de la théorie correspondante. Un trafic de 100 Erlangs signifie qu'en moyenne 100 circuits au moins seront nécessaires pour écouler le trafic correspondant. Ce trafic peut être généré par exemple par 500 abonnés : on dira que chaque abonné a en moyenne un trafic de $(100/500) = 0,2$ Erlang.

dans toutes les cellules. Cette dernière propriété est très importante car elle facilite le changement de cellule en cours de communication (*hand over*).

4. La gestion de la mobilité met en œuvre des mécanismes complexes qui exploitent systématiquement une technologie déjà développée dans les réseaux fixes et connue sous le nom générique de réseaux intelligents. Cette technologie comprend un ensemble de serveurs informatiques exploitant les bases de données de localisation de chaque abonné et des protocoles d'échange d'informations entre les commutateurs entre eux et avec les serveurs informatiques, connus sous le nom de SS#7 (ou code de signalisation CCITT N° 7). Par ailleurs, la sécurité passe par une méthode d'identification sécurisée des terminaux. Le GSM a apporté de ce point de vue un progrès décisif avec l'utilisation de la carte SIM.

5. Le réseau téléphonique fixe (analogique ou numérique avec le RNIS) et le GSM sont des réseaux dits à commutation par circuits. Une ressource permanente (bande passante, débit numérique) est affectée à deux interlocuteurs pendant toute la durée d'une communication. Le service offert par la commutation par circuits peut être utilisé pour les échanges informatiques mais il n'est pas optimal pour la communication de données. L'échange de données se fait le plus souvent par « bouffées » intermittentes (beaucoup de données en peu de temps, puis une période longue sans données). Dans la filière du célèbre réseau ARPA (ancêtre d'Internet) ou des réseaux locaux comme Ethernet, une autre technologie de commutation, la commutation par paquets, a été généralisée. À l'origine, il y a une trentaine d'années, deux technologies de commutation par paquets étaient en concurrence : le mode circuit virtuel, promu par les PTT françaises avec la norme X25, et le datagramme issu d'ARPA. Aujourd'hui cette dernière technologie (IP), est généralisée pour les réseaux informatiques (Internet) et progressivement déployée dans les réseaux des opérateurs. Le GPRS et l'UMTS offriront de tels services de communications de données qui sont au cœur de l'Internet, mais avec des débits et des conditions d'utilisation différents.

Dans le cas des transmissions de données informatiques, le réseau n'est qu'un intermédiaire de transport entre des systèmes informatiques dialoguant à travers le réseau (un PC et un serveur informatique). Le réseau n'est pas impliqué dans la compatibilité des applications de « bout en bout », même si chaque équipement terminal doit pouvoir se connecter au réseau. Cependant les opérateurs offriront ou offrent déjà certains services de communication génériques (SMS⁴, messageries diverses, etc.), sans oublier certaines fonctions spécifiques aux mobiles (localisation géographique en particulier). La compatibilité de bout en bout sera du même niveau de difficulté que celle connue aujourd'hui sur Internet, la principale question étant liée aux logiciels embarqués sur les stations mobiles (normalisation de fait par Microsoft ou multiplicité des systèmes d'opération). Cependant, l'architecture de ces applications informatiques communicantes est maintenant l'ob-

4. *Short Message Services*.

jet d'un large consensus de fait, grâce à TCP/IP et à ses couches applicatives (ftp, smtp, http, etc.). Le WAP est la première tentative, encore balbutiante, de définition d'une architecture d'application informatique dédiée au contexte des mobiles.

6. De tout temps, les opérateurs de télécommunications ont coopéré pour normaliser leurs services. Les opérateurs sont aujourd'hui le plus souvent en concurrence, mais le succès des nouveaux services est conditionné par leur degré d'universalité. Les actions de normalisation peuvent être divisées en deux. D'une part, les spécifications des services et architectures associées (protocoles, performances, etc.) auxquelles contribuent les opérateurs et industriels nationaux et de nombreuses organisations nationales. D'autre part, la gestion et l'attribution des fréquences hertziennes.

Le paysage complexe des instances de normalisation technique

De nombreuses instances de normalisation technique existent dans le domaine des télécommunications. Leurs fonctions sont différentes : certaines sont officielles, d'autres sont des forums d'échange et de préparation des décisions.

Des organismes institutionnels

- les instances internationales (UIT^(*)) ;
- les instances régionales en Europe (ETSI).

Des instances régionales d'harmonisation du spectre (CEPT)

- les projets en partenariat (3G mobile) ;
- 3 GPP, 3 GPP2.

Des structures de standardisation de l'Internet

- du protocole Internet : IAB, IETF ;
- du web : W3C.

Des associations d'opérateurs (GSM A) ou d'équipementiers (GSA), etc.

Des forums industriels de spécifications (WAP forum, etc.), de promotion (UMTS forum, MMWF, 3G.IP), d'interopérabilité (LIF, etc.).

(*) L'Union internationale des télécommunications (UIT) (agence de l'ONU) est en charge des actions de normalisation au niveau mondial, avec une Agence dédiée plus particulièrement à la gestion des fréquences. Au niveau européen les opérateurs ont créé l'ETSI. Avant la déréglementation des télécoms, les PTT européens coopéraient dans le cadre de la CEPT. L'ETSI a été créée dans les années quatre-vingt afin de séparer les actions de normalisation des autres domaines de coopération, devenus plus limités avec la concurrence entre opérateurs. L'ETSI canalise les actions de normalisation du continent européen. Le GSM est le plus éclatant succès à mettre au profit de l'ETSI. En France, la loi sur les télécommunications de 1996 a créé l'ART et l'Agence nationale des fréquences radioélectriques (qui travaille pour le compte de l'ART et du CSA).

7. Enfin il faut souligner qu'il existe un domaine moins spectaculaire que la méthode d'accès radio-cellulaire mais qui n'en est pas moins aussi important : la question de la facturation des services et des systèmes d'information associés. Nous l'évoquons ici parce qu'elle pose des problèmes techniques qui sont loin d'être résolus pour le projet UMTS. La deuxième génération de téléphone mobile a déjà impliqué un effort important dans ce domaine du « *billing* » par rapport à ce qui existait dans le fixe. En particulier, le GSM s'est largement développé sur le marché sans abonnement ou « prépayé », qui représente environ 50 % du nombre d'abonnés et qui suppose un système de facturation capable de suivre en temps réel les crédits de consommation. La troisième génération impliquera de nouveaux développements importants pour au moins deux raisons : d'une part, il faudra pouvoir mesurer et facturer le trafic de données en volume et plus seulement à la durée (problème déjà posé pour le GPRS) ; d'autre part et surtout, il faudra pouvoir facturer les contenus (par exemple un service de jeux ou de données).

Trois familles de solutions peuvent être envisagées pour la facturation, qui présentent des avantages et des inconvénients :

- la méthode Internet la plus courante est la gratuité pour l'essentiel des informations accessibles, avec un financement par la publicité. Cette méthode risque de n'être que marginale pour la 3G, compte tenu du volume des investissements à rentabiliser ;
- la méthode du « kiosque », où l'opérateur facture l'ensemble des services (transport et contenu) et reverse une quote-part à l'éditeur du contenu. Ce modèle, qui a réussi il y a une vingtaine d'années avec le minitel a été repris par NTT DoCoMo avec l'i-Mode ;
- enfin, on peut espérer qu'émergera une technologie acceptée par tous les acteurs (opérateurs, banques et autres acteurs financiers tel que VISA ou AMEX), permettant de facturer les services de « bout en bout » soit en utilisant la carte de paiement ordinaire, soit par des solutions logicielles sécurisées. Mais on ignore dans quelle mesure les consommateurs acceptent ce mode de paiement.

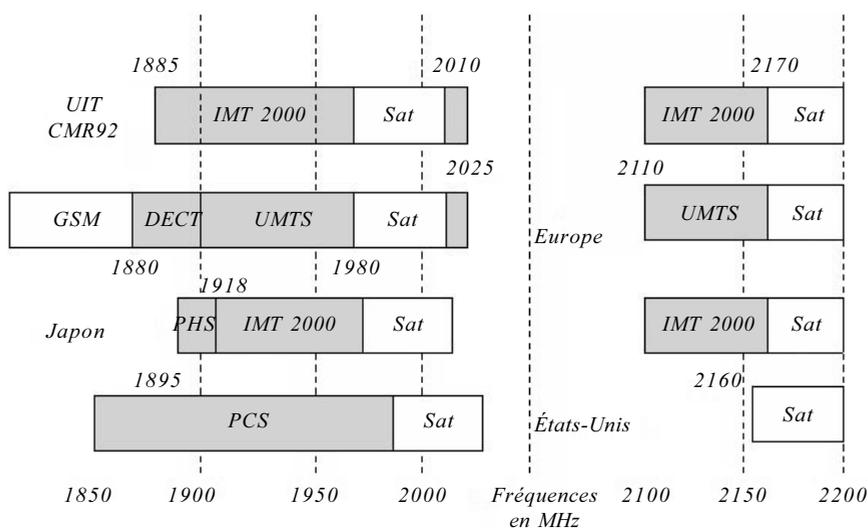
1.1.2. L'importance nouvelle de l'attribution des fréquences hertziennes

L'importance des fréquences hertziennes dans les télécommunications est liée à la mobilité et à la nécessité d'intégrer une composante radio dans les réseaux de télécommunication (composante satellitaire ou terrestre). La connexion entre un équipement fixe (une station de base) et un équipement mobile (un téléphone) nécessite en effet une liaison radio. Un opérateur de télécommunication mobile doit donc utiliser des fréquences radio. Or le spectre hertzien est limité et de nombreux utilisateurs comme les chaînes de télévision, la police, l'armée ont besoin de fréquences en dehors des opérateurs de télécommunications, et ils en avaient d'ailleurs besoin bien avant

eux. Il est donc nécessaire de répartir les fréquences entre les différents utilisateurs et cela, de façon coordonnée au plan national et international. La règle admise est que chaque pays est souverain pour l'utilisation des fréquences sur son territoire, mais qu'il existe une coordination au niveau mondial. La coordination internationale est assurée par des Conférences administratives mondiales des radiocommunications (CAMR). Ces conférences sont organisées périodiquement par l'Union internationale des télécommunications (UIT) dans le cadre de l'ONU. Les dernières réunions datent de 1992 et de 1998. Elles ont joué un rôle essentiel dans la naissance du projet IMT-2000 (projet de réseau mondial de troisième génération) dont l'UMTS est la modalité choisie par les pays européens.

Au niveau européen, la conférence CEPT (Conférence européenne des postes et télécommunications) décide notamment de l'attribution d'une partie du spectre à des systèmes paneuropéens (GSM, DCS 1 800, DECT). Au niveau français, la responsabilité incombe à l'Autorité de régulation des télécommunications (ART) aidée par l'Agence nationale des fréquences (ANFR)⁵.

1. Les fréquences de l'IMT 2000



Note : La CMR 2000 a en outre réservé de nouvelles bandes de fréquences au-dessous de 1 800 MHz et au-dessus de 2 200 MHz.

Source : ART, septembre 2001.

5. Voir à ce sujet le complément de Jean-Dominique Rolfo.

Le spectre utilisable par les radiomobiles doit pouvoir disposer d'un rayon de couverture pouvant atteindre une dizaine de kilomètres et être peu sensible aux conditions atmosphériques. Ces contraintes impliquent l'utilisation de fréquences inférieures à 2 gigahertz (GHz). Dès 1992, la Conférence mondiale des radiocommunications (CMR) a réservé à l'IMT-2000 (dont l'UMTS est une des spécifications) des fréquences dans la zone 1850-2200 mégahertz (MHz). Le problème économique vient du caractère fini du spectre des fréquences et du risque d'effets externes négatifs en raison des interférences possibles. Il est donc nécessaire de poser des règles d'usage des fréquences (une police des fréquences) et des règles d'attribution de certaines fréquences lorsqu'une exploitation privée d'une partie du spectre hertzien est envisagée (attribution gratuite ou payante, attribution par une technique d'enchères ou de comparaison raisonnée des offres). Ces questions, qui ont été au centre de nombreux débats sur l'UMTS, relèvent du champ de l'économie publique.

1.2. La téléphonie mobile : une réussite économique, un dépassement nécessaire, mais beaucoup d'inconnues

Les normes techniques de la 2G ont été adoptées au début des années quatre-vingt, lors de la mise en service des premières technologies cellulaires. Le démarrage a été plutôt lent. Le développement du marché s'est accéléré à partir du milieu des années quatre-vingt-dix. Au total, l'ensemble des technologies sans fil dites de deuxième génération (GSM, IS-95, PDC) regroupe maintenant plusieurs centaines de millions d'abonnés dans le monde.

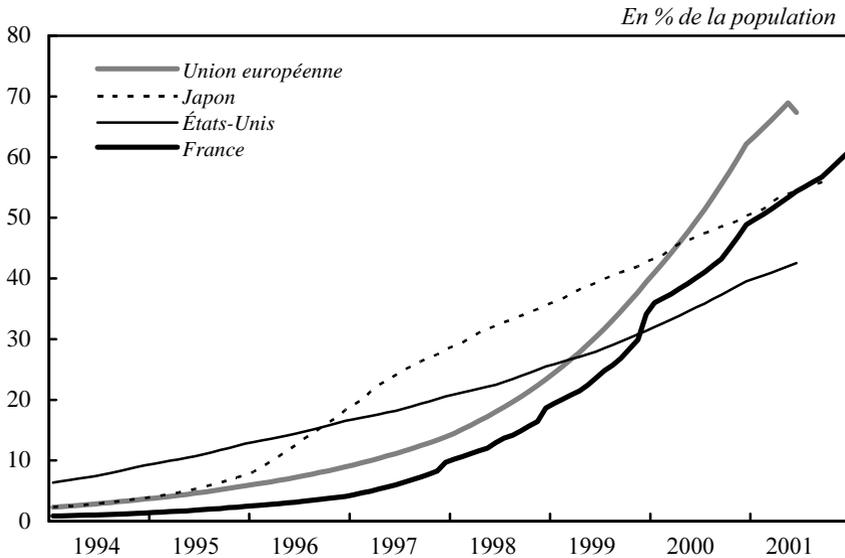
Alors que le téléphone fixe a mis plus d'un siècle à se développer, le téléphone mobile s'est répandu de façon exceptionnellement rapide. Au début des années soixante-dix, moins de 15 % des foyers français avaient accès au téléphone (fixe). Il est vrai que la France avait un incroyable retard car à la même époque 90 % des foyers américains étaient déjà équipés. De 1970 à 1980, le taux d'équipement des foyers est passé en France de 15 à 66 % soit un gain d'environ 50 % du nombre de foyers en dix ans.

Le taux de pénétration du téléphone mobile est quant à lui passé de 16 % (1996) à plus de 50 % en moins de cinq ans, taux qui s'appliquent non pas au nombre de foyers mais à la population totale. La France affiche cependant du retard par rapport à plusieurs pays européens⁶.

Le développement du téléphone mobile rencontre cependant plusieurs limites, qui tiennent à la technologie et aux capacités, à la fragmentation du marché mondial et aussi au début de saturation qui commence à apparaître en Europe au niveau de la demande d'abonnement (taux de pénétration) comme au niveau de la demande de communication (baisse de la recette moyenne). L'UMTS vise à dépasser ces limites mais il devra tenir compte de la structure actuelle de la deuxième génération.

6. Voir à ce sujet le complément de Michel Martinez.

2. Taux de pénétration du téléphone mobile



Source : Rexecode, à partir des données nationales.

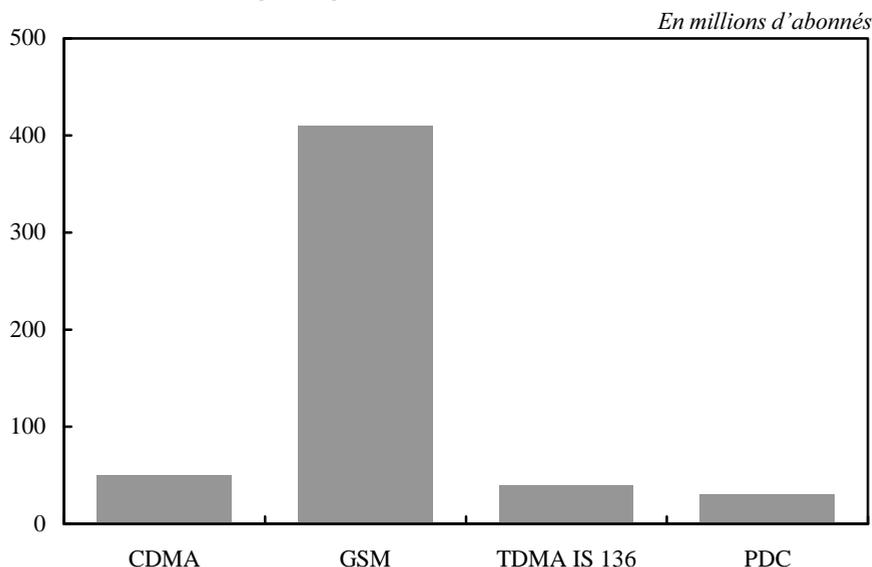
1.2.1. Un marché mondial fragmenté

Les technologies de la 2G approchent de leurs limites. Celles-ci sont de plusieurs natures. En premier lieu, malgré l'effort de normalisation, la 2G a conduit à un marché mondial fragmenté, avec un marché européen sur la norme GSM (qui domine le marché mondial), un marché mobile américain réparti entre plusieurs techniques et un système particulier au Japon, qui interdit toute «itinérance» mondiale.

Pour ce qui concerne les services, la norme GSM a été conçue pour permettre la fourniture d'un service de conversation téléphonique en situation de mobilité et l'envoi de messages courts (les SMS) ainsi que quelques services de données à bas débit en mode circuit (jusqu'à 9,6 kb/s).

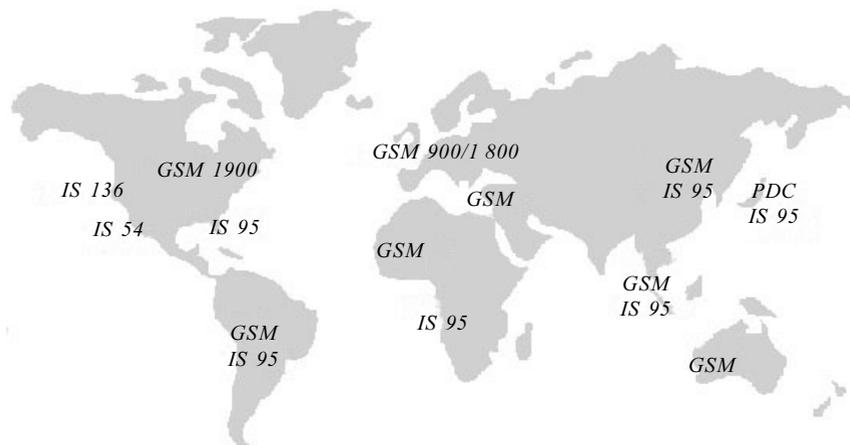
La norme a évolué en intégrant des services de données offrant des débits plus élevés, à la fois en mode circuit (HSCSD : *High Speed Circuit Switched Data*) et en mode paquet (GPRS : *General Packet Radio Service*). Ces nouvelles techniques introduites dans la norme GSM permettent, très théoriquement, de porter le débit jusqu'à 171 kb/s. La dernière évolution en date du GSM (la modulation EDGE : *Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) devrait même offrir des débits allant au-delà dans les conditions de transmission les plus favorables.

3. Les principales normes dans le monde



Sources : GSM association, CDG, UWCC, TCA, avril 2001.

4. Répartition géographique



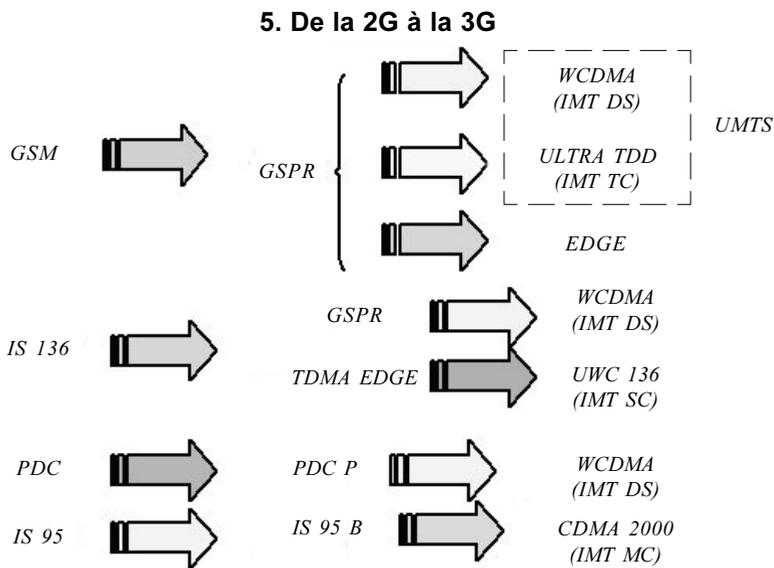
Source : ART.

La norme HSCSD (mode circuit) apparaît peu adaptée à beaucoup d'applications utilisées aujourd'hui sur Internet, caractérisées par un débit moyen assez faible mais pouvant requérir des débits de crête élevés. Le GPRS est en revanche mieux adapté aux applications de type Internet. Les nouveaux services qui seront apportés par GPRS représenteront une amélioration importante par rapport au GSM et ils constituent une première étape vers les réseaux de 3G. Cependant les débits maximaux indiqués ci-dessus sont théoriques et les débits effectifs dépendront très largement des conditions d'utilisation.

Le projet IMT-2000 mis en avant par les instances internationales vise à dépasser les limites de la 2G, tout en s'inscrivant dans une certaine continuité avec celle-ci, en raison des larges inconnues qu'il comporte.

1.2.2. Les « migrations » possibles en fonction des empreintes de la seconde génération

La norme UMTS introduit des perspectives d'économies d'échelle par une meilleure utilisation des fréquences, mais la complexité de la norme UMTS et des fonctions en rupture avec le GSM entraîneront une phase d'apprentissage technique dont la durée reste incertaine. En outre, la norme UMTS cohabitera avec de multiples normes et standards élaborés dans d'autres enceintes que le 3GPP. Enfin, il s'avère que l'objectif d'un système IMT-2000 unique n'est pas atteint. Des spécificités régionales subsisteront pendant plusieurs années.



Source : ART, septembre 2001.

Troisième génération
(IMT 2000)

D'autre part, l'empreinte des réseaux 2G guide la migration vers la 3G. Les opérateurs japonais, NTT DoCoMo (W-CDMA – version propriétaire) et J Phone (UMTS) sont dans une position de rupture par rapport à l'existant. KDDI est dans une solution de continuité. En Europe, l'UMTS (W-CDMA, dans un premier temps) constitue l'évolution logique du marché GSM actuel. Aux États-Unis, un marché fragmenté et les incertitudes sur le spectre disponible à terme placent aujourd'hui les opérateurs mobiles dans une situation d'attente. Le marché américain reste ainsi fermé pour l'UMTS.

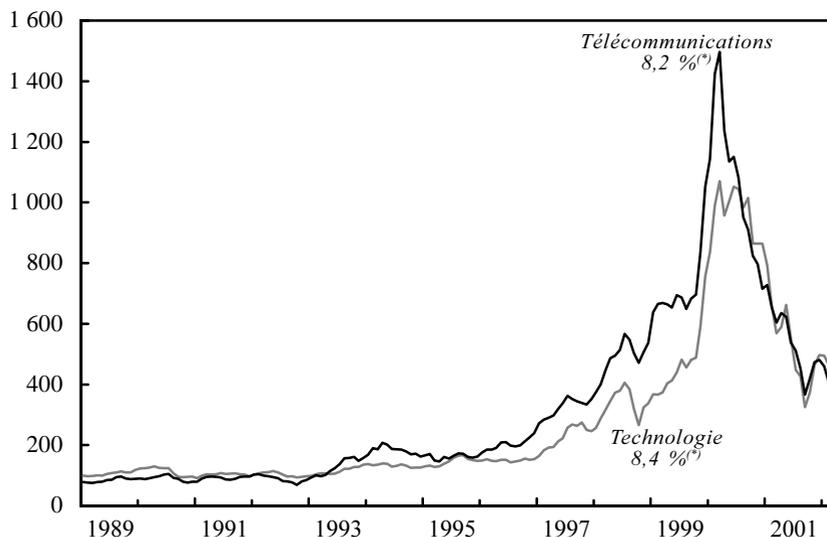
S'ajoutent à cela une multiplication de solutions d'accès pour des offres de haut débit qui concurrenceront l'UMTS et une gigantesque bataille de

standards pour la construction des terminaux (systèmes d'exploitation, navigateurs, emplacement et nature des cartes, etc.) ; ces données contribuent largement aux incertitudes décrites au chapitre 3.

1.3. Le secteur des télécommunications est-il en crise ?

Il y a dix-huit mois à peine, le sentiment était largement répandu que les nouvelles technologies de l'information et de la communication seraient à l'origine d'une nouvelle ère de croissance forte. L'activité des télécommunications, composante essentielle du secteur des TIC⁷, attirait l'attention des médias, l'argent des investisseurs et la convoitise des États. Dans ce contexte d'euphorie sur la « nouvelle croissance » entretenue par de nombreux acteurs privés et publics, les marchés financiers capitalisaient l'espoir d'une croissance à deux chiffres des télécommunications et affichaient logiquement des hausses très importantes des cours boursiers.

6. Indices boursiers sectoriels : zone euro



Notes : Indices Dow Jones Euro Stoxx (en euro, 31.12.1991 = 100) ;

(*) Poids dans l'indice *Euro Stoxx Broad* au 30 septembre 2001.

Source : Base de données Teleco.

C'est dans ce contexte que les licences d'utilisation des fréquences ont été attribuées aux opérateurs de télécommunication pour l'UMTS. Au total en Europe, les prélèvements au titre des licences UMTS ont été en 2000 de l'ordre de 130 milliards d'euros. Ces prélèvements étaient pour certains étalés dans le futur mais ils représentaient environ 15 % de la capitalisation boursière de l'ensemble des opérateurs européens de télécommunication (30 juin 2000, Dow Jones Stoxx). Depuis cette époque, la valeur de marché des opérateurs comme des équipementiers a fortement reculé. Dans quelle mesure le prélèvement public a-t-il contribué à la débâche boursière ?

7. Technologies de l'information et de la communication.

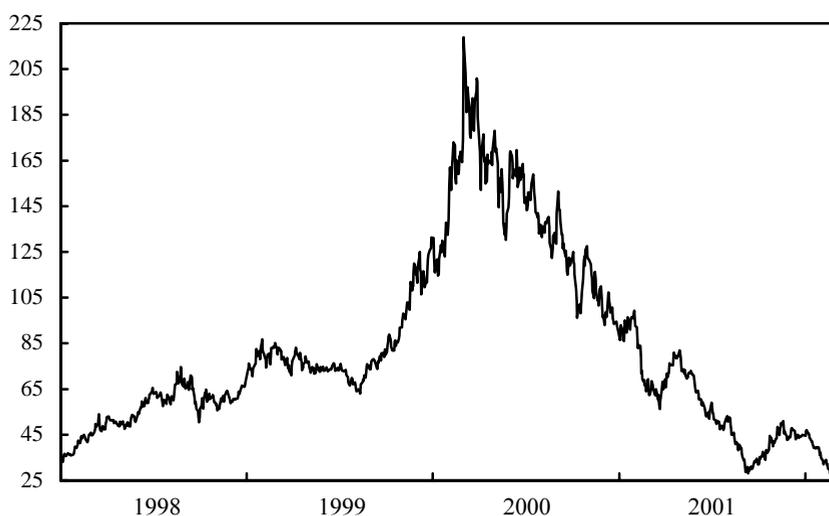
7. Cours boursier de Vodafone



Source : www.boursorama.com.

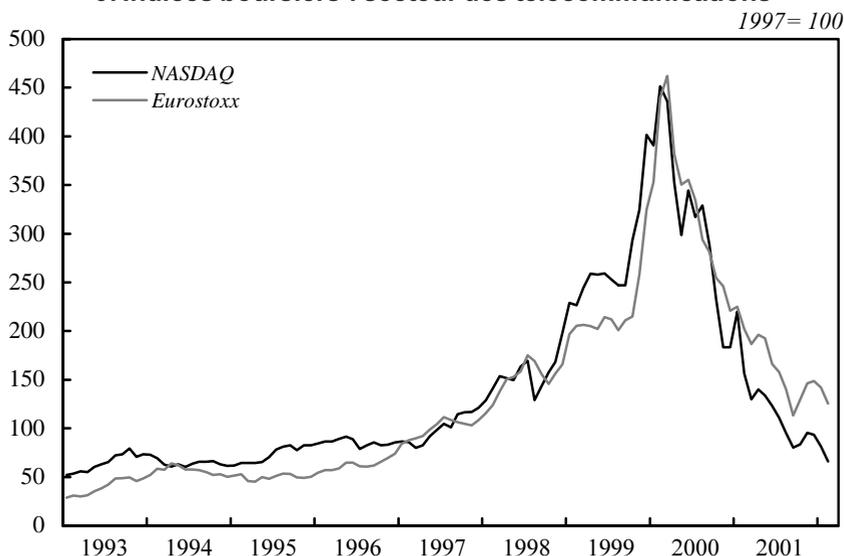
La comparaison des indices boursiers du secteur des télécommunications de l'Europe et des États-Unis ne suggère pas de grande différence entre l'évolution des cours des deux côtés de l'Atlantique alors que la situation à l'égard de l'UMTS est très différente, puisque les pays européens ont attribué la plupart des licences et les États-Unis n'ont pas encore entamé le processus de la 3G de mobiles. On pourrait donc penser *a priori* qu'il n'y a pas d'effet apparent spécifique des prélèvements UMTS.

8. Cours boursier de France Télécom



Source : www.boursorama.com.

9. Indices boursiers : secteur des télécommunications



Source : Base de données Teleco.

L'argument est en fait peu démonstratif pour au moins deux raisons. La première raison est que les similitudes des fluctuations de cours entre l'Europe et les États-Unis peuvent avoir eu des causes différentes. Du côté américain, le retournement boursier s'explique largement par une crise de surproduction des capacités de transmission de données liée à la fois au bogue de l'an 2000 et à la révision des anticipations sur l'avenir du trafic Internet. Du côté européen, c'est plutôt la prise de conscience du changement de tendance de l'expansion du téléphone mobile (le GSM pour l'instant) à l'approche de la saturation du marché qui serait en cause et, certainement mais dans une proportion difficile à déterminer, l'effet des prélèvements UMTS. On notera à cet égard qu'il est particulièrement paradoxal que l'approche du lancement d'un grand projet technologique se traduise par une correction boursière négative de cette ampleur.

On rappellera aussi qu'aux États-Unis, en mars 2000, c'est l'éclatement de la bulle Internet qui a amorcé le retournement de situation. Parmi les sociétés qui publient des résultats 1999 décevants, outre Lucent qui émet en janvier le premier *profit warning* d'une longue série, dû à un échec total de la stratégie des produits optiques, une série de sociétés Internet continuent à afficher des résultats en perte très souvent supérieurs à leur chiffre d'affaires. Les analystes commencent alors à se rendre compte que le modèle d'affaires n'est pas clair et que nombre des valorisations extravagantes atteintes les mois précédents n'ont aucune chance de déboucher sur une vraie rentabilité même à long terme. Par ricochet et très vite, les sociétés du monde informatique vont suivre, ainsi que bon nombre d'opérateurs de télécommunication alternatifs aux États-Unis, dont les investissements se justifiaient par l'explosion du trafic Internet généré par les services de « dot.com ».

Un autre phénomène générateur de doute sur l'avenir du monde des télécommunications et de l'informatique aura été la succession des faillites de certains acheteurs américains de fréquences mobiles qui, après avoir payé très cher un droit d'usage morcelé en une multitude de villes et de régions, n'ont pas pu financer le déploiement de leurs réseaux. Pour atteindre la rentabilité, il fallait une consolidation régionale (sinon nationale), phénomène qui s'est produit fin 2000 et en 2001 autour de ATT Wireless et de Verizon. Aux États-Unis, aussi, le prix des licences a contribué au retournement du secteur.

Du côté des constructeurs, pendant le premier semestre de 2000, les valeurs des équipementiers de télécommunications continuaient à s'apprécier, culminant pour beaucoup d'entre elles en septembre 2000 (Cisco, Alcatel, Nokia ou Nortel), l'euphorie boursière permettant à certains de racheter à prix d'or bon nombre de *start ups* dont les contenus étaient souvent modestes. Le dernier trimestre 2000 voit ainsi une succession de *profit warning*, à commencer par ceux de Nortel ou Motorola, remettant à leur place les aspirations extravagantes à une croissance illimitée. C'est le début de la débâcle pour la plupart des équipementiers, anticipant une forte réduction d'investissement chez les clients opérateurs.

Dans cet historique, le niveau atteint en Europe pour les licences UMTS a sans doute été le coup de grâce pour une communauté qui avait déjà des doutes sur le futur du modèle d'affaires des services Internet. L'endettement lourd des équipementiers et celui des opérateurs contraints à la consolidation ont conduit à l'assèchement du marché financier pour les télécommunications et à une révision des espoirs mis dans le développement d'opérateurs alternatifs (boucle locale radio, dégroupage, etc.). Cette spirale négative rappelle qu'il ne peut y avoir de développement des infrastructures du monde de l'informatique et des télécommunications qu'adossé à un réel marché de services. La voix a permis l'éclosion des réseaux de la fin du siècle précédent, Internet et les données les décuplèrent par le trafic des serveurs et de l'image à condition que de réels services soient développés. On prend conscience aujourd'hui de ce que les services de la 3G restent encore flous et qu'ils seront coûteux.

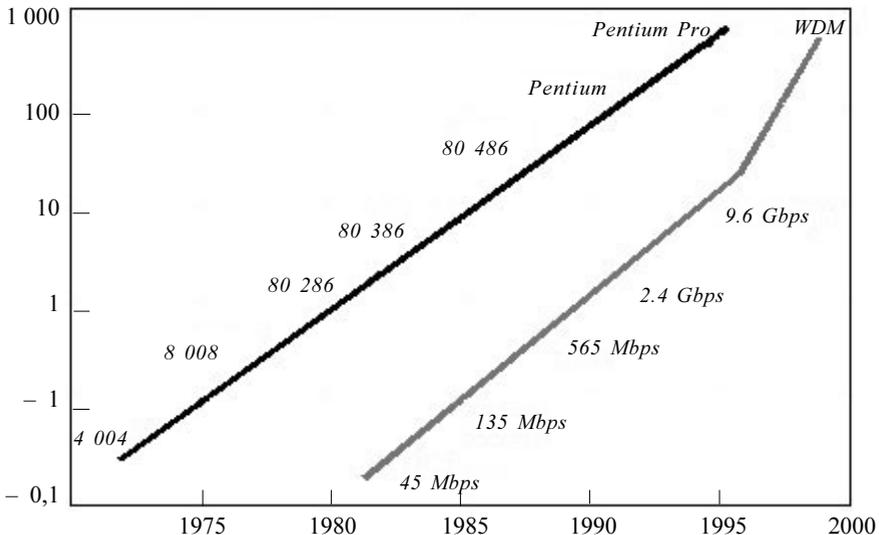
Une deuxième raison de similitude d'évolution des cours boursiers est que le marché des télécommunications (grands opérateurs et surtout équipementiers) est un marché mondialisé. Un prélèvement opéré sur une partie du marché se transmet à l'ensemble des acteurs mondiaux, tout particulièrement sur les fournisseurs. Bref, il serait excessif d'attribuer le retournement du secteur des télécommunications au prélèvement des licences UMTS, mais un prélèvement d'une telle importance survenant au moment même où une prise de conscience d'excès antérieurs s'opérait, a contribué assez largement à précipiter vers de nouveaux excès, inverses cette fois. La déstabilisation du secteur technologique a elle-même participé en l'amplifiant au renversement de la conjoncture générale.

1.4. Eléments d'interprétation économique

Pour comprendre la problématique économique actuelle du secteur des télécommunications, il faut rappeler que ce secteur a subi en peu d'années trois chocs de grande ampleur : un choc concurrentiel, un choc technologique et un choc financier. Ces chocs perturbent aujourd'hui très fortement la filière des télécommunications. Cette déstabilisation n'est pas responsable du retournement de la conjoncture économique amorcé au début de l'année 2000 mais, compte tenu du poids de cette filière dans l'économie et sur les marchés financiers, elle y a certainement contribué.

Le choc technologique se ramène fondamentalement à l'extension de la loi de Moore aux télécommunications. Dans la période actuelle, ce choc est aussi largement lié à la 3G de téléphonie mobile (dont nous présentons au chapitre 3 toutes les incertitudes). Ce n'est pas la première fois qu'un saut technologique comporte des inconnues, mais les enjeux et les risques (notamment financiers) sont cette fois particulièrement importants, en raison notamment de l'ampleur des investissements à accomplir et de l'indivisibilité que constitue la mise en place de réseaux nouveaux. Il s'y est ajouté dans plusieurs pays l'indivisibilité du coût des licences.

10. La loi de Moore s'applique aussi aux télécommunications



Note : Évaluation de la puissance de traitement (Intel en MIPS) et capacité de transmission des fibres optiques depuis trente ans.

Source : Philippe Picard, complément A à ce rapport.

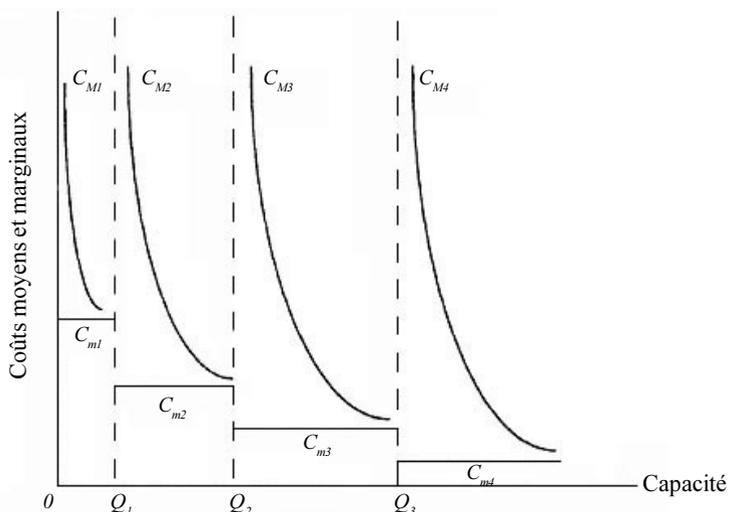
1.4.1. Les caractéristiques du marché des services de télécommunications

À ses débuts, il y a un peu plus d'un siècle aux États-Unis, l'offre de services de télécommunications s'est développée de façon spontanée et dispersée. De nombreuses entreprises indépendantes offraient un service de téléphone, un peu comme dans les premiers temps du chemin de fer. Assez rapidement au début du dernier siècle un monopole de fait s'est constitué aux États-Unis – la Bell Telephone – par rachat des indépendants. En Europe et au Japon, le monopole des télécommunications a été d'emblée un monopole public. Qu'ils aient été publics ou privés, les monopoles ont été largement contrôlés et réglementés par les États. On s'accordait à penser que les télécommunications constituaient « un cas typique de monopole naturel, qui plus est, sur un service d'utilité collective à demande caractérisée par une élasticité-prix faible » [4].

1.4.1.1. Offre et fonction de coût

Le monopole naturel trouvait ses justifications dans la forme de la fonction de coût. Le coût total d'investissement et de fonctionnement d'un réseau unique semble *a priori* plus faible que le coût de plusieurs réseaux juxtaposés ou concurrents (sous-additivité de la fonction de coût). En outre, la construction d'un réseau de télécommunications implique que les coûts fixes représentent une part très importante du coût de production. Le coût marginal à court terme (coût d'une minute de communication supplémentaire) est faible et le coût moyen rapidement décroissant avec le volume de communication. La forme des fonctions de coûts pour différentes capacités installées est illustrée par le graphique suivant.

11. Forme de la fonction de coût dans les télécommunications



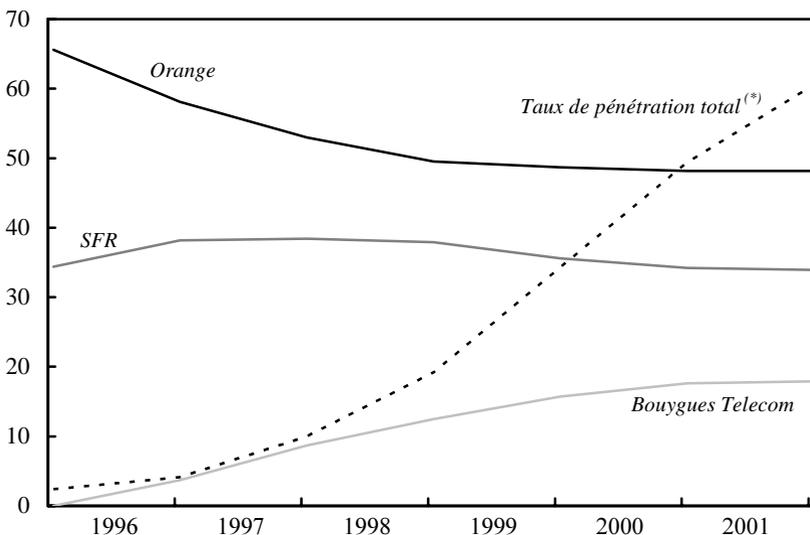
Source : [4].

D'autres arguments en faveur du monopole naturel reposaient sur l'idée que l'accès de tous au service téléphonique serait mieux garanti par un monopole public ou étroitement surveillé par l'État.

Ce corps de doctrine a évolué sous l'effet des changements techniques et avec la prise de conscience des avantages de la concurrence pour les consommateurs. L'émergence des technologies numériques a permis la coexistence de réseaux juxtaposés mais raccordés, sous réserve de fixer des règles d'interconnexion. L'occasion de tester les avantages de la concurrence a été fournie avec l'apparition de services à valeur ajoutée (télématique) et surtout avec l'apparition du téléphone mobile.

Le choc concurrentiel s'est développé dans les années quatre-vingt et quatre-vingt-dix, en Europe plus particulièrement depuis 1998, avec l'ouverture à la concurrence du marché des télécommunications. La concurrence a de nombreuses vertus. Elle permet aux acteurs de se comparer entre eux. Elle stimule leurs initiatives, leurs investissements et leurs efforts pour satisfaire la demande. Il ne fait pas de doute que le développement de la concurrence a été à l'origine, d'abord aux États-Unis puis en Europe, d'une accélération du développement du secteur. Le graphique suivant montre par exemple la lente progression du téléphone mobile en France puis son accélération à l'arrivée du troisième opérateur.

12. Évolution des parts de marchés des opérateurs et pénétration dans la téléphonie mobile



Note : En % de la population.

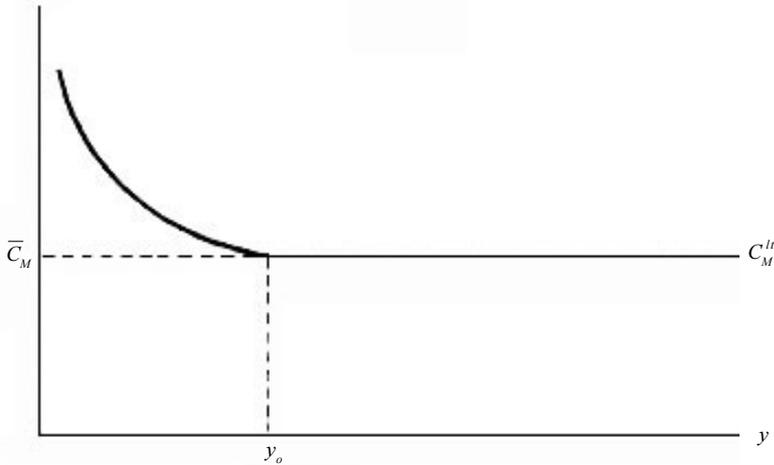
Source : ART, rapport d'activité 2000.

On observera aussi l'avantage de la concurrence pour l'emploi. Dans l'ensemble des régions du monde, l'ouverture à la concurrence et le développement du mobile ont arrêté, puis inversé la tendance à la baisse des effectifs qui prévalait antérieurement. Une contrepartie de la concurrence

est cependant qu'elle peut conduire dans certains cas à des fluctuations de l'activité parce que le marché cherche son équilibre par approximations successives, la convergence n'étant ni immédiate, ni même garantie.

La concurrence ne remet pas en cause fondamentalement l'existence de coûts fixes élevés et la décroissance du coût moyen. Elle pose ainsi la question du nombre d'opérateurs sur un marché dont l'offre reste oligopolistique. Un paramètre important est à nouveau la forme de la courbe de coût à long terme et l'existence d'une taille minimale efficiente.

13. Définition de la taille minimale efficiente



Source : Pierre Picard, *Éléments de microéconomie, théorie et applications*.

On sait enfin que selon le nombre d'opérateurs et la nature de leur comportement face à la concurrence, le marché peut être conduit à différentes situations d'équilibre, voire dans certains cas ne pas trouver de position d'équilibre stable. Parmi les données qui commandent l'évolution du marché, on peut citer les phénomènes de *lock-in* et l'élasticité de la demande finale. Les phénomènes de *lock-in* se produisent lorsque l'utilisateur subit des coûts élevés lorsqu'il veut changer de fournisseur. De tels phénomènes sont classiques dans le domaine des communications. Ils incitent les premiers entrants à « verrouiller » le marché. C'est d'une certaine façon la stratégie de Docomo dans le développement de services multiples spécifiques à réseau de troisième génération.

Quant à l'élasticité de la demande, elle joue un rôle dans la fixation des taux de marge des opérateurs. On sait par exemple que, dans l'hypothèse d'un comportement à la Cournot, le taux de marge moyen des entreprises de l'oligopole (appliqué au coût marginal) est égal à l'inverse du nombre d'opérateurs et de l'élasticité-prix de la demande : $(p - cm)/p = -1/ne$.

1.4.1.2. La demande de services de télécommunication

L'étude de la demande de services de télécommunications reste encore embryonnaire. Elle se limite généralement à la demande résidentielle des ménages, qui ne concerne qu'environ un tiers du chiffre d'affaires des opérateurs, et la plupart des travaux empiriques portent sur le téléphone fixe. Outre le caractère encore nouveau de la téléphonie mobile, le principal obstacle est l'absence de données utilisables par les chercheurs.

De façon générale, il convient de distinguer la demande d'accès (l'abonnement) et la demande d'usage (les communications).

Pour ce qui concerne la demande d'accès, une caractéristique bien connue du développement des marchés de télécommunication est de relever des mécanismes des économies de réseaux. Le point essentiel est que chaque nouvel entrant dans un réseau rend le réseau plus utile pour tous les participants déjà reliés au réseau. Le développement du marché s'opère alors selon une courbe logistique : démarrage lent, forte accélération, puis saturation progressive. Il en résulte que la dérivée ou vitesse de développement suit une courbe en cloche. La variation des profits étant souvent liée au taux de croissance du marché, l'évolution des profits subit de fortes inflexions. Cela peut expliquer notamment que l'approche de la saturation du marché européen puisse avoir une influence forte sur la croissance des profits et provoquer, comme on l'a constaté récemment, des fluctuations boursières de grande amplitude, ce qui pose des problèmes de financement et d'accès au marché financier.

Pour ce qui est de la demande de communications, il faut aussi observer que le service de télécommunications recouvre plusieurs biens différents auxquels peuvent être associés des demandes et des prix différents : communications locales, communications interurbaines, communications longue distance. Il s'y ajoute d'autres éléments de différenciation comme le jour (semaine ou week-end) et l'heure de l'appel. Un modèle complet de la demande devrait rendre compte de l'ensemble de ces paramètres. C'est ce qu'ont tenté Aldebert, Ivaldi et Roucolle dans une recherche récente [5] qui distingue cinq types de communications téléphoniques à partir de postes fixes : le local, le national, l'international, les appels vers un mobile, les autres appels. Les auteurs ajoutent un bien composite regroupant les catégories. Les observations portent sur un échantillon représentatif d'abonnés français. Les consommations sont observées entre le 1^{er} octobre 1996 et le 30 juillet 1997. L'effet du prix est capturé en calculant le prix moyen payé par chaque abonné qui résulte de la structure de sa consommation (le prix de l'unité est le même pour tous, mais le prix de la communication moyenne d'un abonné dépend du jour, de l'heure, de la nature et de la durée de ses communications). Pour s'en tenir au principal résultat, les estimations conduisent à une élasticité de la demande de $-0,65$ par rapport au prix et de $1,26$ pour l'élasticité-revenu pour le bien composite de l'ensemble des services de télécommunications. D'autres auteurs ont abouti à des élasticités sensiblement plus faibles pour les appels locaux et de l'ordre de $-0,5$ à $-0,7$ pour les appels longue distance.

En résumé, la mesure de l'élasticité de la demande de téléphone n'est ni simple, ni bien documentée pour les services fixes. Quant à l'étude de la demande de téléphonie mobile, elle reste encore à entreprendre pour la 2G et *a fortiori* pour la 3G à venir.

1.4.1.3. Le cas de l'UMTS

Quels enseignements peut-on tirer des rappels précédents pour ce qui concerne l'UMTS ?

La connaissance des coûts est encore modeste et de très nombreuses inconnues subsistent. On sait cependant que le coût des infrastructures de réseaux de l'UMTS est très supérieur à celui des réseaux GSM et GPRS. L'extension au GPRS d'un réseau GSM entraîne une augmentation du coût du réseau de l'ordre de 15 à 20 %, l'équipement d'un réseau UMTS représente près de trois fois le coût d'un réseau GSM. Le coût fixe d'un service UMTS est donc très supérieur au coût fixe d'un réseau GSM.

Le coût variable comprend une composante technique et une composante commerciale importante. C'est le problème du recrutement des abonnés. Ce coût ne relève pas de la fonction de production mais de la stratégie commerciale des opérateurs. Un point à souligner, sur lequel nous reviendrons, est que les espoirs de recettes nouvelles sont souvent justifiés par les services nouveaux de communication qui seront permis par la technologie UMTS. Certains de ces services sont des services de télécommunications classiques dont les coûts variables sont faibles. D'autres sont des services d'information dont les coûts variables sont très probablement beaucoup plus élevés. Au total, on peut penser que par rapport au GSM, l'ensemble des courbes de coût sont relevées, ainsi que la taille minimale efficiente. Il peut en résulter des conséquences sur l'équilibre du marché et la nature de la concurrence.

L'évolution des coûts fixes de l'UMTS

La pertinence d'une articulation autour d'un nombre restreint d'opérateurs pour les infrastructures devrait se renforcer avec la hausse probable des coûts fixes, en raison : de coûts croissants des infrastructures passives (acquisition des sites) dus à leur raréfaction ; de coûts croissants des infrastructures actives (stations de base, plates-formes de services) en raison de la complexité de la technologie UMTS ; du prix des licences ; du coût de délivrance des services (systèmes de facturation, investissements initiaux dans les services clients).

Ces charges fixes sont augmentées par l'incompatibilité technique entre les réseaux GSM et UMTS, ainsi que par des obligations d'aménagement du territoire plus astreignantes que pour les licences GSM. La hausse du coût moyen peut être limitée par le partage d'infrastructures, ce qui valide de facto une certaine forme de concentration. Si ces accords, plus courants en Europe qu'en France, limitent dans un premier temps le coût du réseau

pour les petits opérateurs, les modalités concrètes de coordination, d'ingénierie et de partage des réseaux peuvent conduire à terme à remettre en cause leur indépendance. Les économies d'échelle sur les frais fixes à la production (2 à 4 % de l'ARPU⁸ 2003 selon Duarte), en amont (fournisseurs), en aval (circuits de distribution, image de marque) devraient donc augmenter la taille efficiente, ce qui motive la stratégie choisie par les grands opérateurs. Les économies d'échelle, en infrastructures et en aval, et, par suite, l'abaissement du point mort d'exploitation devraient être directement proportionnels à la densité de la population : le coût de la couverture géographique marginale sera plus faible dans les pays à fort tissu urbain (Allemagne) que dans ceux à faible densité (pays nordiques).

L'évolution des coûts variables de l'UMTS

Les coûts variables, essentiellement la gestion et l'acquisition d'une nouvelle clientèle, seront probablement aussi plus élevés. Le déploiement progressif du réseau UMTS nécessite dans un premier temps de faire évoluer les usagers vers de nouveaux terminaux bi-mode (GSM 900 et 1 800/UMTS), voire tri-mode (GSM/GPRS/UMTS). Ces terminaux sont plus onéreux alors que le service pour la seule demande solvable avérée (voix) est satisfait avec les terminaux actuels. La diffusion des nouveaux terminaux suppose donc un fort transfert de la part des opérateurs vers le raccordement GSM au bénéfice du raccordement UMTS. Attendre la relative maturité de l'UMTS pour proposer des offres commerciales complètes expose les opérateurs à arriver sur un marché déjà captif. Dans un second temps, les externalités positives de demande (effet de club), qui constituent une des caractéristiques essentielles des services multimédias spécifiques à la 3G et donc de leur équilibre financier, devraient motiver les opérateurs, en particulier les nouveaux, à maintenir ses transferts coûteux. Le handicap des nouveaux opérateurs de transmission est alors triple. En premier lieu, le passage par le bi-mode correspond à une économie de variété au bénéfice des seuls opérateurs historiques qui pourront mieux maîtriser leur offre pendant le basculement vers la 3G ; à ce titre, le goulot d'étranglement de la production des terminaux justifie le déploiement des nouveaux entrants après celui des opérateurs historiques. En second lieu, ces derniers seront en meilleure position pour opérer des subventions croisées entre activités matures ou en position monopolistique (le filaire, les communications internationales des particuliers) et celles en développement ou soumises à la concurrence internationale (le mobile, l'international des entreprises). Ces transferts sont *a priori* impossibles si le marché multiproduits est vraiment contestable, situation plus probable dans le cas des services que dans celui des transmissions. Enfin, la constitution d'une nouvelle clientèle favorise les opérateurs qui bénéficient d'une base installée en 2G, en raison du taux de fidélisation

8. *Average revenue per user* : recette par utilisateur.

élevé annoncé (près de 60 % des abonnés envisageraient une migration 2G à 3G auprès du même opérateur). Le montant des frais variables risque donc d'être élevé, et rapidement croissant proportionnellement au coût fixe dans le coût marginal de la transmission, en particulier pour les nouveaux opérateurs. Même si cette hausse est concentrée pendant le lancement de l'UMTS avant le déclenchement d'effet de club suffisant, il restera les frais de gestion des abonnés liés à technologie (coûts de *hot line*).

L'UMTS accélère l'émergence d'un oligopole européen

Au total, le coût supporté par les opérateurs les premières années de déploiement et d'exploitation de l'UMTS sera croissant sans que le trafic augmente dans les mêmes proportions. La baisse des coûts unitaires ne pourra être atteinte que par de fortes économies d'échelle sur les frais fixes, soit une concentration des trafics vers un nombre restreint de réseaux. Le nombre viable de licences pour les transmissions semble donc déterminé, pour sa valeur plancher, par les caractéristiques techniques (élasticité de la demande, coûts fixes et variables) de l'UMTS et non par les seules contraintes hertziennes⁹ ou le choix du législateur : la règle du $N + 1$, voire $N + 2$, instituée pour favoriser la concurrence dans l'UMTS en Europe, ne présage en rien de la viabilité de toutes les licences accordées. Le débat sur la part de marché minimale et le rôle de la base installée résulte de la confrontation des coûts et de la demande anticipée. Il est à ce titre aussi pertinent en Allemagne¹⁰ qu'en France.

Cela résume l'avantage anticipé d'un oligopole européen réglementé : combiner une concurrence tarifaire minimale sur le marché unifié avec le maintien de certains critères de solidarité/transferts entre usagers financés par les économies d'échelle, c'est-à-dire une tarification entre le coût marginal et le coût moyen. Pour caricaturer, le marché européen des opérateurs passera probablement d'une structure (ancienne) monopolistique dans n pays à une structure oligopolistique de n firmes présentes simultanément dans plusieurs pays, avec parallèlement l'existence de quelques petits opérateurs nationaux ou internationaux, présents sur des créneaux spécifiques. Il sera d'autant plus aisé pour l'opérateur de s'implanter de façon viable dans un autre pays européen qu'il y dispose d'une clientèle captive potentielle : le suivi géographique à l'étranger d'une large base domestique (flux du commerce extérieur) serait donc favorable à l'internationalisation réussie de l'opérateur, en autorisant des économies d'échelle sur les coûts variables (marketing, image de marque) limitant le coût d'acquisition. En plus des charges d'infrastructures et des coûts variables croissants qui défavorisent les petits et/ou nouveaux opérateurs, le mouvement de concentration au niveau

9. Même si le débat budgétaire du 20 septembre 2000 avance la contrainte technique comme ultime justification d'une limitation à quatre licences en France.

10. Cf. 3.7.2., page 118.

européen pourrait être plus rapide que dans le cas du GSM en raison de la délivrance simultanée d'un nombre plus important de licences 3G.

L'impact du choc financier des licences UMTS

Le choc financier a été l'élément le plus frappant. Il a été largement lié aux conditions d'attribution des licences d'exploitation du spectre des fréquences affectées à l'UMTS. On sait que les gouvernements européens se sont engagés sans règle commune et sans étude préalable dans l'attribution de fréquences aux opérateurs et que cela a conduit dans certains cas à des prix très élevés. Il peut être intéressant de constater que les enchères ont provoqué un clivage parmi les économistes. En simplifiant à l'extrême, on pourrait dire que les microéconomistes ont été plutôt pour, les macroéconomistes ont été plutôt contre. Les deux visions sont en réalité complémentaires car elles se placent à des points de vue différents mais tous deux importants.

La procédure d'enchères, en soi, a de solides arguments. Il n'est pas évident qu'une autorité publique quelconque ait une meilleure vision de la valeur économique d'une bande de fréquences que ses utilisateurs eux-mêmes, c'est-à-dire les opérateurs. D'autre part malgré le très grand soin apporté par l'Autorité de régulation des télécommunications française dans la définition des conditions et dans le dépouillement des offres, l'examen de l'appel à candidatures montre les difficultés d'une analyse multicritères¹¹. La prise en compte de critères de natures et d'importances très différentes ne repose pas sur des bases économiques clairement établies. Comment mesurer ces critères ? Comment les pondérer ?

Deux questions économiques ont monopolisé l'attention lors de l'attribution des licences. Faut-il faire payer ces licences et comment en déterminer la valeur ? La première question ne fait pas vraiment débat. Le spectre étant un bien collectif limité et source de profit potentiel, il paraît naturel que son usage fasse l'objet d'une redevance versée à la collectivité. Dans un univers théorique d'équilibre général, certain et bien informé, une bonne technique d'enchères devrait révéler la valeur du bien public. Il y a sur ces points un large consensus des économistes. Mais ce consensus ne vaut que dans le cadre qu'il présuppose. Roger Guesnerie a montré¹² [6] que la nature de l'objet mis aux enchères, un marché nouveau, conduit à douter de l'efficacité de la procédure d'enchère. Si le secteur des télécommunications est un secteur régulé, pourquoi attribuer un nouveau domaine d'expansion à ce secteur par une pure procédure de marché ? Mais l'essentiel à nos yeux n'est pas là.

11. Cette question est plus longuement présentée au chapitre 2. Elle a fait l'objet du rapport du Conseil d'analyse économique *Enchères et gestion publique*, d'Elie Cohen et Michel Mougeot.

12. *op. cit.*

Ce qui s'est en définitive avéré le plus défavorable dans l'attribution des licences dans plusieurs pays européens (et qui est critiquable au regard de l'analyse économique), c'est principalement deux faits : d'une part la fixation d'un calendrier unique et contraignant pour tous les opérateurs, d'autre part la surcharge financière fixe imposée au départ (sans tenir compte de l'incertitude), dès lors que les montants sont élevés.

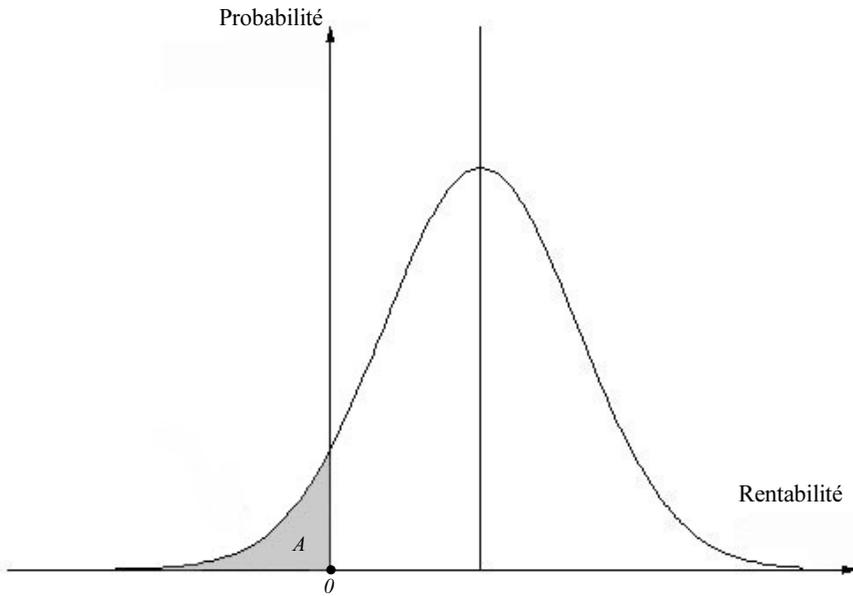
La fixation d'un calendrier précis et unique comportant des dates butoirs a contraint des entreprises de services de télécommunication à acquérir un bien public (en l'occurrence le spectre hertzien) à un moment où elles n'en ressentaient pas nécessairement le besoin dans leur cycle de développement. On prenait ainsi le risque de perturber l'économie du secteur et de provoquer des gaspillages économiques (obsolescence prématurée d'équipements antérieurs, préparation insuffisante, décisions contraintes dans un contexte très incertain). Les services de la Commission européenne en étaient conscients. Leur souci légitime était de faire en sorte que les États aient défini les conditions juridiques d'attribution du spectre à la même date, avant le 1^{er} janvier 2002. Mais la machine s'est ensuite emballée.

La deuxième critique du système des licences fixes découle directement de la théorie financière de l'investissement. Tout investissement présente bien évidemment un risque. Cela signifie que la rentabilité espérée du projet est une variable aléatoire. Dans cette variable, deux paramètres sont importants : d'une part, l'espérance de rentabilité, d'autre part, la « probabilité de ruine », liée à la distribution des probabilités de cette variable aléatoire. L'erreur principale du système retenu dans les grands pays européens était moins le principe d'une redevance payante que la vente en bloc et pour un montant fixe (et élevé), et à une date fixe, des licences d'exploitation. Cette méthode avait des conséquences défavorables prévisibles et qui se sont en effet produites.

La première conséquence était de diminuer l'espérance de rentabilité. Mais l'objectif était précisément de récupérer au bénéfice de la collectivité la rente permise aux opérateurs par l'usage du bien public. Non seulement cela n'est pas critiquable, mais c'est même souhaitable sur le plan économique. La deuxième conséquence était quant à elle très fâcheuse. Il s'agit de l'augmentation considérable du risque associé au projet (caractérisé dans la littérature par le « risque de ruine »). Il est facile d'en comprendre la raison à l'aide d'un graphique simple qui représente la distribution de probabilité de la rentabilité espérée du projet.

Le déplacement de la courbe de la rentabilité vers la gauche augmente très fortement le « risque de ruine » (la surface à gauche de l'axe vertical). L'accroissement est d'autant plus fort que la courbe est étalée, c'est-à-dire que l'incertitude sur la rentabilité future est grande. Or nous montrerons au chapitre 3 que c'est tout particulièrement le cas du projet UMTS. Les pertes de valeur associées à la montée du risque peuvent être considérables. L'évolution des *spreads* de taux des entreprises de télécommunications depuis le début 2000 illustre la montée du risque dans le secteur.

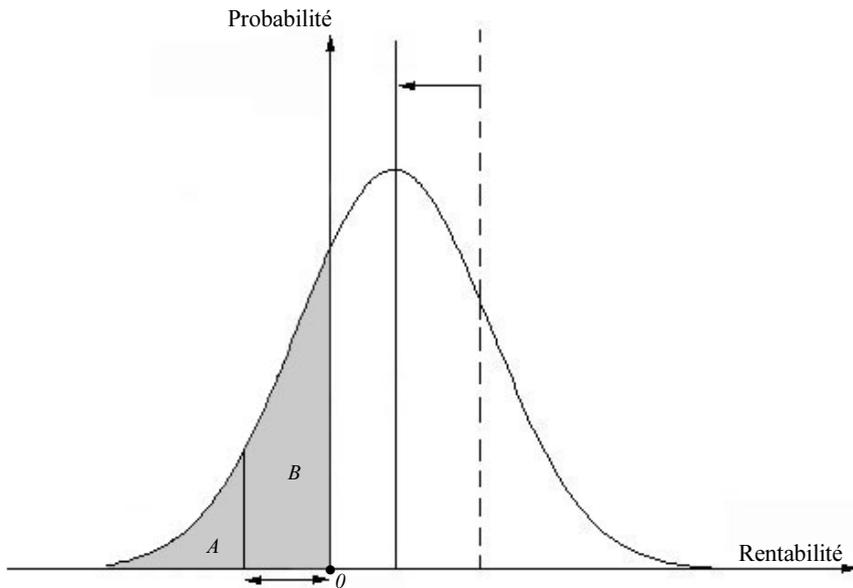
14. La distribution de la rentabilité avant prélèvement



Note : A = Probabilité de ruine avant prélèvement.

Source : Auteurs.

15. La distribution de la rentabilité après prélèvement



Note : A + B = Probabilité de ruine après prélèvement.

Source : Auteurs.

Or, la montée du risque est une perte collective. Le résultat incontournable était une augmentation du coût de l'endettement et une baisse de valeur des sociétés bien supérieure au prélèvement effectué. Cette évidence s'est confirmée bien au-delà de tout ce qu'on pouvait penser. C'est le risque (ou l'incertitude) qui est le problème majeur de l'UMTS. La seule réponse économique correcte était une redevance contingente, c'est-à-dire dont le montant soit lié au développement effectif du secteur. C'est la solution retenue en définitive et tout récemment par la France.

1.5. L'équilibre économique du projet UMTS

Nous examinons pour clore ce chapitre les quelques travaux disponibles sur l'équilibre économique prévisionnel de l'UMTS en nous inspirant des méthodes classiques de l'analyse de projet. Il s'agit d'estimer les flux futurs de recettes et de charges associés à la réalisation de l'UMTS et de calculer le résultat net actualisé du projet. Nous citerons d'abord deux études portant sur un « opérateur type » de réseau UMTS, puis nous proposerons une projection de l'ensemble du secteur français des télécommunications à l'horizon 2015.

1.5.1. Les études d'un « opérateur type » de réseau UMTS

Les rares études disponibles, souvent partielles, sur le sujet convergent généralement sur les idées suivantes.

Quatre sources de revenus de l'exploitation du réseau UMTS sont identifiées pour les opérateurs : le transport de la voix (les communications téléphoniques classiques), le transport de données (visiophonie, données numériques, image, son, etc.), les activités de portail (transposition au téléphone mobile des services Internet actuels), et divers autres services nouveaux (le positionnement géographique par exemple). Beaucoup d'incertitudes entourent l'évaluation de ces recettes futures. L'ensemble des hypothèses peut être résumé par l'ARPU. Une hypothèse retenue est que l'ARPU (pour l'usage du téléphone mobile) se maintiendrait au cours des quatre ou cinq prochaines années au voisinage de son niveau de départ par mois, monterait ensuite progressivement d'environ 10 % avant la fin de la décennie, puis beaucoup plus nettement (vers 60 euros par mois) en 2015 sous l'effet du développement de nouveaux services (l'ARPU au titre du transport de la voix seulement ne cesse de diminuer, de 33 euros par mois actuellement à moins de 23 euros d'ici quelques années).

Avec les hypothèses précédentes et d'autres hypothèses intermédiaires, le *cash flow* annuel moyen d'un opérateur-type serait négatif jusqu'en 2006. Le *cash flow* cumulé passerait par un point bas de plusieurs milliards d'euros en 2006. Il serait ensuite de moins en moins négatif, puis il deviendrait positif en 2011. La rentabilité du projet reposerait entièrement sur les excédents attendus au-delà de 2010. Ce résultat, que l'on retrouve dans différentes

approches confirme le caractère très aléatoire de la rentabilité attendue de l'UMTS. On ne peut pas exclure à long terme une forte rentabilité, mais le risque de perte est élevé.

1.5.2. Le marché français des services de télécommunication

Rappelons d'abord quelques données concernant le marché français des services de télécommunications, telles qu'elles résultent des enquêtes annuelles conduites par l'ART.

Le chiffre d'affaires global dans la fourniture de services de télécommunications a été de 36,42 milliards d'euros (238,9 milliards de francs) en 2000. Ce chiffre d'affaires comprend 6,19 milliards d'euros (40,6 milliards de francs) de services d'interconnexion, prestations entre opérateurs titulaires de licences, qui sont donc comptés deux fois dans le chiffre d'affaires agrégé, puisqu'elles sont comptabilisées une première fois en services d'interconnexion et une deuxième fois dans le coût facturé au client final. Hors services d'interconnexion, le marché des clients finals s'établit à 30,23 milliards d'euros (198,3 milliards de francs). La téléphonie fixe en représente 48,7 %, les services mobiles 27,7 %, les liaisons louées et le transport de données 10,1 %, les autres services 12,8 % (services avancés et ventes et locations de terminaux).

Les segments de marché s'inscrivent sur des tendances différentes. Le chiffre d'affaires du téléphone fixe plafonne alors que le chiffre d'affaires des services mobiles et le transport de données affichent des taux de croissance très élevés, de l'ordre de 30 à 40 % l'an.

Au total en 2000, le marché des services de télécommunications (y compris les services d'interconnexion comptés deux fois) représentait 2,3 % du PIB. Ce chiffre donne une indication du « poids » des télécommunications dans l'économie française, mais il ne représente ni la part du secteur des télécommunications dans la création de richesse nationale (la valeur ajoutée), ni la part du revenu national affecté à la consommation finale en services de télécommunications. Une partie en effet du marché des télécommunications (un peu plus de la moitié) correspond à des achats par les entreprises faisant l'objet de consommations intermédiaires. Cette partie est considérée du point de vue des opérateurs du secteur comme une vente à des clients, mais du point de vue de l'analyse économique il s'agit de consommations intermédiaires incorporées dans le prix de revient d'autres produits et services. Celles-ci n'apparaissent plus comme des services de télécommunication dans la demande finale (contrepartie du PIB). Le PIB ne comprend en fait que la consommation de télécommunications par les ménages et par les administrations publiques.

Cette observation entraîne deux conséquences :

- lorsqu'on s'interroge sur la « capacité d'absorption » future du marché en services de télécommunications, il faut garder à l'esprit que la de-

mande est gouvernée par deux logiques différentes. Une logique d'utilité marginale (et de coefficients budgétaires) pour les ménages, et une logique de fonction de production et de coût pour les entreprises. Si l'utilisation de nouveaux services de télécommunications permet des gains de productivité importants pour les entreprises, une substitution entre facteurs de production peut se produire et générer une forte croissance du marché des télécommunications sans que cela apparaisse dans la part de la demande finale en télécommunications (au sens des comptes nationaux) dans la consommation totale. C'est un enjeu important pour l'UMTS ;

- le concept d'ARPU est relativement hybride, puisqu'il ne comporte aucune distinction entre les utilisateurs résidentiels et les utilisateurs professionnels. Il est en outre différent de la notion de facturation moyenne au client final en raison des reversements de charges d'interconnexion.

Les tableaux suivants détaillent la situation du marché français. Le total facturé au client final, pour l'ensemble des services, s'élevait à 198,3 milliards de francs en 2000 (30,23 milliards d'euros).

2. Le marché français des services de télécommunications facturés au client final

	1998	1999	2000
Chiffre d'affaires des facturations directes au client final (en francs)			
• Téléphone fixe	96,9	98,8	96,5
• Services mobiles	26,5	37,1	55,2
• Internet (accès et commun)	1,0	2,3	4,7
• Liaisons louées et transport	11,9	12,3	17,0
• Autres services	20,7	23,6	25,3
• Ensemble	157,1	174,1	198,3
Nombre moyen de lignes ⁽¹⁾			
• Téléphone fixe	34,0	34,0	34,0
• Services mobiles	8,5	15,9	25,2
• Ensemble fixe et mobiles	42,5	49,9	59,2
Facturation moyenne par abonné ⁽²⁾			
• Téléphone fixe (sur un an, en francs)	2 850	2 905	2 838
• Soit en euros par mois	36,20	36,90	36,00
• Téléphone mobile (sur un an), en francs	3 110	2 333	2 190
• Soit en euros par mois	39,51	29,63	27,82

Notes : (1) Le nombre moyen d'abonnés au cours de l'année n est obtenu en faisant la moyenne entre le nombre d'abonnés au début et à la fin de l'année ; (2) Cet indicateur est différent de l'ARPU car une partie (80 %) des recettes au titre d'un appel du réseau fixe vers un mobile est reversée à l'opérateur de mobile.

Source : ART, rapport d'activité 2000.

La facturation moyenne au client final par abonné est proche de la stabilité pour le fixe et en forte décroissance pour le mobile.

L'ART distingue en outre à juste titre le chiffre d'affaires facturé directement au client final et le chiffre d'affaires des opérateurs de télécommunication, qui inclut des doubles comptes liés au marché intermédiaire de l'interconnexion, lorsqu'un appel transite par plusieurs réseaux téléphoniques.

3. Facturation au client final et marché intermédiaire d'interconnexion

En milliards de francs HT

	1998	1999	2000
Chiffre d'affaires des facturations directes au client final, dont :	157,1	174,1	198,3
• Services mobiles	26,5	37,1	55,2
Recettes perçues des autres opérateurs (interconnexion), dont :	14,0	29,1	40,5
• Opérateurs mobiles	10,6	16,3	21,2
• Opérateurs fixes et Internet	3,4	12,8	19,4
Chiffre d'affaires total des opérateurs (= 1+2), dont :	171,2	203,2	238,9
• Chiffre d'affaires total de la téléphonie mobile	37,1	53,4	76,4

Source : ART, Rapport annuel 2000.

Si l'on ajoute les recettes d'interconnexion soit 40,5 milliards de francs HT (perçues pour une large partie par les opérateurs de mobile) le chiffre d'affaires total (recettes brutes) des opérateurs de télécommunications s'élevait en 2000 à 238,9 milliards de francs (soit 36,42 milliards d'euros).

Le chiffre d'affaires total des opérateurs de téléphonie mobile s'est élevé en 2000 à 76,3 milliards de francs. Il est égal à la somme des facturations directes au client final (55,2 milliards de francs) et des recettes d'interconnexion (21,2 milliards de francs) qui proviennent pour l'essentiel des appels d'abonnés au réseau intérieur fixe. Environ 80 % du prix d'une communication fixe vers mobile sont en effet reversés à l'opérateur de téléphonie mobile. Les recettes d'interconnexion représentent donc 27,7 % du chiffre d'affaires total des opérateurs de téléphonie mobile.

Ce chiffre d'affaires moyen annuel par abonné de la téléphonie mobile est ainsi de 3 031 francs, soit de 38,5 euros par mois, en baisse de 30 % par rapport à 1998.

Le concept d'ARPU correspond au chiffre d'affaires total des opérateurs de télécommunication rapporté au nombre moyen d'abonné. Il était égal à 55,4 euros par mois en 1998, et a diminué en 2000 à 38,5 euros par mois et une nouvelle fois baissé à 33,9 euros par mois au premier trimestre 2001. Le recul tient au fait que la disposition à payer des abonnés supplémentaires est plus faible que la moyenne.

4. Détail des recettes des opérateurs de téléphonie mobile

	1998	1999	2000	1 ^{er} trim. 2001
Chiffre d'affaires total (en milliards de francs), dont :	37,1	53,4	76,3	nd
Recettes facturées aux abonnés, dont :	26,5	37,1	55,2	nd
• Appels vers international	—	1,3	1,0	
• <i>Roaming out</i> des abonnés	—	1,5	—	
• Recettes des SMS	—	—	1,2	
Recettes d'interconnexion, dont :	10,6	16,3	21,2	nd
• Recettes des appels provenant du fixe	9,0	11,8	14,4	
• Trafic international entrant (essentiellement <i>roaming in</i> des abonnés étrangers) ^(*)	1,6	4,5	6,8	
Nombre moyen d'abonnés au cours de l'année (en millions)	8,51	15,92	25,15	31,26
Revenu moyen et facture moyenne (en euros/mois)				
• Facture moyenne par abonné (2/4)	39,5	29,6	27,8	25,4
• ARPU : <i>average revenue per user</i> (1/4) (en euros/mois)	55,4	42,7	38,5	33,9

Note : (*) Le *roaming in* des abonnés étrangers : recettes versées par les opérateurs étrangers aux opérateurs mobiles français au titre de la prise en charge sur les réseaux des opérateurs mobiles en France des communications au départ ou à destination des abonnés mobiles étrangers. Ce trafic est incorporé dans les services d'interconnexion car il correspond à des reversements entre opérateurs.

Source : ART, Rapport annuel 2000.

Les opérateurs de téléphonie mobile ont un accord (qui sera réexaminé en 2002) selon lequel ils ne se reversent pas de frais d'interconnexion. Les seules charges d'interconnexion qu'acquittent les opérateurs de téléphonie mobile concernent les appels des mobiles vers le fixe (en moyenne 7 centimes la minute) et devaient représenter moins de 2 milliards de francs en 2000.

On observe que la recette moyenne du téléphone fixe est à peu près stable, que celle du téléphone mobile diminue sensiblement sous l'effet de la concurrence et de l'arrivée d'utilisateurs marginaux moins consommateurs de télécommunications. En revanche, le chiffre d'affaires des liaisons louées et des autres services de télécommunication augmente rapidement.

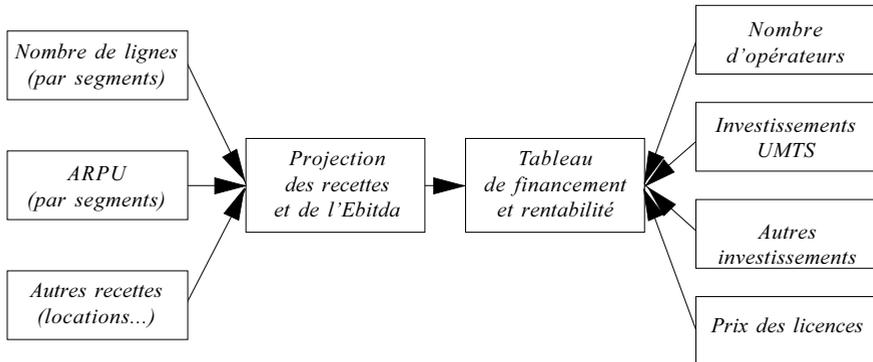
1.5.3. Une projection du marché français des services de télécommunications jusqu'en 2015

Le secteur des télécommunications est partout dans le monde en évolution rapide. En France, un opérateur historique (France Télécom) détient pour l'instant l'essentiel du marché du téléphone fixe, mais commence à

être concurrencé sur ce segment. Trois opérateurs nationaux exploitent des réseaux de téléphonie mobile, d'autres opérateurs exploitent des réseaux spécialisés ou locaux. Nous cherchons ici à explorer les perspectives d'évolution et d'équilibre financier du secteur pris globalement afin d'apprécier la capacité financière du secteur à intégrer la troisième génération de téléphone mobile.

Nous proposons d'abord un scénario central de référence en explicitant les hypothèses retenues, hypothèses qui sont bien sûr incertaines et discutables. Nous examinons ensuite la sensibilité des résultats obtenus à différentes hypothèses alternatives qui portent soit sur des paramètres d'environnement, soit sur des variables de politique économique. Nous utilisons pour cela un modèle simple dont l'architecture est la suivante :

16. Un modèle simple de projection économique du secteur



Note : L'Ebitda est le résultat avant intérêt, impôts et dépréciation.

La précision apparente des résultats proposés ne doit pas faire illusion. L'incertitude sur les hypothèses entraîne une incertitude encore plus grande sur les résultats. L'important est de mettre en place les ordres de grandeurs et d'évaluer la sensibilité à des hypothèses alternatives.

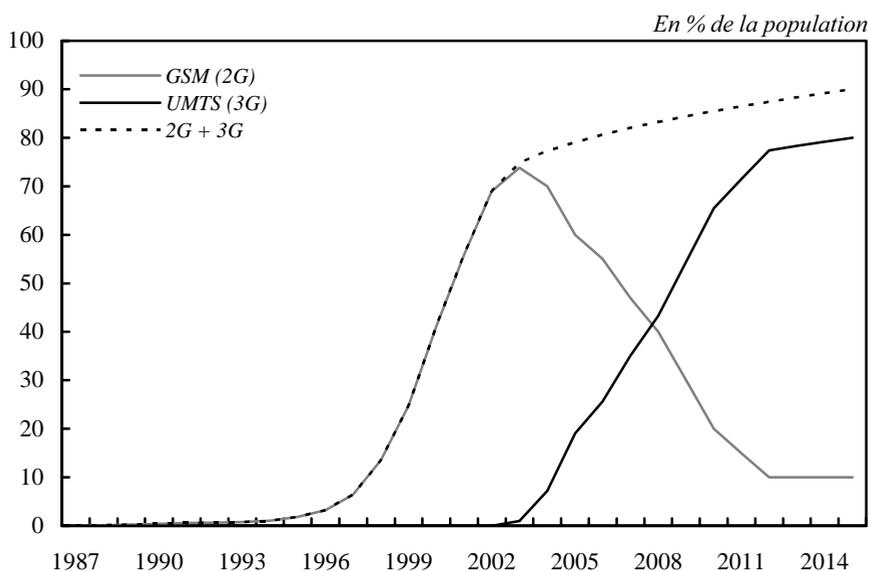
1.5.3.1. La projection centrale

Les hypothèses

La projection centrale repose sur les hypothèses principales suivantes. Les projections de population sont celles de l'INSEE ; la population française passerait de 60,9 millions d'habitants en 2001 à 64,0 millions en 2015, le taux de croissance démographique se tassant lentement au cours de la période. Pour le nombre de lignes, nous supposons que le nombre de lignes fixes est en très légère croissance à partir des 34 millions de lignes actuelles. Pour le téléphone mobile, nous prolongeons la courbe logistique du taux

de pénétration jusqu'à la saturation, que nous situons à 90 % de la population française totale. L'UMTS commencerait à se substituer au GSM de façon significative à partir de 2004. La vitesse de pénétration serait comparable à celle du GSM, le taux de pénétration passant de 10 à 70 % en environ six ans. Il faut souligner ici que la transposition de l'évolution du GSM à l'UMTS peut conduire à des conclusions trompeuses au moins en termes d'impact économique. Le GSM est venu s'ajouter au téléphone fixe pour l'essentiel. L'UMTS va se substituer au GSM au moins pour l'application principale qui est la conversation téléphonique. Son utilité et sans doute son impact seront probablement moindres.

17. Hypothèse d'évaluation du taux de pénétration de la téléphonie mobile 2G et 3G



Source : Auteurs.

Des hypothèses cruciales concernent l'évolution des recettes. Pour la téléphonie fixe, nous retenons une décroissance modérée des recettes de 2001 à 2005 sous l'effet du développement de la concurrence sur ce segment. L'ARPU reviendrait de 43,3 euros par mois en 2000 à un peu moins de 35 euros au milieu de la décennie, et se stabiliserait ensuite. Pour la téléphonie GSM (voix seulement et SMS), l'ARPU serait à peu près stabilisée en francs constants. Pour l'UMTS, nous avons retenu pour les premières années (2002-2003) un ARPU presque deux fois plus élevé que pour le GSM actuel (70 euros par mois pour l'UMTS les toutes premières années de lancement commercial), une baisse modeste de l'ARPU dans les premières années sous l'effet de la concurrence (environ 60 euros vers 2006-2010), puis une remontée de l'ARPU qui serait en fin de période 50 % au-dessus de l'ARPU correspondant à la voix seule. Au total, l'ARPU moyen

pour l'ensemble du mobile (GSM et UMTS) augmenterait en permanence à partir de 2003 sous l'effet du développement des services de télécommunications enrichis (de 36,2 euros par mois en 2003 à 62,9 euros en 2015). Pour les autres recettes (liaisons louées et autres services) qui représentent environ 15 % des recettes totales des opérateurs et se développent très rapidement, nous avons retenu une croissance très forte (à deux chiffres) en début de période, puis un alignement progressif sur la croissance du PIB en valeur dans la deuxième partie de la décennie.

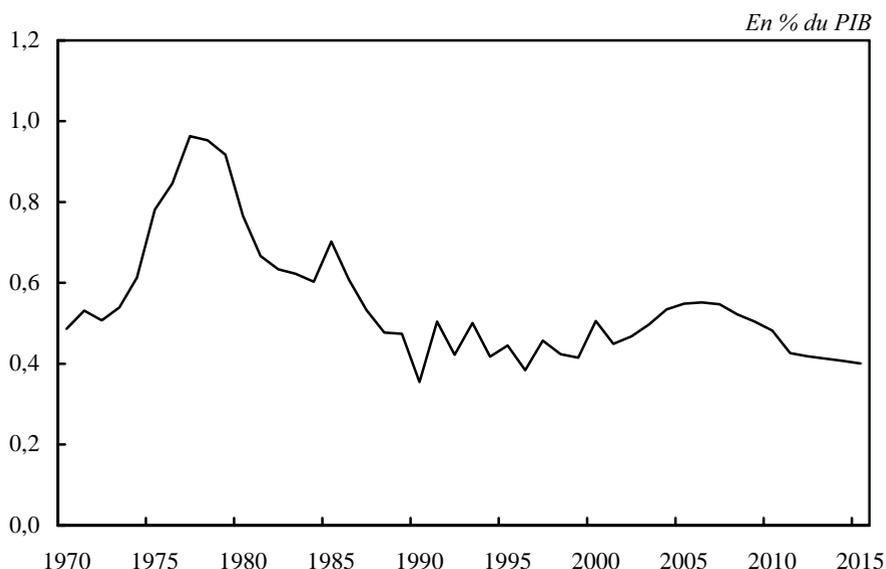
Pour élaborer un tableau de financement du secteur et calculer la rentabilité économique actualisée du secteur, il convient d'abord d'estimer l'excédent d'exploitation après frais financiers et impôt (Ebitda). Sur la base des observations du passé (dont on mesure combien il est aléatoire de les appliquer au futur), nous avons retenu un taux de marge sur recettes revenant progressivement à 28 % des recettes pour le téléphone fixe en 2005 (ce qui est un peu au-dessous du taux annuel) et qui se maintiendrait par la suite à ce niveau. Pour le mobile GSM, le taux de marge monterait à 27 % puis diminuerait à partir de 2007. Ce taux de marge deviendrait fortement négatif après 2010. Cette hypothèse illustre l'effet de substitution entre le GSM et l'UMTS à un moment où les investissements GSM ne seraient pas encore complètement amortis. Pour l'UMTS nous retenons un taux de marge qui suivrait (quinze ans après) une évolution analogue à celle du GSM dans sa phase de montée en puissance. Ces hypothèses sont évidemment discutables. Elles supposent qu'un niveau de concurrence suffisant soit maintenu sur le marché au cours de la période.

Un point qui mérite précision concerne à la fois les hypothèses d'ARPU et de taux de marge. L'un des espoirs mis en avant dans l'avenir de l'UMTS, qui justifie la remontée de l'ARPU, est la fourniture de services d'un type nouveau (dont la description est proposée en détail au chapitre 2). La plupart de ces services nécessiteront cependant des investissements en bases d'information et en dépenses commerciales qui pèseront fortement sur la marge d'exploitation. L'évolution supposée d'opérateurs de réseaux vers des fournisseurs (ou distributeurs) de services peut augmenter le chiffre d'affaires par abonné mais, en contrepartie, faire diminuer le taux de marge. Il convient donc de ne pas surestimer l'enjeu financier des nouveaux services. Notre hypothèse d'ARPU peut sembler élevée. Elle va avec une tendance à la baisse du taux de marge.

Nous prenons dans le scénario central l'hypothèse de référence de quatre opérateurs. Pour les investissements d'infrastructures et de réseaux au titre de l'UMTS, nous retenons un montant cumulé de 6,25 milliards d'euros (41 milliards de francs) entre 2000 et 2015 par opérateur, dont la moitié environ d'ici 2006 et le reste réparti linéairement sur la période restante. Pour les licences, nous retenons dans le scénario central de référence le chiffre de 4,95 milliards d'euros (32,5 milliards de francs) par opérateur, hypothèse initialement prévue par le gouvernement, répartis selon l'échéancier fixé lors de l'attribution des deux premières licences. Pour les autres investissements (fixe, GSM, autres services), nous retenons un taux d'investissements de 21 % des recettes correspondantes.

On notera que (hors coût des licences) le projet UMTS implique une vague d'investissement importante mais qui reste inférieure au rattrapage français des années soixante-dix. Ce projet qui a été réalisé par un monopole public largement soutenu par l'État était une priorité politique à l'époque.

18. Investissement des opérateurs de télécommunication en France, hors licences



Source : Calcul des auteurs.

La réunion de l'ensemble de ces résultats conduit à une projection de l'équilibre financier résultant des activités de télécommunication sur le territoire français, que l'on peut caractériser ainsi.

La projection centrale

Les sorties financières (investissements bruts et licences fixées comme il est dit précédemment) l'emportent légèrement sur la marge brute de 2001 à 2006. Le besoin de financement du secteur est faible ou négatif jusqu'en 2007. Pour le seul UMTS, le besoin de financement cumulé atteint environ 15,2 milliards d'euros (100 milliards de francs) en 2005. Il commence à se réduire ensuite et ne revient à zéro qu'au-delà de la fin de la décennie. Les résultats précédents montrent que l'équilibre approximatif du secteur pris globalement masque (et nécessite) des redéploiements internes très importants entre le fixe et le GSM d'une part, et l'UMTS d'autre part.

L'analyse économique complète doit aussi tenir compte du calendrier des entrées et sorties financières et par conséquent des coefficients d'actualisation. L'actualisation dégrade la situation dans la mesure où les excédents qui n'apparaissent que dans la deuxième partie de la période (en 2007 et au-delà) voient leur poids diminuer dans le total (l'actualisation conduite

sur la base d'un taux de 12 % divise les flux de 2007 par 2), alors que les investissements doivent être réalisés au début.

En conclusion, avec les hypothèses retenues, l'activité des télécommunications sur le marché français serait proche de l'équilibre en termes de rentabilité. Un indicateur de rentabilité est ensuite calculé en divisant le total des flux entrées-sorties actualisés par le total des investissements actualisés. Le ratio entre le flux net actualisé des entrées-sorties et les investissements (licences comprises à leur taux initial) actualisés est légèrement positif. Un point à rappeler une nouvelle fois est que cette rentabilité moyenne est obtenue grâce à des transferts entre le GSM et l'UMTS, le projet UMTS seul pouvant difficilement être rentabilisé. D'autre part, l'incertitude du scénario central est grande, le principal intérêt du modèle étant l'étude de variantes alternatives.

1.5.3.2. Scénarios alternatifs

Deux types de variantes sont envisagés, des variantes d'incertitude et des variantes de politique économique.

Variantes d'incertitudes

Les variantes d'incertitude peuvent porter sur l'ARPU et sur le coût des équipements.

Nous retenons une hypothèse alternative d'ARPU s'écartant de 10 % de l'ARPU de la projection centrale à partir de 2005 (avec un biseau d'ici à 2005). Cela revient à peu près à retenir 70 euros d'ARPU mensuel au départ puis une baisse modérée de l'ARPU de l'UMTS jusqu'à 63 euros en 2007.

Nous étudions aussi l'effet d'une hypothèse de diminution de 20 % du coût des équipements. Cette hypothèse peut correspondre soit à l'effet du progrès technique, soit à un partage des infrastructures de réseau entre opérateurs. L'idée du partage des infrastructures progresse actuellement et fait l'objet d'études notamment des services de la Commission européenne.

Les résultats sont présentés ici en variation de l'indicateur précité de rentabilité économique (après actualisation) par rapport à la projection centrale.

5. Résultats des variantes d'incertitude(*)

Variantes : hypothèses retenues par rapport au scénario central	Effet sur la rentabilité du secteur (variation en %)
ARPU 10 % supérieure à celle du scénario central	+ 2
Coût des équipements diminués de 20 % (partage d'infrastructures)	+ 3,2

Note : (*) Jusqu'en 2020.

Source : Auteurs.

Des recettes supérieures de 10 % aux hypothèses du compte central améliorent le taux de rentabilité moyen du secteur de deux points (et vice versa dans le cas de recettes inférieures).

Une baisse du coût des équipements de 20 % par mise en commun des équipements améliore la rentabilité de 3,2 points. Cette hypothèse est forte, dans la mesure où la mise en commun d'équipements ne diminue le coût pour chaque opérateur que de la moitié des équipements mis en commun.

Variantes de « politique économique »

Les variantes de politique économique portent sur le nombre d'opérateurs, les modalités de calcul des redevances de licence et la durée d'attribution de ces licences.

Nous avons aussi examiné l'hypothèse de trois opérateurs au lieu de quatre, en supposant d'une part que le marché total resterait inchangé (ce qui est certainement très approximatif) et d'autre part que le coût total des investissements et des licences était proportionnel au nombre d'opérateurs (il serait donc diminué dans le cas de trois opérateurs).

Nous avons en outre étudié l'hypothèse d'une redevance proportionnelle. La variante est établie sur l'hypothèse d'une de 2 % du chiffre d'affaires au lieu et place des licences à prix fixe initialement prévues (et abandonnées depuis peu). La décision retenue est une redevance de 1 % qui augmente légèrement l'impact sur la rentabilité du secteur. L'essentiel de l'effet vient du remplacement de la redevance fixé *a priori* par une redevance *a posteriori* liée au chiffre d'affaires. Au niveau où il se trouve, le chiffre précis du taux a relativement peu d'effet.

Nous avons enfin allongé à vingt ans la durée d'attribution des licences afin de tester l'impact de cette mesure (décision annoncée par le gouvernement français).

6. Résultats des variantes de politique économique^(*)

Hypothèses	Effet sur la rentabilité du secteur (variation en %)
Trois opérateurs au lieu de quatre	+ 6
Redevance de 2 % des recettes	+ 12,8
Licence attribuée pour vingt ans	+ 1,5

Note : (*) Jusqu'en 2020.

Source : Auteurs.

Comparaison des résultats des variantes

L'examen des différentes variantes simples précédentes montre que l'incertitude sur l'environnement (ARPU, coût des équipements) a moins d'effet sur la rentabilité que les paramètres politiques du secteur (une variante

simple est une variante dans laquelle un paramètre est modifié, tous les autres étant inchangés). Pour accroître les chances de succès, il fallait combiner au moins deux hypothèses.

Si l'on s'en tient aux paramètres de politique économique, les hypothèses de trois opérateurs (au lieu de quatre), d'une redevance proportionnelle au montant des recettes et d'un allongement à vingt ans de la durée des licences sont toutes trois favorables à l'équilibre économique du secteur. Le passage à une redevance proportionnelle a un impact positif très fort sur le résultat. Ce n'est pas son seul intérêt.

Nous avons en effet montré ci-dessus l'importance du risque dans les conséquences des choix opérés. Or les différentes hypothèses précédentes n'ont pas les mêmes conséquences sur le risque. Un allongement de la durée d'attribution des licences (de montant fixe) diminue peu l'incertitude sur la réussite technique et commerciale du projet. Une redevance proportionnée au chiffre d'affaires ne réduit certes pas l'incertitude technologique mais elle limite considérablement l'effet du risque commercial ; si on reprend notre graphique représentant la distribution de probabilité de la rentabilité, elle revient à déplacer la courbe de distribution non pas par une translation, mais par une affinité. Celle-ci augmente relativement peu le « risque de ruine » par rapport à la solution sans licence. C'était de loin, sur le plan économique, l'orientation la plus légitime. Nous l'avions préconisée depuis longtemps. On sait que le gouvernement vient de l'adopter. Afin de prendre en compte les nouvelles données économiques et industrielles, le Gouvernement a en effet décidé dans le projet de loi de finances pour 2002 de remettre à plat les conditions financières d'attribution des autorisations. Les redevances se composeront désormais d'une partie fixe, avec un « ticket d'entrée » fixé à 619 millions d'euros (4,06 milliards de francs) et d'une partie variable du chiffre d'affaires généré par l'activité UMTS des opérateurs, la durée des autorisations étant portée de 15 à 20 ans. Un appel à candidatures complémentaires destiné à attribuer les deux autorisations qui n'ont pu l'être en 2001 a été lancé récemment.

En résumé, il semble qu'une stratégie combinant une redevance proportionnelle, un encouragement au partage des infrastructures, un allongement de la durée des licences est de nature à mieux assurer la rentabilité du projet, notamment en cas de mauvaises surprises sur l'ARPU et sur le calendrier. On notera que dans le cas inverse, c'est-à-dire dans le cas de bonnes surprises (par exemple sur l'ARPU), l'État serait en tout état de causes bénéficiaire puisque les recettes publiques s'avèreraient d'autant plus élevées que le projet réussirait vite.

Réflexions sur le nombre d'opérateurs

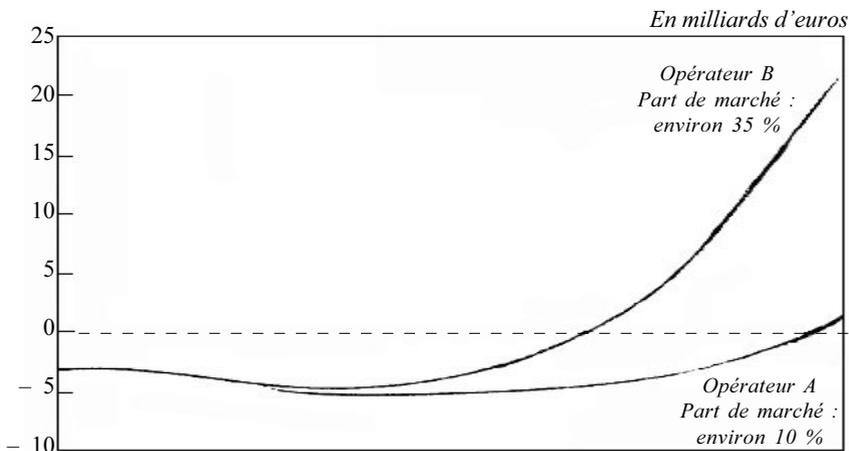
Le nombre optimal d'opérateurs n'a pas fait l'objet d'étude économique à notre connaissance. La règle implicite a été que le nombre d'opérateur UMTS devait être supérieur au nombre d'opérateurs GSM. La principale raison avancée était de susciter la concurrence pour l'attribution des nouvelles licences et d'apporter ainsi aux États le maximum de recettes publi-

ques. Cette considération a même conduit à augmenter de deux (ou à le proposer à une certaine époque en France) le nombre d'opérateurs. Ces orientations peuvent paraître surprenantes dès lors que la taille minimum efficiente d'un opérateur a plutôt augmenté entre le GSM et l'UMTS.

Les éléments à considérer sont d'une part l'intérêt de susciter une concurrence suffisante sur le marché des services de télécommunications par construction oligopolistique, d'autre part la viabilité des opérateurs et notamment des nouveaux entrants éventuels.

Le modèle précédent permet d'apporter quelques éléments de réflexion sur ce dernier aspect. Les projections réalisées suggèrent notamment que le marché français de l'UMTS serait globalement viable avec quatre opérateurs. Il ne dit rien en revanche sur la viabilité du plus petit des quatre opérateurs. Certains travaux antérieurs montraient qu'un certain seuil de part de marché doit être franchi pour assurer la viabilité.

19. Flux de trésorerie pour un plan de développement UMTS (coût d'entrée : 3 milliards d'euros)



Source : ADL estimates [8].

Le modèle ne permet donc pas de trancher entre trois et quatre opérateurs. La seule conclusion est qu'un marché à trois opérateurs serait plus assuré de la réussite mais que la moindre concurrence entraînerait probablement un prix de vente au consommateur plus élevé.

On notera que le même modèle transposé au marché allemand montre une très faible probabilité que six opérateurs puissent être viables, compte tenu notamment du prix élevé des licences payées. Il y a là un élément d'instabilité dont les conséquences peuvent peser sur l'ensemble du marché européen.

Chapitre 2

L'UMTS, un saut technologique

La volonté de développer la téléphonie mobile de 3G trouve sa genèse dans la précédente réussite des mobiles de 2G ainsi que dans les promesses offertes par le progrès technique.

La conjonction de trois événements que nous étudierons plus précisément dans ce chapitre et qui sont l'utilisation de nouvelles bandes de fréquences plus larges, la normalisation d'une interface radio spécifique et la compatibilité IP, vont rendre possible le « saut technologique » de l'UMTS. Ce « saut technologique » va également s'accompagner d'améliorations matérielles (écrans, batteries) permettant l'éclosion d'une toute nouvelle gamme de services (vidéo, musique).

En effet, dans un marché qui arrive à saturation, le « saut technologique » de l'UMTS qui élargit à la fois le champ des services offerts et permet de relancer une demande qui faiblit apparaît comme une solution idéale. En dépit d'un potentiel intéressant, son implantation reste toutefois subordonnée à des paramètres tant financiers que technologiques. L'objectif de ce chapitre sera de mettre en relief les différentes caractéristiques qui accompagnent l'arrivée de cette innovation et les préalables requis pour sa réussite.

Dans une première partie, nous étudierons les enjeux d'une normalisation, à travers les choix de bandes de fréquences et d'une technologie communes dans la téléphonie mobile, avec pour but principal de préparer la relance d'un marché devenu saturé. La deuxième partie traitera des différentes évolutions techniques depuis la propagation d'un signal jusqu'au développement de l'Internet mobile haut-débit. En réalité, il y a bien deux sujets : la technologie radio d'émission et de réception du signal et la compatibilité avec Internet. L'impact de ce phénomène sur la société de services et les perspectives offertes en termes de débouchés par l'UMTS fera l'objet de notre troisième partie. Nous aborderons dans la quatrième partie les différents modes d'attribution des licences relatifs à la mise en place de l'UMTS.

2.1. La normalisation

Dans un marché proche de la saturation, une normalisation dans la téléphonie mobile est vite apparue comme le meilleur moyen de relancer une demande qui faiblissait continuellement. Nous allons voir dans cette partie que cette normalisation passe par l'obligation d'adopter à la fois une bande de fréquences et une technologie commune à un niveau global.

2.1.1. Les choix des bandes de fréquences

L'adoption d'une bande de fréquence commune pour les téléphones de troisième génération est un des aspects fondateurs de l'UMTS. Nous allons voir dans cette partie les motivations d'une normalisation dans ce secteur.

En 1992, la Conférence mondiale des radiocommunications (CMR 92) définit au niveau global, dans le cadre de l'ambitieux projet *International Mobile Telecommunications 2000* (IMT-2000), une bande de fréquences pour accueillir les services de téléphonie future de 3G. En effet, les services de téléphonie mobiles de 2G alors en vigueur font preuve d'une grande disparité, tant sur le plan technologique que sur celui du choix de la bande de fréquences, laissés au libre choix des autorités régulatrices de chaque pays. Du fait de la diversité des systèmes 2G, un utilisateur n'a que peu de chances de pouvoir utiliser le même téléphone au-delà du territoire couvert par son opérateur domestique, y compris sur le marché le plus développé de l'époque, les États-Unis (absence de *roaming* mondial, voire au niveau national).

Pour obtenir cette unité, un des objectifs de la CMR 92 est justement de définir une bande de fréquences commune qui assurerait une continuité de service de téléphonie mobile dans le monde entier. Les opérateurs et les équipementiers seraient alors en mesure de réaliser des économies d'échelle dont bénéficierait, *in fine*, le consommateur.

La difficulté réside dans la disponibilité simultanée au niveau mondial de ces bandes ; en effet, dans de nombreux pays, elles sont fréquemment déjà affectées à d'autres usages qui ne peuvent être relocalisés que difficilement. Après d'âpres discussions, en particulier entre les États-Unis et l'Europe, la Conférence administrative mondiale des radiocommunications de 92 (CAMR 92) puis la CMR 95 désignent au plan mondial les spectres 1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz¹³ pour la mise en œuvre de l'IMT-2000¹⁴.

La normalisation répond donc à cette époque à un simple besoin de coordination, dans l'objectif d'offrir un service de téléphonie mobile mondial sans discontinuité au bénéfice du consommateur.

13. Soit un total de 230 MHz, les bandes 1980-2010 MHz et 2170-2200 MHz (60 MHz) étant affectées aux systèmes satellitaires, le solde de 170 MHz à la composante terrestre.

14. Cf. tableau de fréquences, p. 15.

Après l'adoption d'une norme technique et d'une bande de fréquences communes par les européens, le *Global System for Mobile Communications* (GSM), le mobile 2G se diffuse alors rapidement sur le continent, bien qu'avec un certain retard sur les États-Unis, puis dans le reste du monde. Ce succès est plus imputable à l'adoption d'une norme technique et d'une bande de fréquences communes qu'à sa supériorité technologique absolue. Ainsi, au début des années quatre-vingt-dix, la firme nord américaine Qualcomm développe le *Code Division Multiple Access-One* (CDMA-One), technologie supérieure au GSM en termes de capacité et de simplicité de déploiement. Toutefois, à la différence de l'Europe où les licences attribuées au début des années quatre-vingt-dix imposaient l'utilisation de la norme GSM (fréquences et techniques), les autorités régulatrices américaines n'appuient pas explicitement le CDMA-One, ce qui entraîne son relatif échec.

De leur côté, deux opérateurs japonais (DoCoMo et J-Phone) font le choix de deux normes exclusivement japonaises, le *Personal Digital Cellular* (PDC) et le *Personal Handyphone System* (PHS) (diffusion plus marginale), alors que le troisième opérateur local (KDDI) retient la technologie de Qualcomm. Ceci aura notamment pour conséquence de les marginaliser sur le marché mondial.

Devant la réussite de la téléphonie mobile, les enjeux industriels et concurrentiels deviennent plus manifestes, en particulier pour les européens. Les différentes parties prenantes (États, industriels) dans le secteur vont avoir intérêt à faire évoluer la négociation des bandes de fréquence décrites ci-dessus vers une norme universelle pour les technologies.

Ainsi, les autorités européennes tentent de relever deux défis :

- pérenniser la réussite commerciale des opérateurs et des industriels européens que le déploiement de la technologie GSM avait permise [1] ;
- capitaliser la réussite des téléphones mobiles pour rattraper le retard accumulé sur les technologies liées à Internet.

Dans le second cas, le GSM s'avère effectivement peu adapté au transfert des données numériques à haut débit (images, sons et, surtout, vidéo). Conçu initialement pour le transfert de la voix, nous verrons plus loin pourquoi le GSM ne peut répondre à ces attentes. Or, plusieurs études suggèrent qu'en 2005, les connexions à Internet se feraient par mobile, ordinateur et TV interactive à hauteur, respectivement, de 60, 30 et 10 %. Il est donc indispensable de développer une technologie capable d'assumer la fonction d'Internet mobile. Le futur protocole Internet (norme IPv6) doit rendre techniquement possible l'accès à Internet haut-débit par le mobile. En plus d'assurer une meilleure gestion de la mobilité IP, il permet également un nombre quasi-illimité d'adresses publiques et une plus grande sécurité dans les transmissions. On comprend donc que ce protocole est idéal pour développer un environnement favorable au *e-commerce*¹⁵ et à l'émergence de nouveaux services de qualité.

15. Commerce par Internet.

7. Marché mondial des équipementiers en télécommunications

	Pays	CA tous équipements télécom, en 1999 (en millions de dollars)	CA tous équipements télécom, en 1999 (en % du CA total)	Croissance 1999-1998 du CA total (en %)	Part de marché des terminaux mobiles, fin 2000 (en %)
Lucent	États-Unis	32 592	84	21,4	ND
Ericsson	Suède	26 017	100	12,1	10,3
Motorola	États-Unis	22 212	72	7,9	15,6
Siemens	Allemagne	21 973	32,9	35,1	5,5
Nortel	Canada	21 773	98	26,2	ND
Alcatel	France	19 891	86	3,3	5,6
Nokia	Finlande	19 681	100	43,7	27,5
Nec	Japon	15 309	31,6	38,8	ND
Cisco	États-Unis	12 154	100	43,7	ND
IBM	États-Unis	7 128	8,25	16	ND
Panasonic	Japon	ND	ND	ND	5,6
Samsung	Corée	ND	ND	ND	5,5
Sagem	France	ND	ND	ND	1,8

Sources : D'après [2] et Dataquest.

Dès lors, la création d'une norme 3G compatible avec le protocole IPv6 présente le double avantage pour les industriels européens de combler leur retard sur Internet mais également d'être en position avantageuse pour le *e* et le *m-commerce*¹⁶.

En ce qui concerne les industriels européens, bien que les préoccupations soient différentes, la création de la norme 3G serait également salutaire. En effet, victime de son propre succès, le marché de la 2G semble arriver à épuisement. Faut-il évoquer à ce titre une malédiction du succès du GSM ? Avec près de 540 millions d'abonnés au GSM dans plus de 170 pays fin juin 2001, dont 230 millions en Europe [3], le GSM représenterait à lui seul plus de 65 % du marché mondial des mobiles et plus de 70 % de celui des mobiles numériques [4]. Mais cette diffusion massive a pour conséquences :

- un taux d'équipement des particuliers proche de son plafond. Avec un taux de pénétration des téléphones mobiles 2G (tous standards confondus) de près de 63 % en Europe [5], le taux de croissance du marché est en net ralentissement. Ainsi, les cinq grands marchés européens des équipementiers

16. Commerce par mobile.

tiers n'ont progressé que de 7,3 % au 1^{er} trimestre 2001, contre 12,7 % sur la même période en 2000¹⁷. Ce ralentissement se vérifie au Japon et aux États-Unis (respectivement 5,1 et 3,5 %) ; seul le marché chinois connaît une accélération de 16 % sur la même période [6]. Au-delà des aléas conjoncturels (stocks accumulés par des opérateurs au cours de l'année 2000), l'achèvement probable de la substitution du mobile au téléphone fixe (taux d'équipement comparables) dès 2002-2003 (déjà le cas en France en septembre 2001 [7]) et la poursuite annoncée de l'échec commercial du WAP [8] ne laissent envisager que peu de perspectives de croissance. Dès 2003, avec un marché européen de plus de 325 millions d'abonnés et un taux de pénétration de 85 %, le potentiel de croissance du marché serait proche de zéro (cf. graphique p. 36) ;

- ce taux de pénétration du mobile sur le territoire induit mécaniquement une décroissance des achats des opérateurs européens et japonais auprès des équipementiers. Or, une nouvelle concentration du marché des fournisseurs d'infrastructures, déjà particulièrement oligopolistique (Ericsson, Alcatel, Lucent, Motorola, Nokia, Siemens), pourrait être fatale à la concurrence.

2.1.2. Du choix de bandes de fréquences à un choix technologique

Conscients de ce ralentissement sur le marché de la 2G, les industriels européens, en particulier les scandinaves (Nokia, Ericsson) leaders du marché des infrastructures mobiles, vont promouvoir au sein des instances communautaires une nouvelle norme (3G) qui leur apporterait un relais de croissance [1] à travers l'ouverture d'un nouveau marché. Cela ne sera possible que si les trois conditions suivantes sont réunies :

- afin d'obliger à un renouvellement *complet* des infrastructures, il est impératif d'adopter une norme incompatible avec les installations existantes. Dans cette optique, la technologie CDMA-One de Qualcomm, outre sa supériorité technologique par rapport au GSM, satisfait cette condition¹⁸ ;

- l'émergence d'un marché de renouvellement mondial de ces réseaux passe par la promotion de cette norme par l'Europe au sein des instances internationales ;

- enfin, les industriels européens doivent s'émanciper technologiquement et s'affranchir des brevets américains en développant leur propre technologie. C'est un des objectifs du 3^e *Generation Partnership Project* (3GPP) avec le W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*), variante de l'interface radio Qualcomm.

17. Ericsson anticipe une croissance du marché mondial des mobiles pour 2001 de 8 à 10 %, soit la moitié de l'année 2000. Le marché mondial serait inférieur de 50 millions d'unités par rapport aux prévisions initiales.

18. A la différence du GPRS (2,75G), la norme 3G adoptée en Europe nécessite une mise à jour du réseau de transport et un renouvellement complet des bases terrestres (sous-système radio).

Ce dernier point marque en fait une modification profonde des rapports de force entre, d'une part, opérateurs et industriels au bénéfice de ces derniers et, d'autre part, au sein des industriels avec l'entrée en scène du Japon.

Créé en décembre 1996, le Forum-UMTS souhaite créer un environnement technique et législatif favorable au succès commercial de la 3G en Europe. Cet organisme, dans lequel les opérateurs et les équipementiers représentent respectivement 37 et 26 % des membres [9], délègue à la *European Telecommunication Standard Institute* (ETSI) la standardisation d'un système 3G homogène au niveau européen : l'UMTS. En janvier 1998, l'ETSI sélectionne la norme W-CDMA¹⁹ comme nouvelle interface radio pour l'UMTS, qui n'est encore qu'un système 3G en devenir [10]. L'élaboration des spécifications techniques de l'interface est confiée au 3GPP, créé le 4 décembre 1998 sur l'initiative de l'ETSI. Cette structure fait apparaître un déséquilibre dans le rapport de forces entre opérateurs et industriels. Elle est placée sous la tutelle technologique²⁰ des principaux industriels du secteur (Ericsson, Nokia, Siemens, Alcatel, Motorola, Lucent, Nortel, Samsung, Panasonic-Matsushita, Fujitsu, Sharp, Toshiba). Les grands opérateurs, bien que présents, n'y sont que minoritaires. La nouvelle norme ne sera donc pas déclinée à partir des besoins réels des opérateurs mais plutôt de ceux des industriels.

Au sein même des industriels, le retour sur la scène mondiale du Japon va également provoquer une modification des rapports de force. En raison de l'adoption de normes confidentielles pour la 2G, celui-ci n'avait pas bénéficié de la croissance du marché mondial des mobiles. Décidés à prendre une position mondiale de premier plan à l'occasion de la 3G et sollicités par des opérateurs domestiques qui arrivaient à saturation de leurs bandes de fréquences [12], les groupes japonais d'électronique et de télécommunications (Mitsubishi, Sony, Panasonic-Matsushita) vont utiliser le 3GPP comme levier de leurs intérêts industriels.

En effet, antérieurement à la constitution du 3GPP, NTT avait lancé un appel d'offre pour un nouveau service de télécommunications, le *i-mode*, fondé sur les prémisses technologiques du W-CDMA alors en cours de développement au Japon, en y associant Ericsson et Nokia. Ces derniers, ralliés dès lors à cette technologie, en deviennent les promoteurs auprès des instances européennes à partir de décembre 1997, puis au sein du 3GPP créé un an plus tard, au détriment d'un standard spécifiquement européen qui aurait pu être développé en collaboration avec Alcatel et Siemens.

En 1997, en réponse aux sollicitations du 3GPP mais aussi d'intérêts politico-industriels divergents, les conférences de la CMR et de l'Union in-

19. Ainsi que sa déclinaison en mode TDD, la norme TD-CDMA.

20. Les rapports relatifs aux spécifications techniques émanant des groupes de travail dans le cadre du 3GPP (les TSGs) sont majoritairement préparés par des représentants de ces groupes industriels, voir [10].

ternationale des télécommunications en radiocommunications (UIT-R) retiennent, à défaut d'harmonisation totale, cinq normes d'interfaces radio terrestres, en grande partie incompatibles, pour les services du projet IMT-2000. La Communauté européenne décide alors que les réseaux 3G qui seront développés devront être conformes à l'une de ces cinq normes, dont au moins un réseau à la norme UMTS (noyau technique W-CDMA)²¹. La Conférence européenne des postes et télécommunications (CEPT), qui œuvre pour l'harmonisation européenne et l'élaboration de normes communes à soumettre à l'UIT, adopte le 30 juin 1997 les bandes de fréquences 1900-2025 MHz et 2110-2200 MHz pour le déploiement de l'UMTS²².

Après avoir obtenu des instances communautaires la validation de nouvelles normes, dont le W-CDMA, les industriels européens vont alors presser ces mêmes instances de fixer un calendrier particulièrement ambitieux pour le déploiement de la 3G sur le territoire européen. Cette demande, qui répond à des intérêts industriels privés, trouve un écho favorable auprès des instances communautaires. Ce qui s'explique au vue des objectifs des autorités évoqués plus haut et qui regroupe la consolidation de la précédente réussite européenne dans le domaine du GSM et le besoin de rattraper le retard accumulé sur les technologies Internet. Le 14 décembre 1998, le conseil des ministres de l'Union européenne impose alors une introduction rapide de l'UMTS dans tous les pays membres, avec comme date butoir le 1er janvier 2002, en laissant aux autorités nationales le soin de détailler les modalités d'attributions, nécessairement antérieures, des licences : « Les États membres prennent toutes les mesures pour permettre conformément à l'article 10 de la directive 97/13, l'introduction coordonnée et progressive de services UMTS sur leur territoire le 1^{er} janvier 2002 au plus tard et mettent en place un système d'autorisations pour l'UMTS le 1^{er} janvier 2000 au plus tard » [13]. Cette rapidité d'exécution va toutefois poser quelques difficultés.

La maîtrise technologique et financière d'un déploiement aussi rapide des services 3G se révèle problématique et fait intervenir deux argumentations *ex post* de la normalisation. Mais en fait, c'est de nouveau le problème des fréquences qui se retrouve au centre des discussions, notamment pour les opérateurs.

La première est fondée sur une « nécessaire » régulation des fréquences hertziennes en raison, au-delà des traditions de contrôle de l'information, de la rareté de la ressource et de son optimisation sociale. L'absence d'une régulation centralisée minimale pourrait conduire à des biais (spéculation, collusion [14], sous-allocation productive, présence d'externalités de

21. Cf. Conflit entre le Département d'État américain et la Commission européenne.

22. La décision 97(07) du Comité Radio (ERC) de la CEPT a identifié cette « bande-cœur » en respect avec le plan d'utilisation des fréquences préconisé par les CMR 92/95, à la seule exception de la bande 1885-1900 MHz déjà utilisée par le DECT (soit 15 MHz de moins pour la composante terrestre).

production et de consommation, en particulier pour les usages à haut débit [15]). La théorie indique que l'allocation de marché avec des externalités conduit à un optimum de second rang, ce qui justifie une organisation préalable des comportements [16].

Même si le bilan de cette régulation apparaît relativement mitigé (efficacité spectrale réduite des bandes de fréquences réservées aux usages militaires et aux transports aériens ; faible valorisation financière, sauf rares exceptions), une situation de pénurie justifierait un rationnement centralisé, selon une procédure précise restant à définir (choix autoritaire, soumission comparative, appel d'offre).

Le second argument en faveur d'une normalisation se trouve dans le problème de la saturation des bandes de fréquences allouées aux opérateurs GSM européens, notamment dans les zones urbaines denses. Parmi les opérateurs pourrait se produire un phénomène similaire à celui envisageable sur le marché des fournisseurs d'infrastructures : sur un réseau GSM proche de la saturation en raison des niveaux d'équipement atteints, l'addition de capacité marginale devient de plus en plus onéreuse. Il en résulterait une concentration des opérateurs et donc une disparition progressive de la concurrence.

8. Principales acquisitions dans la téléphonie mobile en 2000

	Acheteur	Cible	% acquis	Coût (en milliards d'e)
03/02	Vodafone (GB)	Mannesmann (DE)	100	171
24/03	France Télécom (FR)	MobilCom (DE)	28,5	3,7
14/04	British Telecom (GB)	Terfot (NL)	50	1,9
10/05	NTT DoCoMo (JP)	KPN Mobil (NL)	15	4
30/045	France Telecom (FR)	Orange (GB)	100	49,8
13/06	Telenor (NL)	Sonofon (DK)	53,5	1,8
23/06	Telia (SW)	Netcom (NW)	51	1,4
15/07	Vodafone (GB)	Airtel (SP)	43,5	11,1
18/08	British Telecom (GB)	Viag Interkom (DE)	45	7,3
08/11	Orange (FR)	Orange Com. (CH)	45	1,1
22/11	Vodafone (GB)	Swisscom Mobile (CH)	25	2,8

Source : D'après [17].

De fait, le développement des relais de croissance rendu possible par la normalisation éloignerait la menace d'une constitution d'oligopoles, cette fois sur le marché des opérateurs. Une ouverture sur ce marché, même si elle n'est pas évidente, pourrait éventuellement en découler.

La situation des opérateurs français semble résumer cette nécessité : France Télécom Mobiles (FTM) et SFR utilisent des fréquences GSM proches de la saturation (15 millions d'abonnés pour FTM contre 10 millions d'abonnés pour SFR) alors que leur licence respective arrive à échéance fin 2006. Pour ces opérateurs, il est devenu nécessaire d'avoir de nouvelles fréquences, que la demande de services de 3G se concrétise ou non. De même, Bouygues Télécom, tout en étant dans une situation moins pressante (6 millions d'abonnés et échéance de sa licence GSM fin 2009), reconnaît la primauté de la capacité sur la technologie [18]. À l'image des opérateurs français, l'attitude de plusieurs groupes européens [1] révèle donc une certaine ambiguïté : leurs candidatures pour l'UMTS étaient probablement d'abord motivées par la nécessité d'obtenir des fréquences supplémentaires pour les services 2G. L'argument de la saturation semble, *a priori*, suffisamment pertinent pour que les opérateurs aient accepté dans un premier temps de payer des licences 3G à des prix très élevés.

Cependant, ce problème de saturation pourrait rapidement se retrouver sur le marché du 3G. Effectivement, si les relais de croissance espérés par les équipementiers (diffusion massive des téléphones cellulaires en Chine et en Inde [6], applications plus consommatrices en bande passante dans les pays industrialisés) se concrétisent, les fréquences actuellement allouées à la 3G pourraient être à leur tour très rapidement saturées. Les premières études prospectives du Forum UMTS et du groupe de travail ERC/TG1 de la CEPT montrent que la demande totale en fréquences supplémentaires (non pourvues dans l'allocation actuelle de la 3G) identifiée à l'horizon 2010 serait, respectivement, de 187 MHz et de 160 MHz. Ces estimations sont probablement minorées car elles ne prennent pas en compte les usages futurs de la vidéo dont le débit est très supérieur à celui du texte, ni de la mobilité (plus consommatrice qu'un terminal fixe) ou encore de la diffusion commerciale qui nécessite plusieurs récepteurs miniaturisés par foyer. Selon des études plus récentes [19], les services hors voix seraient majoritaires dès 2006 et représenteraient 66 % des revenus de la 3G en 2010.

La justification de la saturation s'avère donc à double tranchant : les nouvelles bandes de fréquences qui ont été définies pour remédier à la saturation du 2G et déployer les services 3G seraient très rapidement insuffisantes, révélant après coup une analyse superficielle et précipitée en Europe des impératifs techniques de l'UMTS. Des bandes supplémentaires pour la 3G ont certes été proposées à la CMR 2000 pour compléter celles adoptées lors de la campagne CAMR 92 / CMR 95, mais la difficulté d'une coordination internationale se posera à nouveau, d'autant plus que certains pays n'envisagent même pas de mise à disponibilité des bandes de fréquences 3G initialement arrêtées avant 2004 (cas des États-Unis).

Nous avons donc analysé les enjeux et motivations qui rendent souhaitables la normalisation, tant sur le plan des fréquences que sur celui de la technologie, et qui vont conduire à la norme UMTS. Nous allons maintenant étudier les fondements technologiques de sa mise en œuvre.

2.2. La technologie radio de l'UMTS

L'UMTS est le fruit d'un processus faisant intervenir différentes méthodes de transmission du signal : c'est aux caractéristiques technologiques concernant l'UMTS que nous allons nous intéresser maintenant.

2.2.1. Les fondements technologiques

On commencera par une présentation assez générale des phénomènes de transmission du signal hertzien.

Un signal hertzien en propagation libre subit des atténuations en fonction de la distance entre émetteur et récepteur, de la fréquence utilisée et des propriétés spécifiques à chaque bande de fréquences. Compte tenu de ses propriétés radioélectriques, la plage 30 MHz / 3 GHz, est *a priori* adaptée aux usages de télédiffusion et de télécommunications mobiles ou fixes [20]. Il faut toutefois préciser que trois facteurs interviennent : le type de communication, le nombre d'utilisateurs et le progrès technique.

Selon le type de communications, il est intéressant d'utiliser le haut de la plage en raison du développement de circuits intégrés fonctionnant à ces fréquences et de la réduction des antennes nécessaires. Inversement, la propagation du signal aux fréquences élevées s'affaiblit progressivement hors visibilité directe ; elles sont donc relativement moins intéressantes pour les réseaux de type cellulaire.

Une seconde difficulté résulte de la présence simultanée de plusieurs utilisateurs sur des fréquences voisines. Plus la fréquence est élevée, plus le signal peut être canalisé aisément (meilleure résolution), mais plus l'espacement entre bande de fréquences doit être important pour éviter le brouillage (bandes indisponibles).

Enfin, le troisième facteur à intégrer est lié au progrès technique. Ainsi, les techniques de compression permettent d'augmenter les capacités d'exploitation intensives de la ressource par réduction de la largeur des bandes. On peut aussi améliorer l'écart entre canaux pour éviter le brouillage.

Nous avons vu précédemment qu'il faut trouver une bande de fréquences communes. Mais il faut également que celle-ci soit le mieux adaptée à un espace géographique et à un usage donné, en l'occurrence la téléphonie mobile. Cette bande de fréquence étant choisie, il faut alors mettre en œuvre une technique radio²³ pour optimiser l'émission et la réception. Trois techniques décrites précédemment sont disponibles²⁴.

23. L'architecture physique d'un réseau de télécommunications se décompose en deux parties :
• un sous-système radio appelé *base station sub-system* (BSS), qui recouvre la gestion des communications terminal/BTS/cœur de réseau ;
• un sous-système fixe, le *network sub-system* (NSS), auquel correspond les connexions du cœur aux autres réseaux (Internet avec interconnexion IP, RNIS...).

Afin de relier ces deux sous-systèmes, les réseaux 3G nécessitent une interface spécifique, le *Mobile Switching Center* (MSC).

24. Cf. p. 9.

Parallèlement à la technique de partage du spectre, les deux extrémités de la liaison radio peuvent communiquer selon deux modes alternatifs :

- en mode semi-duplex : sur un unique canal commun, chaque extrémité est soit en émission, soit en réception ;
- en mode duplex : chaque extrémité est simultanément en émission et en réception, ce qui nécessite alors deux canaux. On peut utiliser une bande de fréquences pour chaque canal (*frequency division duplex*, ou *FDD*) ; cette méthode, bien adaptée aux grandes cellules ou aux transmissions interactives d'égale intensité (vidéoconférence), nécessite deux bandes de la même largeur appairées. Il est possible de n'utiliser qu'une seule bande, mais alternativement dans chaque sens pendant des durées très courtes d'environ 1 milli-seconde (*time division duplex*, ou *TDD*) ; moins contraignante pour l'allocation des fréquences, elle s'avère plus adaptée aux petites cellules et aux utilisations asymétriques (consultation de pages web).

2.2.2. Du GSM au GPRS

En Europe, la téléphonie cellulaire numérique de la 2G a convergé vers une norme unique, le GSM. Aux États-Unis, probablement en raison de l'attitude de neutralité technologique adoptée par la *Federal Communications Commission* (FCC) dans l'arbitrage du marché, l'évolution du mobile analogique 1G au numérique 2G s'est au contraire traduite par l'éclatement d'une norme unifiée en trois différentes : le CDMA-One (majoritaire), le GSM (version américaine) et le TDMA.

Le GSM, qui s'apparente à une variante technologique du TDMA, est un système de commutation par circuits (*circuit switch data ou CSD*) conçu pour le transfert de la voix. Dans les systèmes CSD, un paquet est envoyé/réceptionné à un moment (*timeslot*) et une fréquence spécifiques à la communication considérée. En GSM, la ressource est donc immobilisée tout au long de la communication, qu'un signal soit émis ou non. Le débit obtenu en transmission de données est limité à 9,6 Kb/s, ce qui rend le GSM peu adapté au transfert de données numériques (images, sons, Internet).

Le HSCSD, qui permet un débit des services hors-voix trois fois plus rapide que la norme GSM apparaît parfois comme une étape intermédiaire entre le GSM et le GPRS.

Le GPRS est le système qui complète le GSM. Il va permettre de résoudre partiellement le problème lié au transfert des données numériques. Les réseaux qui exploitent le GPRS marquent le début des transmissions par paquets, plus rapide que le 2G (30 à 40 Kb/s). Fondamentalement, le GPRS est un système hybride²⁵ (2,5G) : l'utilisation du transfert de données par

25. Le GPRS est en fait une amélioration du réseau GSM. Il utilise la même interface mais différemment, le GSM pour la voix et les transmissions par paquets pour les données.

paquets reste limitée au réseau fixe. L'avantage procuré par le transfert par paquets, même restreint, est double :

- d'une part, la ligne n'est occupée que le temps de l'envoi du paquet, et non en continu comme pour le CSD. En contrepartie, chaque paquet doit être identifié par une adresse (d'expéditeur et destinataire). Le nombre de lignes potentiellement disponibles avec le GPRS devient donc supérieur à celui obtenu avec le 2G, à infrastructure matérielle identique ;

- d'autre part, pour une ligne donnée, tous les paquets sont répartis sur les 8 tranches de temps disponibles (exploitation de plusieurs *timeslots*) et non confinés à leur tranche de temps respective (au contraire du 2G). Un lissage maximal pourrait permettre un débit jusqu'à 8 fois supérieur à celui du 2G. Il ne s'agit toutefois que d'une hausse potentielle de débit, atteinte dans le meilleur des cas.

L'autre avantage du GPRS s'explique en termes d'infrastructures. Le GSM et le GPRS cohabitent dans les mêmes bandes de fréquences. Le GSM pour la voix et la partie radio du GSM pour les transmissions de données. Les seules modifications par rapport aux installations GSM concernent en fait le sous-système radio.

Une évolution logicielle des stations de base (BTS) est nécessaire afin d'assurer la séparation voix/données. De plus, il faut ajouter à la sortie de ce sous-système un convertisseur PCU (*Power Converter Unit*) transformant les signaux radio en données paquets. Enfin, il faudra procéder à des aménagements marginaux des antennes. Le coût total de cette évolution technique du GSM est très faible : environ 1 à 1,2 milliard €²⁶. Du côté de l'utilisateur, il est nécessaire de procéder au renouvellement du terminal mobile²⁷.

On voit donc que le GPRS constitue une première plate-forme technique pour les services que pourrait proposer un système intégralement par transmission de paquets (3G). En particulier, la ligne de communication étant libérée en l'absence d'envoi des paquets, la tarification au seul volume peut être appliquée. De plus, des évolutions logicielles telles que la compression pourraient permettre d'atteindre des capacités et un ensemble de services très proches de ceux du 3G [18]. Enfin, le GPRS est lui-même susceptible d'évolution vers une technologie supérieure : le *Enhanced Data Rates for GSM Evolution* (EDGE). Cette dernière présente un débit supérieur (en pratique 100 Kb/s) et nécessite une modification technique moindre que pour l'UMTS (elle est qualifiée à ce titre de 2,75G). Elle est en revanche beaucoup plus onéreuse que la conversion GSM/GPRS car elle nécessite une nouvelle technique de modulation. Potentiellement, l'EDGE pourrait s'intégrer aux réseaux GSM/GPRS en Europe ainsi qu'à l'actuel TDMA (2G) aux États-Unis.

26. Soit approximativement le dixième de celle des systèmes 3G.

27. FTM n'envisage de ce fait le lancement du GPRS en France qu'au plus tôt fin 2001 [21].

2.2.3. Du GPRS à la 3G

Les systèmes 3G (téléphonie cellulaire numérique *universelle*) généralisent la commutation par paquets à haut débit, théoriquement jusqu'à 2 Mb/s, à toutes les transmissions (accès Internet, musique, vidéo). À la différence des systèmes 2G, ceux de 3G procèdent à un partage à la fois temporel et spectral de la bande de fréquence selon la technologie CDMA et exploitent donc le « saut technologique » permis par cette méthode. La meilleure efficacité spectrale de la méthode CDMA par rapport aux méthodes TDMA/FDMA évoquée plus haut conduit à une très nette amélioration de la vitesse de transmission par rapport aux systèmes 2G (de l'ordre d'un facteur 10). Alors que le faible débit du réseau n'autorisait pas le WAP à offrir des services à forte valeur ajoutée, il est maintenant pertinent d'évoquer une réelle et rigoureuse gestion de la qualité.

En revanche, les technologies de partage du spectre sont incompatibles et imposent donc un renouvellement complet des stations de base (BTS), ce qui a un coût élevé. L'utilisation de nouvelles bandes de fréquences entraîne également des charges supplémentaires. Un second élément de coût provient du choix de fréquences de transmission plus élevées que celles retenues pour le GSM. Alors que la fréquence utilisée par le GSM est 900 et 1800 MHz, elle est typiquement de 2 200 MHz pour le 3G²⁸. Ceci implique une baisse de la taille des cellules. Pour obtenir une couverture géographique identique à celle existante pour les réseaux 2G, on doit alors plus que doubler le nombre de cellules. Au moins à court terme, ces différents coûts additionnels et l'incompatibilité technologique 2G/3G obligent à envisager la 3G comme une sur-couche au réseau GSM/GPRS pour assurer une continuité de couverture dans les zones où la 3G ne peut être assurée techniquement ou économiquement²⁹ [4]. Il faut de plus que les terminaux 3G soient bi-modes et supportent donc à la fois les technologies 2G et 3G, tant que la conversion complète des réseaux n'est pas effectuée [21].

Si les systèmes 3G sont prometteurs en termes d'efficacité de débit, on comprend bien qu'ils sont confrontés à de réels impératifs financiers. La suite va nous montrer qu'ils sont également confrontés à des impératifs techniques.

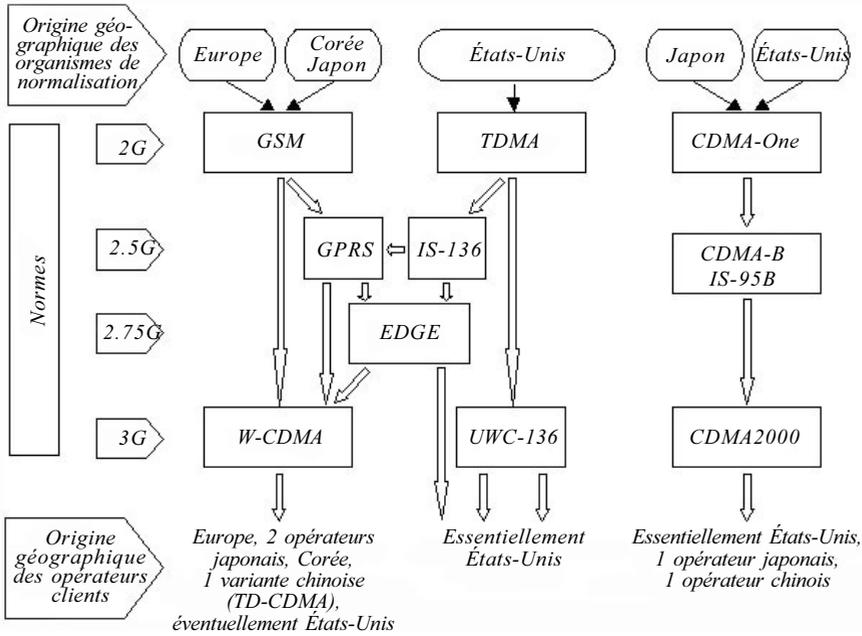
En réalité, et c'est là le principal paradoxe de la 3G, il n'y a pas de normalisation technique totale. Dans les faits, il y a trois grandes évolutions techniques possibles de la 2G vers la 3G, que nous retrouvons dans le graphique ci-dessous. Car, comme précédemment évoqué, l'IMT-2000 recouvre en fait cinq normes d'interface radio différentes pour la composante terrestre 3G : l'UTRA-FDD, l'UTRA-TDD, le CDMA2000, l'UWC-136

28. Cf. Fréquences CMR 92 et CMR 2000.

29. Il s'agit bien entendu de faire face aux problèmes de saturation dans les grandes villes et non d'installer le 3G dans des coins reclus du territoire.

et le DECT³⁰. Ces différentes normes d'interfaces radio pourraient donner lieu à plusieurs évolutions possibles des systèmes 2G vers le 3G.

20. Évolutions possibles des systèmes 2G vers le 3G



Sources : D'après [4], [18], [20] et [22].

30. Leurs principales caractéristiques techniques sont respectivement [22] :

- **UTRA-FDD** (UMTS Terrestrial Radio Access, ou W-CDMA, ou CDMA Direct Sequence) : norme définie par le 3GPP et présentée comme l'évolution haut débit du GSM (qui utilisait un partage du spectre selon la méthode TDMA). La largeur des bandes appariées est de 5 MHz, le débit de 384 Kb/s (avec un code unique par communication) jusqu'à 2 Mb/s en mobilité réduite (avec plusieurs codes variables). Le FDD est plus avancé en définition. Les opérateurs européens démarrent en FDD ;
- **UTRA-TDD** : version *Time Division Duplex* (TDD) de la W-CDMA. Une communication est distinguée par plusieurs intervalles de temps ou plusieurs codes. Le débit de 2 Mb/s est limité techniquement aux bâtiments et aux petites cellules urbaines. Le 3GPP a spécifié deux variantes : TD-CDMA (largeur de bande de 5 MHz, compatible avec celles du W-CDMA) et TD-SCDMA (probable largeur de bande de 1,6 MHz). Le TDD est utilisé par les États-Unis comme technique asymétrique pour les « pico cellules » et LAN radio à faible densité ;
- **CDMA2000** (ou CDMA *Multi-Carrier*) : norme (FDD) définie par le 3GPP2, d'assise essentiellement nord-américaine et présentée comme l'évolution haut débit de l'IS-95 (majorité des réseaux 2G, dits PCS, aux États-Unis), dont elle reprend la méthode de partage du spectre. Elle ne diffère fondamentalement du W-CDMA que par la comptabilité avec la 2G et les IPR ;
- **UWC-136** (ou TDMA *Single-Carrier*) : norme (FDD) spécifique aux États-Unis, définie par l'UWCC pour assurer la comptabilité entre le GSM/GPRS, le TIA/EIA 136 et une évolution vers la 3G ; le débit de 2 Mb/s pourrait être atteint pour les applications à faible mobilité ;
- **DECT** (ou TDMA/FDMA) : reprise d'une norme 2G (FDD et TDD) définie par l'ETSI.

L'appellation européenne de la 3G, l'UMTS, correspond *de facto* aux deux normes définies par le 3GPP : le W-CDMA et la variante chinoise TD-CDMA (issue en partie du TDMA). Le W-CDMA constitue l'essentiel des bandes de fréquences allouées aux opérateurs ainsi que la « vitrine technologique » européenne. Considérée de façon générique, la norme UMTS sera déployée sur tous les réseaux en Europe et en Corée du Sud, par deux opérateurs sur trois au Japon (NTT DoCoMo et J-Phone), par un opérateur sur trois en Chine (China Telecom), éventuellement par certains opérateurs nord-américains ; elle pourrait représenter environ 85 % du marché mondial de la 3G. Logiquement, les constructeurs développent en priorité des équipements compatibles avec les normes retenues par la majorité de leurs opérateurs domestiques : les européens, japonais et coréens se concentrent donc sur le matériel conforme au W-CDMA, alors que les nord-américains se focalisent sur celui compatible avec le CDMA2000.

2.3. Les services attendus de l'UMTS

Un attrait majeur du déploiement de l'UMTS réside dans sa contribution en termes de nouveaux services. Effectivement, la société de services dans laquelle nous évoluons majoritairement devrait connaître une impulsion avec l'imminence de la téléphonie mobile de troisième génération.

Du point de vue des instances communautaires, relayées en cela par les autorités consultatives et législatives françaises, l'UMTS offre l'opportunité de la réalisation d'une société de l'information et de ses effets induits en termes de développement, d'intégration économique et d'amélioration du bien-être du consommateur à l'échelle européenne. Précisément, l'UMTS devrait :

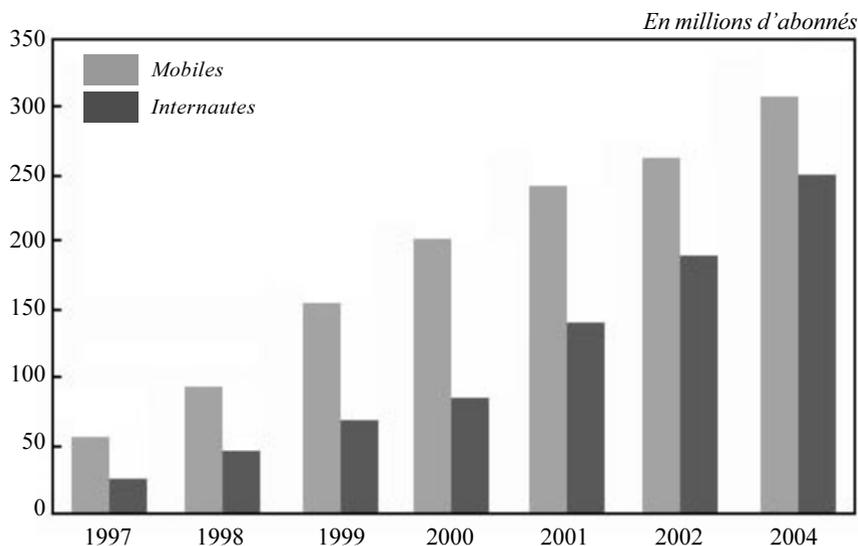
- permettre à tous les consommateurs européens d'accéder à l'ensemble des services Internet [29], [30]. Bien que, début 2001, près de 19 % des résidents français soient connectés à Internet depuis leur domicile³¹ [31], l'accès mobile à Internet fait explicitement partie des obligations de services des opérateurs dans les modalités d'attribution des licences françaises [32], [33]. L'Europe comptait en avril 2000 plus de deux fois plus d'abonnés mobiles que de connexions fixes (sur PC) à Internet, ce qui laisse en effet envisager un potentiel de développement élevé ;

- stimuler la création d'emplois dans l'Union à travers le rattrapage des services de données et, plus généralement, les nouveaux débouchés offerts aux entreprises européennes. Ce phénomène se retrouve directement dans les industries et services Internet et indirectement en amont et en aval de ces activités. Ces espoirs se fondent probablement sur le succès du déploiement du GSM qui, selon certains auteurs [17], aurait engendré 445 000 emplois en Europe depuis 1996. Cet objectif de contribution à l'emploi est de nouveau évoqué en France [32], [33] ;

31. Avec des inégalités selon la CSP et, surtout, l'âge (dans ce dernier cas, à la différence des États-Unis).

- accélérer la convergence technologique entre, d'une part, télécommunications et Internet et, d'autre part, réseaux fixes, mobiles et satellitaires [26]. Cette convergence technologique devrait à son tour participer au développement du marché unique et au désenclavement des économies rurales [5]. Du point de vue français, cela devrait permettre de répondre aux préoccupations liées à l'aménagement du territoire [32], [33] ;
- améliorer les services existants ou en offrir de nouveaux aux consommateurs : un choix plus large, des prix plus bas, des services à domicile, développer le multimédia mobile avec «itinérance» nationale et internationale [32], [33].

21. Évolution comparée des mobiles et de l'Internet en Europe de l'Ouest



Source : ART [34].

On retrouve la multiplication des services suscités par l'UMTS dans la liste des services évoqués par les opérateurs et les équipementiers. Celle-ci est longue, allant de la simple reproduction de ceux existants aux visions les plus utopiques [3], [7], [26] et [35]. La synthèse suivante affine l'essentiel des grandes catégories retenues par l'UMTS Forum [36], en ventilant les services qui constituent une évolution progressive de la 2G à la 3G de ceux dont l'apparition est directement conditionnée par les capacités techniques de l'UMTS.

Il convient néanmoins d'apporter quelques précisions quant à l'utilisation de ces services.

9. Transition des services 2G/3G

2G	3G
<i>Équivalent direct ou évolution</i>	
Communication en temps réel entre usagers <ul style="list-style-type: none"> • Voix 	<ul style="list-style-type: none"> • Voix • Visiophone • Téléconférence • Jeux vidéo interactifs • Basculement voix/visiophonie
Messagerie entre usagers <ul style="list-style-type: none"> • SMS • Consultation des e-mails 	<ul style="list-style-type: none"> • Messagerie multimédia (MMS) • Forum de discussion • Messagerie unifiée • Archivage sur site • Intranet de l'entreprise
Assistance personnelle	<ul style="list-style-type: none"> • Agenda et répertoire centralisé • Commande vocale, pense bête • Dictaphone
Services utilisateurs <ul style="list-style-type: none"> • Assistance téléphonique • Itinérance 	<ul style="list-style-type: none"> • Télé-assistance multimédia • Signal des dépenses • Commande vocale • Multi-session • Itinérance
Services d'informations et divertissements <ul style="list-style-type: none"> • Météorologie • Musique 	<ul style="list-style-type: none"> • Actualités, météo, bourse • Téléchargement • Vidéo, musique
<i>Totale nouveauté</i>	
Assistance et localisation personnelle	<ul style="list-style-type: none"> • Orientation et localisation statique • Téléguidage, trafic routier • Visio-surveillance • Domotique, alerte • Télé-diagnostic médical • Vie sociale
Assistance et localisation pour l'entreprise	<ul style="list-style-type: none"> • Réseau privé virtuel • Gestion de flotte • Suivi de personnel • Contrôle des dépenses • Connexion entre machines
Services opérateurs de communication	<ul style="list-style-type: none"> • Planification de réseau • Optimisation des ressources radio • Gestion de la tarification
Paiement	<ul style="list-style-type: none"> • Télépaiement • Rechargement de carte prépayée • Carte privative de paiement • Commerce à distance

Sources : D'après [7], [26], [35] et [36].

Une première précision concerne l'environnement domestique virtuel (*Virtual Home Environment* ou VHE). Ce service particulier [10] consiste en une ergonomie personnalisée (accueil, données, services, actions et accès automatisés) compatible avec une parfaite mobilité, voire un changement d'opérateur. Deux spécificités le caractérisent :

- sur le plan technique, il nécessite la mémorisation de l'identification de l'abonné (grâce au support USIM *Universal Subscriber Identity Module*) et des profils que ce dernier prédéfinit. Il y a donc appropriation par l'utilisateur d'une partie (infime) du service ;
- le législateur français a adopté une position qui protège le consommateur contre des facturations excessives : le VHE est explicitement requis dans le cahier des charges des opérateurs si la norme technologique le permet [32], [33].

La seconde précision est relative à la complémentarité admise *a priori*, et non à une possible substitution intégrale, entre services fixes et mobiles. En particulier, si certaines applications Internet étaient communes à l'accès fixe et au mobile, le premier subsisterait pour les applications à large bande, alors que le dernier serait plutôt dédié aux applications de positionnement [26]. Cette dernière application n'étant pas unique, elle représente tout de même un atout majeur.

Il existe plusieurs éléments qui conditionnent la diffusion des nouveaux services 3G.

Le premier élément est l'ergonomie des technologies en contact direct avec l'utilisateur. Celle du terminal semble décisive [26] : elle concerne les écrans (larges, couleur, tactiles), l'aptitude au multimédia (souris, visiophonie), une capacité minimale de reconnaissance vocale et textuelle (tant au clavier qu'à l'écriture manuelle). Cela suppose une maturité matérielle (*webcam*) et logicielle (dictionnaire et capacité d'apprentissage) et, donc, un renouvellement fréquent du parc. En France, SFR se montre sur ce point très volontariste, comme le souligne l'ART [37] : « SFR insiste sur les initiatives qu'elle prévoit visant à favoriser le remplacement tous les 18 mois des terminaux de ses clients afin d'accélérer leur transfert vers la 3G ».

La vitesse d'accès aux services Internet a également son importance. Dans cette optique, celle du GPRS, bien que qualifiable de 2,5G, constitue un premier test des services qui pourraient être offerts ultérieurement sur les réseaux UMTS. Ces services doivent précisément intégrer l'accès mobile pour ne pas se cantonner à de simples transpositions de ceux en usage domestique. Un dernier aspect, trop souvent négligé, est celui de l'interface entre la téléphonie mobile et les systèmes d'exploitation des bases fixes utilisateur (PC). Le transfert réseau mobile/PC apparaît en fait comme un élément crucial de la conversion à l'Internet mobile des utilisateurs déjà familiers de l'accès fixe, éventuellement aux bases de données de leur entreprise, ce qui nécessite une compatibilité XML/HTML. Celle-ci permet la création, la transmission et l'interprétation de données entre différentes ap-

plications. Ceci ramène le cœur de l'enjeu aux systèmes unifiés, tels que le protocole IPv6 décrit plus haut. Les connexions avec d'autres périphériques (PAD fonctionnant sous les OS Windows CE, Palm ou Psion ; appareil photographique, caméra, clavier, écran) par liaison hertzienne faible distance relèvent en grande partie des mêmes exigences.

Le second élément est la sécurité. Sur le plan des transactions commerciales, il s'agit de la confidentialité des communications [26] car elle conditionne en partie³² le développement du paiement à distance et du commerce mobile (*m-commerce*), en marge de l'offre de base (partenariat avec des portails ou des fournisseurs de contenus).

Bien qu'un réseau hertzien ne bénéficie pas de protection physique³³, deux types de réponses peuvent cependant satisfaire cet impératif : d'une part, le chiffrement de données, via les applications SAT³⁴ (*SIM Application Toolkit*) ou USAT (*Usim Application Toolkit*) ; d'autre part, la facturation globale des achats par l'opérateur, ce dernier gardant à sa charge le reversement de la somme correspondante aux commerçants partenaires en suivant le modèle du système du kiosque sur le Minitel). Cette solution rencontre actuellement un certain succès en Finlande, mais pour des sommes encore modestes. Par contre, elle induit une relative dépendance des sites marchands envers l'opérateur à travers la délivrance par ce dernier du crédit client du commerçant (sans pour autant le couvrir) et, éventuellement, des obligations de partenariat.

Sur le plan éthique, la sécurité renvoie à la protection de la liberté du citoyen en regard des capacités des services de positionnement, qui pourraient être utilisés à l'insu et au préjudice de l'utilisateur. Conformément aux usages en vigueur (directive européenne 97/66/CE, philosophie de la CNIL³⁵), les autorités consultatives et législatives françaises ont intégré des clauses de protection de l'utilisateur envers le positionnement [32], [33].

Le troisième élément concerne les attentes tarifaires de la clientèle. Deux éléments déterminants sont à relever. Tout d'abord, le prix des terminaux et des options associées est particulièrement sensible puisqu'il s'agit de la première dépense engagée. Les opérateurs s'engagent généralement à subventionner l'achat des terminaux par le consommateur (prix envisagé de l'ordre de 100 € pour le modèle de base) contre des engagements de durée minimale d'abonnement³⁶. De même, la possible désactivation à distance du

32. A noter que d'autres paramètres telles que l'intégrité, l'authentification, etc. interviennent dans le succès du commerce mobile.

33. Sachant qu'un réseau câblé subit déjà les risques de piratage et de virus.

34. Standard ETSI permettant d'effectuer du *e-commerce* en utilisant le GSM pour la transaction.

35. La Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) a pour mission de veiller au respect de la loi « Informatique et libertés ».

36. Soit une subvention au moins égale à celle appliquée pour les systèmes 2G.

poste (SIMLock), incluse comme protection contre le vol, serait gratuite après six mois d'abonnement sur demande de l'utilisateur déclaré, ce qui lui laisserait alors la possibilité de s'abonner auprès d'un autre opérateur.

Ensuite, une distinction du système de tarification devra être envisagée entre, d'une part, la gamme voix pour laquelle il est nécessaire de conserver une cohérence de prix avec la 2G et, d'autre part, les services de données/multimédia, spécifiques à la 3G, pour lesquels plusieurs systèmes peuvent coexister (au volume, envisageable dès le GPRS, à l'acte, à l'abonnement³⁷). De façon similaire aux options relatives au terminal, une dégressivité des tarifs en fonction de la consommation semble logique. Compte tenu de ces différentes alternatives, la transparence tarifaire sera donc un élément clé de réussite³⁸ [26]. Ces différentes attentes tarifaires, particulièrement bien satisfaites en Finlande avec de faibles coûts de communication et d'abonnement auprès du réseau mobile (3,36 € contre 13,43 € pour le téléphone fixe), pourraient y expliquer une part importante du succès du mobile (65 % de la population équipée) et des nouveaux services de type 3G en cours de développement [38].

La réussite commerciale ne se limite pas aux seuls éléments évoqués ci-dessus. Elle nécessite aussi une segmentation précise du marché, mettant l'accent sur la valeur client [26].

Un premier découpage, retenu par le Forum UMTS [26], [36], distingue trois modèles de développement selon leur positionnement dans la chaîne de valeur des services clients disponibles :

- le premier, focalisé sur l'accès, s'adresse aux usagers d'Internet expérimentés, demandeurs avant tout d'un accès rapide sans l'intermédiaire d'un portail ;
- le deuxième est l'approche portail. Elle concerne des usagers d'Internet moins expérimentés, peu exigeants en termes de vitesse d'accès, friands d'accessibilité aisée, d'informations et de loisirs personnalisés ;
- enfin, le troisième modèle correspond aux services spécialisés Internet et/ou mobiles. Ses utilisateurs sont demandeurs de valeur ajoutée spécifique (services de localisation, SMS, etc.).

Une seconde segmentation, apparemment plus appropriée en Europe qu'aux États-Unis [31], se réfère à l'âge. Selon une enquête menée par AD Little [35] en janvier 2001 dans l'Union européenne, l'attention accordée à l'UMTS est fortement modulée en fonction de la tranche d'âge : alors que 72 % des moins de 25 ans se déclarent intéressés, cette proportion décline progressivement à 55 % pour les 25-34 ans, puis 42 % pour les 35-49 ans, pour descendre à 32 % pour les personnes de 50 ans et plus. Si cette seg-

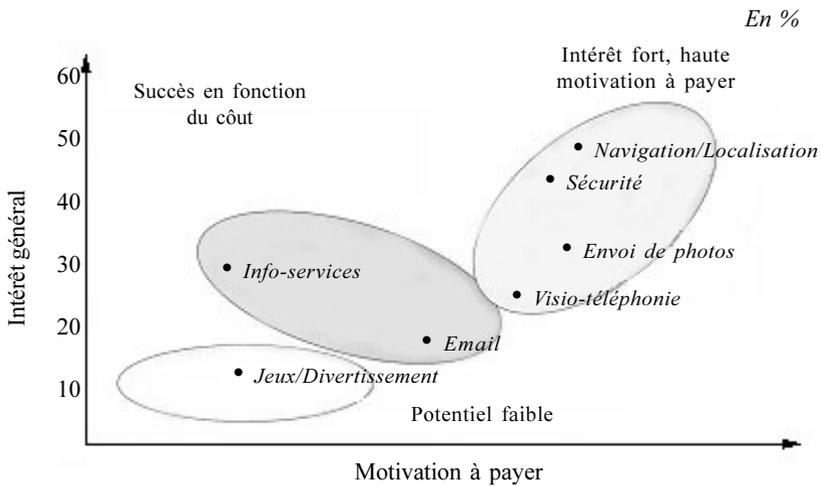
37. Pour une offre complète, le consommateur se déclare prêt à payer 50 % plus cher en 3G que 2G [35].

38. Cf recommandations de l'ART pour Internet mobile.

mentation présente l'intérêt d'apporter une nouvelle interprétation à l'inégalité d'accès selon l'âge, elle souffre de l'inconvénient majeur d'un raisonnement hors pouvoir d'achat.

Une segmentation alternative, proposée par Ericsson sur la base d'une enquête menée en France en novembre 1999 auprès de possesseurs de mobiles, relativise l'intérêt accordé aux services, en grande partie fonction de l'âge et de la CSP de l'utilisateur, selon la motivation à payer. En ce qui concerne ces services, il convient de noter qu'il subsiste une différence notable entre demande notionnelle et demande effective.

22. Le potentiel de différents services Internet mobile



Source : Ericsson ConsumerLAB, [7].

Les services actuellement disponibles, majoritairement gratuits, reflètent la structuration en cours de l'offre : annonces de tarifs préférentiels sur une zone, informations et aides à la navigation routière, annuaire local. Les premières opérations de télépaiement se cantonnent aux mouvements entre comptes du même titulaire, ordres de bourse, achats de voyages et biens culturels, enchères et paris, quelques micro-paiements. La mutation vers les services payants s'effectue progressivement. Les premiers à émerger rapidement sont les échanges SMS, qui représenteraient déjà en Europe près de 10 % du revenu des opérateurs 2G [5]. De nouvelles offres payantes ont été annoncées au cours des mois de septembre et octobre 2001 sur le marché français par les opérateurs GSM (FTM, SFR, Bouygues Telecom) ou de nouveaux entrants issus de l'informatique (Microsoft), tout en affrontant la concurrence des sites gratuits financés par les annonceurs publicitaires.

D'autres services mobiles sont attendus dans un avenir proche. Plusieurs groupes médias (AOL-Time Warner, Bertelsmann, Vivendi) devraient proposer rapidement des services mobiles d'écoute musicale (Universal Music

10. Revenus prévisionnels par service 3G en Europe

Revenus en millions de dollars (% revenus mondiaux)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Informations et Loisirs personnalisés	17 (ns)	253 (36,14)	3655 (63,02)	5123 (45,74)	6585 (38,74)	11505 (36,07)	16876 (35,09)	17682 (32,93)	21044 (32,73)	27601 (32,17)
Accès mobile Intranet/Extranet	0 (ns)	305 (33,89)	1865 (60,16)	1826 (30,95)	2442 (28,73)	4381 (28,63)	6681 (28,31)	9305 (27,29)	12881 (27,18)	16377 (26,98)
Messages Multimédias (MMS) personnels	5 (ns)	91 (45,50)	1061 (66,31)	1496 (41,56)	1893 (37,12)	3247 (36,90)	4315 (36,57)	4614 (34,95)	5333 (34,63)	6081 (34,16)
Accès mobile Internet	0 (ns)	77 (38,50)	477 (59,63)	538 (35,87)	679 (30,86)	1181 (30,28)	1772 (29,53)	2402 (27,61)	2589 (26,97)	3767 (26,53)
MMS d'entreprise	1 (ns)	13 (ns)	211 (52,75)	359 (39,89)	822 (37,36)	2089 (36,65)	3731 (36,22)	5739 (34,78)	7691 (34,64)	8624 (34,50)
Services de localisation	0 (ns)	11 (ns)	433 (61,86)	896 (49,78)	1145 (42,41)	1374 (35,23)	1997 (34,43)	2283 (33,57)	2619 (33,58)	3321 (33,55)
Voix enrichie/visiophonie	0 (ns)	0 (ns)	1 (ns)	41 (41,00)	321 (45,86)	489 (34,93)	1471 (35,02)	2803 (34,60)	4653 (34,21)	7054 (33,91)
Voix simple	33 (33,00)	346 (34,60)	3980 (62,19)	5226 (42,15)	6719 (36,12)	12326 (33,96)	17925 (33,07)	18626 (30,94)	22082 (30,54)	26488 (30,17)
Revenu Total	56 (ns)	1096 (36,53)	11683 (62,14)	15505 (41,46)	20606 (36,15)	36592 (34,13)	54768 (33,40)	63454 (31,52)	78892 (31,23)	99313 (30,84)

Source: D'après Telecompetition Inc. [19], in [43].

Mobile en France), d'achat de disques, de DVD ou de réservation de places de concert. L'étape suivante serait un enrichissement de ces services avec de courtes séquences animées : cartes postales électroniques animées, bandes annonces de films, soldes de dernière minute des agences de voyages ou enchères en ligne avec visualisation du produit, résumés de journées de championnats sportifs.

Devant cette accélération de la vitesse de débit et cette diversité des services à venir, on peut se demander s'il y aura transcription aux services mobiles du schéma d'affaires qui s'esquisse pour l'Internet fixe : développement progressif des achats en ligne³⁹ [31] et augmentation du temps moyen de connexion parallèlement à celle du débit [31], [39]. Il semblerait qu'une connexion continue augmente la consommation par actes spontanés (*i.e. i-mode*) ; sur un plan technique (possible facturation au volume et débit élevé), le GPRS pourrait satisfaire ces pré-requis.

Plusieurs études sur l'évolution des services mobiles ont été menées. Les différentes projections ([35], [40], [41] et [42]) avancent des hiérarchies des différents services à peu près cohérentes ; en revanche, il ne s'agit que d'études peu homogènes en termes de services étudiés, d'années de projections ou de chiffres d'affaires prévisionnels. L'étude la plus complète disponible à ce jour est celle menée pour le compte de l'UMTS Forum par Telecompetition Inc. en février 2001. Tous services confondus, l'Europe serait en 2010 le second marché mondial en termes de revenus, après l'Asie-Pacifique, mais avant les États-Unis et le reste du monde. Une synthèse de cette étude est proposée ci-contre.

Face à l'approche commerciale pertinente correspond, du côté de l'offre, la structure de marché. Comme évoqué précédemment, l'éclatement de la chaîne de valeurs des télécommunications pourrait conduire à un nouveau positionnement des opérateurs par rapport aux différents intervenants [43] :

- soit l'opérateur est au centre, perçoit les redevances de l'utilisateur, des revenus de la publicité transitant par les portails et un intéressement au CA des fournisseurs de services ;
- soit l'opérateur concède ce rôle centralisateur au profit des *Mobile Virtual Network Operators* (MVNO), qui deviennent alors leurs seuls interlocuteurs et clients directs.

Un des éléments déterminants de ce positionnement relatif sera le mode de facturation institué. À terme, trois modèles dominants pourraient coexister [43], [44] :

- un modèle global, type kiosque Minitel, qui perpétue le rôle central de l'opérateur et peut constituer un frein à la diffusion, l'élasticité-prix de l'utilisateur ne pouvant être différenciée selon la prestation. Ses grandes qualités sont la sécurité, évoquée précédemment, et l'homogénéité de la qualité ;

39. 12 % des utilisateurs français d'Internet réaliseraient des achats en ligne [31].

- une rémunération directe acquittée par l'utilisateur auprès, d'une part du fournisseur de service et, d'autre part, de l'opérateur au titre du transport de données. Le prestataire gagne en indépendance et une part importante de la valeur ajoutée. Ce schéma pourrait s'imposer dans le *m-commerce* des biens numériques (musique, logiciels) ;
- une facturation au client exclusivement par le fournisseur de services, qui négocie directement le prix du transport de données avec l'opérateur. Ce cas correspond à celui des ISP.

L'avance du Japon dans le domaine de l'Internet mobile nous pousse à observer sa situation de plus près. En effet, l'expérience japonaise de l'Internet mobile (bas débit) est riche d'enseignements en raison de son succès : près de 37 millions d'utilisateurs en moins de deux ans d'existence sous les marques respectives des trois opérateurs locaux (*i-mode* de NTT, *EZWeb* de KDDI, *J-Sky* de J-Phone) [45]. Le premier fait marquant est la pertinence de la segmentation par âge : plus d'un tiers des abonnés ont moins de 25 ans, plus des deux tiers moins de 35 ans. Ce segment, familier avec la technologie et d'un niveau de vie aisé, regroupe les premiers consommateurs de SMS : 88 % de ces abonnés en sont des utilisateurs réguliers [41]. L'usage est effectué majoritairement à titre privé : seuls 20 % des abonnements sont assurés par des entreprises. Toutes classes d'âge confondues, les SMS sont utilisés par 60 % des abonnés ; viennent ensuite les jeux, les dialogues en direct, les économiseurs d'écran, les services de réservations, d'informations bancaires ou financières. Il s'agit fréquemment d'applications ou de transactions de courte durée, simples et aisées d'accès (nombre de clics). De nouveaux services apparaissent progressivement : *applets java* (2,5 millions de terminaux java commercialisés de janvier à mai 2001), services de connexion entre réseaux (navigation embarquée, consoles de jeux, supérettes, DAB (distributeurs automatiques de billets)).

Le deuxième fait marquant provient de son offre de services. Celle-ci est caractérisée par sa largeur (40 000 sites Internet accessibles, dont 1 500 référencés, sur le portail de NTT DoCoMo en juin 2001), son renouvellement régulier et sa totale compatibilité : la très grande majorité des services est proposée par des sites spécifiquement dédiés au mobile et non conçus comme de simples déclinaisons de sites Internet fixe. Inversement, tous les sites Internet mobile sont accessibles depuis les navigateurs PC. Les opérateurs pratiquent une politique ouverte vis-à-vis des prestataires de services, en laissant gratuitement toute latitude aux fournisseurs de contenu en HTML. De plus, la sécurité du mode de tarification (type kiosque) apparaît adaptée pour stimuler le développement du micro-paiement [46].

Les nombreux terminaux disponibles, réalisés par des équipementiers issus de l'électronique grand public, sont ergonomiques et de bonne qualité technique : écrans couleur lumineux, apparition du son FM, de caméras CCD et de systèmes de positionnement, compatibilité avec les *applets java*, batterie longue durée et composants fiables. Le fait que les terminaux soient « propriétaires » (impossibilité technique de changer d'opérateur) ne semble pas un obstacle à leur diffusion, probablement en raison de leur prix modeste.

Enfin, l'abonnement aux services mobiles, constitué d'un forfait de base et d'une tarification au volume, est peu onéreux : il ne représente environ que 15 % du total de la facture de l'abonné moyen. Cette incitation tarifaire est avancée comme une des explications majeures de l'usage intensif de la messagerie et induirait, de plus, une augmentation de celui de la voix (+ 10 %) des abonnés Internet mobiles.

Fort de cette expérience, NTT DoCoMo prévoit le début du lancement de son service 3G haut débit au Japon pour le 1er octobre 2001. Ce dernier serait destiné en priorité aux entreprises et reposerait sur un mode de facturation modulable (soit en fonction du temps de connexion, soit en fonction du volume avec un forfait de base plus élevé).

Le succès du Japon dans l'Internet mobile semble donc reposer sur une segmentation adéquate du marché, une offre de services large, une ergonomie adaptée des terminaux et une politique tarifaire favorable à son développement.

Le succès promis aux services a toutefois pour préalable la mise en place effective de la norme UMTS, ce qui fera l'objet de la partie suivante, ainsi qu'une incertitude liée aux besoins réels du marché décrite dans le chapitre 3.

2.4. La mise en œuvre et l'attribution des licences

La mise en œuvre de la norme UMTS passe évidemment par l'attribution de licences. Les procédures utilisées pour cette attribution dans les États membres de l'Union européenne ayant constitué l'un des cas les plus importants analysés dans le rapport précité du CAE *Enchères et Gestion Publique* d'Élie Cohen et Michel Mougeot, on se limitera ci-après au bref historique suivant.

Au niveau communautaire, les principes généraux de qualification pour l'attribution des licences, arrêtés dès 1997 [47], [48], ont pour objectif de favoriser la concurrence au bénéfice des utilisateurs finals (couverture géographique et offre de services). Deux axes essentiels en découlent :

- les procédures d'attribution se doit d'être non discriminatoires, en particulier vis-à-vis de nouveaux entrants, et transparentes. La seule limitation, envisagée *a priori*, du nombre de candidats potentiels ne peut donc découler que de contraintes techniques (spectre disponible) [49] ;
- la diffusion sur le territoire de l'Union doit être la plus large et la plus homogène possible, ce qui suppose un déploiement simultané dans tous les États membres et l'assurance d'une itinérance européenne, voire mondiale, en adoptant les bandes de fréquences harmonisées par la CEPT.

À l'issue de la publication en 1998 de son *Livre vert sur les fréquences*, la Commission ne parvient pas, en revanche, à faire adopter une procédure

unique d'attribution. La décision du 14 décembre 1998 [13], fixant en particulier les échéances de publication des procédures et d'introduction des services 3G, reprend ces principes d'ouverture à la concurrence et d'itinérance, tout en laissant chaque État membre élaborer les modalités d'attribution des fréquences et des licences rattachées. En l'absence de position commune, deux méthodes principales émergent : les appels d'offre (enchères) et la soumission comparative (pour une discussion détaillée sur cette alternative, voir le rapport précité *Enchères et gestion publique*).

Au niveau de la France, L'ART [20], [54] entame en février 1999 une consultation sur l'introduction de la 3G et propose une première synthèse en septembre 1999. Ces travaux sont finalisés en février 2000, en collaboration avec le Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie (DiGITIP), dans le cadre de la Commission consultative des radiocommunications (CCR). Le 07 mars 2000, l'ART transmet au Gouvernement une proposition, suggérant de retenir quatre opérateurs, par voie de soumission comparative, pour un montant total de redevances de 15 milliards de francs (2,29 milliards d'euros) et une durée de quinze ans [1].

Deux éléments sont à relever :

- la préférence accordée à la soumission comparative est en accord avec les recommandations des organismes consultatifs internationaux [50] et les avis exprimés par la grande majorité des participants à la concertation préalable. En particulier, l'ART [1] fait valoir que cette procédure permet de satisfaire simultanément l'intérêt du consommateur, l'avenir de l'industrie, les intérêts patrimoniaux de l'État, ainsi que les impératifs d'égalité des citoyens et des territoires ;

- le choix de quatre opérateurs en France est justifié, d'une part, par des contraintes techniques : seuls 40 MHz pouvaient être libérés dès 2002, les bandes de fréquences pour un usage FDD devant être attribuées par lots de 2x5 MHz par opérateur [49] ; d'autre part, en regard des perspectives prévisibles du marché.

Cette première proposition de l'ART, transmise au Gouvernement avant l'ouverture des enchères anglaises, n'a pas été publiée. Cependant, le résultat de ces enchères conduit l'ART, de façon informelle avec le Gouvernement [1], à confirmer sa préférence pour la soumission comparative, à l'occasion d'une conférence de presse, le 11 mai 2000. Elle s'interroge notamment sur la rationalité économique des anticipations de certains acquéreurs, la répercussion de cette charge financière sur le succès de la 3G et l'éventuel recul de la concurrence qui pourrait en découler. Le 6 juin 2000, le gouvernement entérine la position de l'ART pour la soumission comparative et le nombre d'opérateurs⁴⁰, mais fixe la redevance à 32,5 milliards de francs (4,95 milliards €) par opérateur et sur quinze ans, payables pour moitié sur

40. Le dossier de presse du même jour évoque les aspects concurrentiels, techniques et d'aménagement du territoire [55]. A l'occasion du débat budgétaire du 20/09/00, la contrainte technique deviendra l'ultime justification d'une limitation à quatre licences [56].

les deux premières années et pour le solde sur les treize années suivantes. Dans la conjoncture économique et la valorisation boursière du secteur des télécommunications alors en cours, l'ART considère cet objectif de recettes élevé mais raisonnable [1].

Le 28 juillet 2000, l'ART soumet au législateur les modalités et conditions d'attribution des licences, globalement en accord avec les recommandations de l'UMTS Forum [48] et tenant compte des nouvelles dispositions financières susmentionnées [32] : attribution de quatre licences selon quatorze critères de sélection (voir ci-après) dont, en particulier, des obligations de couverture minimale (20 % de la population en deux ans, 60 % en huit ans) et l'absence de modification substantielle de l'actionnariat durant l'instruction. Enfin, le 18 août 2000, le ministre chargé des télécommunications publie l'avis d'appel à candidatures [33].

Cependant, la conjoncture économique de l'époque ne va pas favoriser le déroulement de cette méthode d'attribution. Amorcée par l'éclatement de la bulle Internet en mars 2000, les perspectives se dégradent très rapidement au cours du second semestre dans le secteur des technologies de l'information. Le niveau d'endettement des opérateurs européens, dont la viabilité était fondée sur une valorisation élevée des abonnés mobiles, apparaît soudainement excessif.

11. Critères de sélection retenus par l'ART et performances des candidats

	FTM	SFR	Barème
Date d'ouverture commerciale et couverture à cette date	13	14	15
Offre de services	37	42	50
Relations avec les fournisseurs de services	20	24	30
Relations avec les abonnés et les utilisateurs de services	11	13	15
Offre tarifaire	11	12	15
Dimensionnement du réseau	11	12	15
Ampleur et rapidité du déploiement du réseau	80	85	100
Qualité de service	12	11	15
Aptitude du projet à optimiser l'utilisation des ressources en fréquence	11	11	15
Capacité à fournir aux utilisateurs un service d'itinérance internationale	13	11	15
Actions visant à préserver l'environnement	11	13	15
Emploi		18	25
Cohérence et crédibilité du plan d'affaires	54	64	75
Cohérence et crédibilité du projet	74	80	100
Total	379	410	500

Source : [37].

12. Conditions d'attribution des licences 3G dans l'Union européenne

	Recette totale milliards (*anticipé)	Nombre proposé	Nombre attribué	Durée en années	Recette par habitant	Mode d'attribution	Nombre opérateurs GSM/DCS
Allemagne	50,8	6	6	20	610	AO	4
Autriche	0,832	6	6	20	102	AO	4
Belgique	0,450	4	3	20	45	AO	3
Danemark	0,51	ND	4	ND	?	AO	4
Espagne	0,52+%	4	4	20	13	SC + P	3
Finlande	0	4	4	20	0	SC	3
France	9,9 (19,8*)	4	2	15	340	SC + P	3
Grèce	3,2*	3	?	15 à 20	?	AO	3
Irlande	en cours	4	?	15 à 25	0?	SC	3
Italie	12,16	5	5	15	210	AO	4
Luxembourg	en cours	4	?	?	0?	SC	2
Norvège	0,2	4	4	20	49	SC	ND
Pays-Bas	2,68	5	5	fin 2016	170	AO	5
Portugal	0,4	4	4	15	40	SC	3
Royaume-Uni	38,4	5	5	20	624	AO	4
Suède	4,7.10-5	4	4	15	0	SC + P	4
(Suisse)	0,128	4	4	15	23	AO	ND
Total	> 134	—	—	—	—	—	—

Notes : SC : soumission comparative / SC + P : soumission comparative + paiement / AO : appel d'offre. Les astérisques correspondent aux chiffres prévus ou estimés (exemple de la France avec 4 licences prévues, mais deux octroyées).

Sources : D'après [3], [5], [18], [57] et [58].

Cela déclenche tout d'abord un renchérissement du coût de leur crédit, puis une forte baisse de leur valorisation boursière, relayée par celle des équipementiers fortement engagés par le biais de crédits fournisseurs accordés aux opérateurs. Finalement, deux des quatre candidats potentiels à l'attribution d'une licence 3G en France se désistent ; seuls FTM et SFR déposent une candidature le 31 janvier 2001. L'ART instruit ces dossiers dans les conditions prévues et publie le 31 mai 2001 le résultat motivé de sa sélection. Courant juin, le ministre chargé des Télécommunications délivre les autorisations.

Au niveau européen, la recommandation émise par le Forum UMTS, suggérant de découpler le nombre de licences GSM de celui de la 3G pour stimuler la concurrence [48], a été majoritairement suivie.

13. Conditions d'attribution des licences 3G dans le reste du monde

	Prix total	Nombre proposé	Nombre attribué	Soumission / Service	Bénéficiaires / Remarques	Mode d'attribution
Corée du Sud	1,3 trillion Won x 3 ?	ND	3	Mi-2002	Korean Telecom (Corée) SK Mobile Phone (Corée) LG (Corée)	SC
Hong-Kong	En cours	3	?	Mi-2001	?	AO
Japon	0	ND	3	Mi-2001 à mi-2002	NTT DoCoMo (Japon) J-Phone (Japon/RU) KDDI (Japon/États-Unis)	ND
Taiwan	En cours	5	?	Fin 2001	?	AO
Singapour	55 millions \$ x 3	ND	3	ND	3 groupes locaux	SC
Australie	1,17 milliard AUD	ND	6	ND	CKW Wireless, Telstra, Hutchison Tel. (HK), Optus, 3G Investments, Vodafone	ND
USA et Canada	ND	ND	ND	Mi-2002	Pas de spectre de fréquences spécifique à la 3G	ND
Am. du Sud	ND	ND	ND	Début Fin 2001	Plutôt compatible IMT-2000	ND
Russie	ND	ND	ND	Pas avant 2003	Probable : 2 licences / territoire, durée 25 ans	ND

Notes : SC : soumission comparative / AO : appel d'offre.

Sources : D'après [45] et [58].

En conformité avec le calendrier imposé par les instances communautaires, au 19 octobre 2001, 28 pays ont donc octroyé leurs licences UMTS dont 14 des 15 membres de l'Union européenne ; ceci correspond à 90 % du marché actuel du 2G [5]. Dans la plupart des pays, la coordination du partage du spectre, la délivrance des licences et l'attribution des fréquences ont été déléguées à des agences nationales indépendantes et à des organismes de réglementation. En revanche, les procédures retenues pour l'attri-

bution des licences sont très hétérogènes, couvrant des situations de gratuité (Finlande, Norvège), des cas intermédiaires de montant fixe (France), jusqu'aux systèmes d'enchères (Royaume-Uni, Allemagne). Une des explications sous-jacentes est probablement l'arbitrage opéré entre un développement des réseaux 3G (au bénéfice des industriels et des consommateurs) et des considérations à court terme de nature budgétaire [1]. Dans ce dernier cas, le prix des licences 3G peut devenir sans comparaison aucune avec celui des 2G : ainsi, en €/MHz/habitant, le coût de la licence UMTS en Allemagne représente près de six fois celui de la licence GSM aux Pays-Bas. Le tableau 12 résume les conditions d'attribution des licences 3G dans l'ensemble de l'Union européenne.

Le tableau 13 propose une synthèse des conditions d'attribution des licences UMTS dans les autres pays industrialisés du reste du monde, compte tenu des éléments déclarés à ce jour par les autorités locales respectives.

Contrairement à la procédure adoptée en Europe, le Japon a délivré les licences 3G gratuitement (contre une redevance proportionnelle au chiffre affaires) et de manière quasi-automatique aux opérateurs déjà titulaires d'une autorisation 2G, ce qui pérennise une structure de marché déjà établie.

Au total, la 3G de mobiles téléphoniques offre un potentiel certain. Indispensable pour relancer la demande en téléphonie, un consensus mondial a en effet été trouvé dans la norme UMTS. Les évolutions technologiques sont également en mesure de répondre à l'attente de l'Internet mobile haut-débit, ce qui laisse présager une explosion dans l'offre de services. Une mise en œuvre rapide a finalement été décidée afin de bénéficier au plus vite des retombées de cette avancée.

Cependant, l'apparition d'un choc conjoncturel dans les activités liées aux équipements de télécommunication pose d'ores et déjà des interrogations sur la réussite de l'UMTS. La redéfinition des métiers des acteurs de l'industrie entraînée par les bouleversements technologiques, ainsi que la faculté du marché à absorber les nouveaux services, laisse également planer des incertitudes sur son avenir.

Ceci sera l'objet du prochain chapitre.

Chapitre 3

Les sept incertitudes de l'UMTS

En dehors de perspectives intéressantes, nous avons vu que la réussite de l'UMTS était soumise à de nombreux aléas. Ceux-ci se retrouvent à la fois dans les domaines financiers, technologiques et commerciaux et rendent plus difficile encore l'évaluation des chances de succès de l'UMTS. Ces questions, soulevées dans le chapitre précédent, seront plus particulièrement traitées ici. L'objectif de ce chapitre sera notamment le recensement de l'ensemble de ces incertitudes ainsi que l'évaluation de leur impact sur le devenir de l'UMTS et plus précisément les effets structurels que cela pourrait induire sur cette industrie.

Sept incertitudes principales se distinguent dans chacun des domaines suivant : le coût de l'investissement, la distorsion de concurrence, l'incertitude technologique, les difficultés environnementales, l'existence de technologies alternatives concurrentes, l'incertitude sur les besoins réels et l'instabilité des structures de marché à terme.

Nous étudierons donc, dans une première partie les problèmes directement issus de l'implantation de la téléphonie mobile de troisième génération. Nous verrons notamment que le coût nécessaire pour le déploiement de la 3G perturbe structurellement et de façon inégale l'industrie. Ce qui nous conduira à étudier, dans une deuxième partie, les distorsions de concurrence au sein des opérateurs.

Le caractère particulièrement complexe de la technologie UMTS pose un double problème, en termes de respect du calendrier mais également de respect de l'environnement. Le premier de ces deux problèmes sera traité dans notre troisième partie alors que les questions environnementales feront l'objet de notre quatrième partie. L'essor de technologies alternatives performantes directement concurrentes sur le haut débit sera le sujet de notre cinquième partie. La sixième partie pose la question de la capacité du marché à absorber la nouvelle offre de services issue de l'UMTS, ce qui pourrait obliger les firmes à réviser à la baisse leur retour sur investissement. Enfin, la septième partie traitera des raisons pour lesquelles nous devrions observer une nouvelle structure de marché et plus particulièrement une reconcentration du secteur.

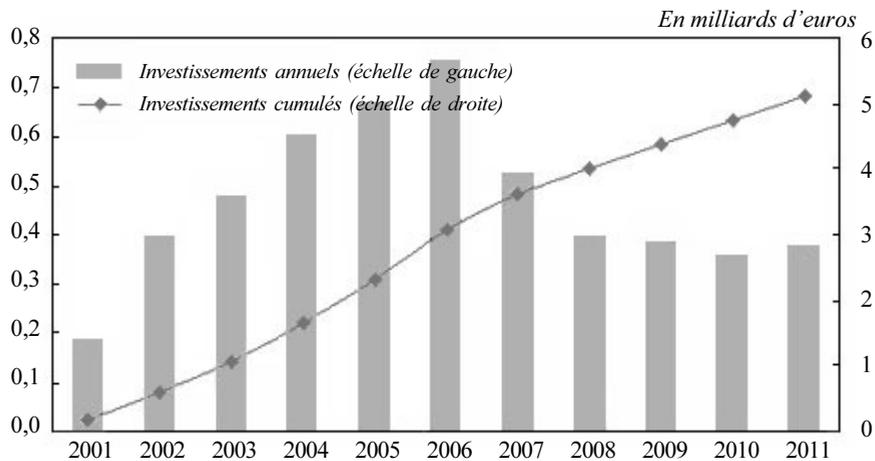
3.1. Le coût de l'investissement pour les réseaux 3G

Une première incertitude est relative au coût total de déploiement de la 3G. Le développement d'un tel système nécessite une surface financière importante. Il faut ajouter à cela le prix des licences qui peut avoir de lourdes conséquences sur la structure de l'industrie en Europe.

3.1.1. La nécessité d'infrastructures importantes

En plus des licences, qui représentent au sein de l'Union européenne une charge de près de 134 milliards € pour les opérateurs [1]⁴¹, il faut ajouter les dépenses d'infrastructures radio en raison de l'incompatibilité technique totale entre les réseaux GSM (noyau TDMA) et ceux de l'UMTS (noyau W-CDMA⁴²) et du choix d'une fréquence plus élevée. D'autre part, les obligations⁴³ de couverture géographique et d'aménagement du territoire sont beaucoup plus contraignantes que lors de l'attribution des licences GSM [2]. Des investissements importants devront être réalisés dans de nombreux territoires à faible densité de l'hexagone, actuellement démunis en termes d'infrastructures et de services mobiles. Or, le coût de la couverture marginale est très élevé : dans le cas du GSM, des évaluations menées dès 1996 pour le compte de la DATAR Massif Central ont montré que l'unité de compte était le milliard de francs [2]. Des accords d'itinérance nationale afin de passer d'un opérateur à un autre (*roaming* de complément de couverture) et de partage d'infrastructures, suffisamment encadrés pour contrôler d'éventuelles collusions tarifaires [3], pourraient limiter le montant total des dépenses. Mais cette solution, qui se heurte aux pratiques assez isolées en Europe des opérateurs GSM français [2], n'exclut pas un coût minimal de coordination d'ingénierie des réseaux propriétaires.

23. Charges d'équipement du réseau UMTS prévues par FTM/Orange



Source: [5].

41. Pour un détail par pays, cf. 34.

42. Cf. chapitre précédent.

43. Cf. les engagements des opérateurs.

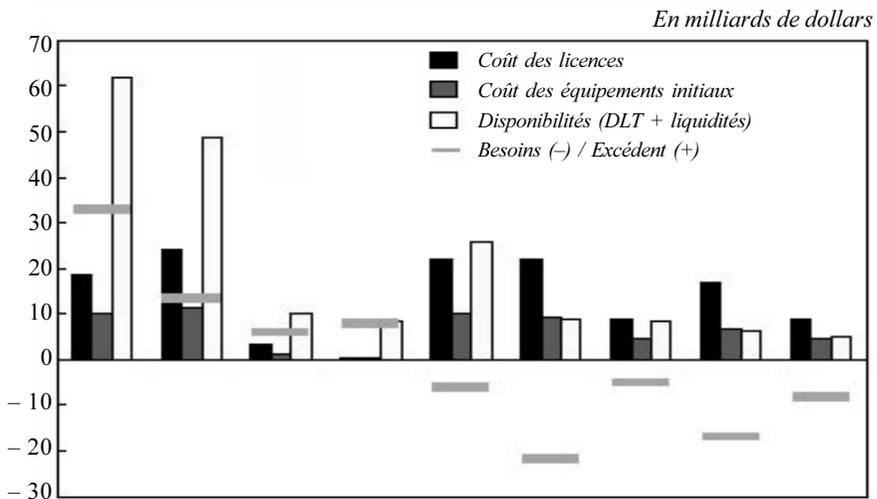
Les charges d'équipement sont régulièrement révisées à la hausse, avec une fourchette évoluant, selon les différentes options de mutualisation envisagées, de 160 milliards € [1] à 185 milliards € sur 10 ans, soit un montant total de dépenses pour l'UMTS en Europe de plus de 300 milliards € [4]. En France, si FTM respecte ses objectifs d'offre de services et de couverture, ce coût total du réseau 3G serait de l'ordre de 10 milliards € sur la période 2001-2010.

3.1.2. Un prix de licence particulièrement élevé

Pour le simple lancement d'un service 3G, avant même tout objectif ambitieux de couverture, le seul prix des licences 3G constitue en soi un coût d'entrée sans commune mesure avec celui de la 2G, y compris pour les pays ayant procédé à des ventes par appels d'offre pour ces licences (États-Unis en 1999).

Le poids relatif de chaque composante dans le coût total de lancement des réseaux est ainsi inversé. Pour le PCS⁴⁴ (2G), le coût des licences ne représenterait en moyenne que 40 % du coût total de lancement (contre 60 % pour les équipements de base initiaux), il s'élève à près de 70 % du coût total de lancement d'un service 3G (contre 30 % pour les équipements de base) [6]⁴⁵. Une première conséquence de ces charges de lancement de la 3G est la dégradation des positions de trésorerie, de façon non homogène selon les opérateurs.

24. Soldes de trésorerie pour neuf opérateurs européens anonymes



Source : D'après Motorola/Chase Manhattan, septembre 2000.

44. *Personal Communications Service*, terme qui désigne l'ensemble des technologies cellulaires numériques déployées aux États-Unis.

45. Cette inversion est plus nuancée dans le cas, certes atypique, des appels d'offres de janvier 2001 pour les licences de téléphonie mobiles 2G aux États-Unis : le prix moyen des licences se serait établi à 4,08 USD/MHz et par point d'implantation, contre 4,40 USD pour l'UMTS en Allemagne ou au Royaume-Uni (Source : Reuters).

14. Soldes de trésorerie pour 9 opérateurs européens anonymes

En millions de dollars

Coût des Licences	18,5	24,2	3,3	0,3	22	22	9	16,7	9
Coût des équipements initiaux	10,2	11,2	1	0,5	10,1	9,1	4,7	6,7	4,6
Disponibilités (DLT + liquidités)	61,7	48,5	10,2	8,5	25,8	9	8,5	6,4	5,1
Besoin (-) / Excédent (+)	33	13,1	5,9	7,7	-6,3	-22,1	-5,2	-17	-8,5

Source : D'après Motorola/Chase Manhattan, septembre 2000.

Cette situation pourrait être supportable si elle se limitait au court terme. Malheureusement, le décalage temporel entre, d'une part, les dépenses, concentrées pour moitié sur les deux premières années de vie de la licence, et, d'autre part, les flux de recettes associées au développement effectif du marché, est régulièrement révisé à la hausse. Ainsi, l'ART n'envisageait les premières recettes qu'à partir de 2004 (soit avec deux ans de retard par rapport aux prévisions d'origine), alors qu'il faudra progressivement ajouter les coûts consécutifs aux objectifs de couverture. Le délai de récupération de la mise de fonds initiale est donc régulièrement repoussé à un horizon plus lointain, augmentant de ce fait le risque de l'investissement [8]. Par ailleurs, le seul moyen d'envisager un retour sur investissement positif à long terme réside dans la réalisation de fortes économies d'échelle s'appuyant sur une large base d'abonnés. Ce qui rend l'opération d'autant plus dissuasive pour les opérateurs comme pour leurs créanciers [9]. Ceci étant particulièrement vrai pour les nouveaux entrants ou les petits opérateurs.

Dès lors, on peut se demander si le coût d'attribution n'a pas été fixé à un niveau dangereusement élevé dans certains pays. Dès 1998, le Forum UMTS estimait qu'un coût de licence supérieur à 50 USD par habitant dégradait sérieusement la rentabilité de l'investissement 3G [7].

3.1.3. Un endettement général du secteur

Pour faire face à cette contrainte financière, un mécanisme d'endettement s'est mis en place, qui a fragilisé le secteur. Dans un premier temps, les opérateurs ont financé ce découvert par endettement massif auprès des banques (près de 60 milliards € pour France Télécom ou Deutsche Telekom) et des marchés financiers.

Il est probable que ces émissions sur les marchés financiers ont d'abord alimenté la hausse des valorisations boursières des opérateurs, en les assimilant à des « valeurs de croissance ». L'endettement total des opérateurs a ainsi régulièrement augmenté dans un climat de confiance sans doute excessif, avant d'atteindre, pour les seules compagnies européennes de communications, près de 325 milliards € [11].

15. Émissions d'obligations en 2000

En millions de dollars

	Émetteur	Montant
Février et mars	Vodafone	10,5
Mai et juin	Deutsche TeleKom	28,4
Mai et septembre	KPN	10,9
Septembre	Telefonica	6,8
Octobre	France Tel	5
Décembre	Bristish Tel	11,4

Source : D'après [10].

Passée cette première phase, l'ampleur de la dette du secteur a enclenché un cercle « vicieux » [8]. L'importance de la dette s'est avérée telle que les agences de *rating* ont modifié à la baisse leurs appréciations sur les opérateurs. Ceci a entraîné une augmentation du coût de la dette, puis du coût du capital. La capacité d'investissement et la rentabilité prévisionnelle de l'UMTS en ont été fortement affectées, ce qui a conduit à l'effondrement de la valorisation boursière des opérateurs. Ainsi, France Télécom qui était valorisé à 350 milliards de francs en mars 2000 a vu sa valeur chuter à 130 milliards de francs en mars 2001.

L'endettement des opérateurs s'est logiquement diffusé à d'autres acteurs du secteur, en particulier aux fournisseurs en amont [8]. Pour assurer la pérennité de leurs débouchés, les équipementiers se sont en effet substitués aux banques, de plus en plus réticentes à financer les opérateurs. Cette pratique, courante dans l'industrie, s'est généralisée à un niveau très élevé : les opérateurs dépendent de crédits fournisseurs accordés par les équipementiers pour près de 150 % des achats prévus.

Cette immobilisation de liquidités peut s'avérer très importante pour les constructeurs. Si le crédit fournisseur accordé par Nokia ne représente que 2 à 4 % de son chiffre d'affaires, il est de 7 à 8 % pour Ericsson et Alcatel et s'élève jusqu'à 27 % pour Lucent⁴⁶.

Devant l'importance de ces sommes, les équipementiers aussi ont finalement été contraints de recourir au crédit bancaire. L'endettement de l'ensemble du secteur télécom a donc régulièrement augmenté : le seul concours bancaire mondial était de 22,75 milliards € en 1998, puis 36,18 milliards € en 1999 pour atteindre 48,85 milliards € pour les 10 premiers mois de l'année 2000 (cf. *Bulletin des Autorités de la Banque de France*).

46. Le recours au financement par crédit fournisseur était même envisagé par FTM (auprès de Nokia et Alcatel) et SFR (non spécifié) dès le dépôt de leur candidature auprès de l'ART en janvier 2001 [12].

L'ensemble du secteur apparaît donc extrêmement fragilisé en raison de la double situation de dépendance des opérateurs par rapport aux équipementiers.

Il existe deux types de relations qui pourraient entraîner ces derniers dans des difficultés financières [8] :

- un *canal direct* : la limitation des concours bancaires et des appels aux marchés financiers induit une extrême sensibilité au crédit fournisseurs. Or, ces derniers subissent une baisse de leur chiffre d'affaires qui est la conséquence du report des investissements des opérateurs, ce qui conduit par la suite à une dégradation de leur valorisation boursière (Nokia, Ericsson, Lucent, Alcatel) et donc à une remise en cause de ce financement ;

- un *canal indirect* : le retour à la rentabilité des opérateurs dépend de la mise à disposition de nouveaux produits (en particulier les terminaux) par leurs fournisseurs. Or, ces derniers, immobilisant d'importantes liquidités pour accorder des crédits fournisseurs, doivent contracter leurs budgets de recherche-développement (R&D). Dans le meilleur des cas, ceci conduit à un report de mise au point des nouveaux produits (Nokia), au pire à une externalisation ou un abandon de la production de certains produits (Alcatel). Sur ce point, les équipementiers japonais disposent d'un avantage décisif dans le nouveau rapport de forces entre industries européennes et japonaise : ils n'ont pas eu à supporter de tels crédits fournisseurs car leurs opérateurs ont bénéficié de la gratuité des licences 3G.

3.2. La distorsion de concurrence

Si la dette de l'ensemble du secteur est globalement très élevée, elle n'est pas supportée de la même façon par tous les opérateurs, ni même par tous les équipementiers. Une explication majeure résulte de l'hétérogénéité des procédures d'attribution des licences. La distorsion est à ce niveau double : elle concerne le prix des licences et la distinction entre nouveaux et anciens opérateurs.

3.2.1. Des prix de licences différents

Les différences entre les modes d'attribution des licences selon les pays en fonction des différents buts recherchés a constitué une première distorsion au niveau du support de la dette.

Au Royaume-Uni, en Allemagne et, dans une moindre mesure, en France⁴⁷, la maximisation de la recette budgétaire issue de la cession des licences 3G semble avoir été l'objectif principal, au détriment de ses conséquences industrielles et budgétaires au niveau européen. En particulier, la fragilisation financière des compétiteurs sélectionnés dans ces trois pays a

47. Au contraire des recommandations initiales de l'ART, militant pour une quasi-gratuité des licences UMTS.

probablement entravé leurs initiatives ultérieures en Europe [13] ; elle apparaît aussi *ex post* comme une des causes principales de l'échec relatif des appels d'offre en Italie et aux Pays-Bas, où le nombre de compétiteurs est devenu égal à celui des licences proposées [14]. Ces risques de fortes variations dans l'évaluation du bien à acquérir étaient pourtant bien cernés par la théorie des enchères séquentielles (voir le rapport précité d'Élie Cohen et Michel Mougeot).

La diversité du prix des licences conduira tout d'abord à des distorsions dans l'ouverture et le fonctionnement des services 3G [1], [6]. Parallèlement, celle du mode d'attribution traduit le niveau d'implication (minimal dans le cas des appels d'offre) des autorités publiques dans la fixation du prix et la mutualisation du risque de l'investissement. Mais surtout, l'interdépendance entre pays européens, révélée à travers celle de la capacité d'intervention des opérateurs sur différents marchés, a apparemment été ignorée. Les différences de prix de licences ont alors contribué à créer une situation de *free riding* entre pays européens⁴⁸. Ce fait s'inscrit en totale contradiction avec les objectifs initiaux de création d'un marché unifié et, *a fortiori*, au détriment des pays qui avaient explicitement favorisé les industriels et les consommateurs européens, en adoptant une procédure administrée avec de faibles prix de licences.

3.2.2. Des opérateurs avantagés

La seconde distorsion concerne le traitement inégal entre opérateurs selon l'existence *a priori* d'une clientèle captive. Selon [15], près de 60 % des abonnés envisageraient une migration 2G à 3G auprès du même opérateur. Si ce taux de fidélisation était approximativement respecté, les anciens opérateurs issus de la 2G disposeraient indéniablement d'un avantage décisif pour la rentabilisation des licences 3G. Mais cet argument n'était pas pour autant la thèse selon laquelle la soumission comparative à coût fixe, indépendamment de la part de marché 2G, mettrait surtout en péril les nouveaux entrants et les petits opérateurs. Pour le vérifier, il faut en effet intégrer le prix exigé pour la licence :

- pour un prix relativement faible, la soumission comparative apparaît au contraire comme le mode d'attribution le moins discriminatoire ;
- pour un prix relativement élevé de soumission comparative (cas de la France), l'appel d'offre est, en principe, relativement moins discriminatoire. Le compétiteur a en effet toujours la possibilité de se fixer une limite supérieure par soumission. Cependant, en pratique, la validité de l'argument est très discutable. Si la licence à attribuer est considérée comme stratégique, les opérateurs disposant d'une forte base de clientèle monopoliseront le processus d'appel d'offres. Cette configuration s'est notamment vérifiée lors des appels d'offres de janvier 2001 pour les licences 2G aux États-Unis : les petits opérateurs locaux n'ont pu soutenir la concurrence des cinq filiales

48. Un pragmatisme tardif a depuis conduit la majorité d'entre eux à assouplir les conditions de règlement.

des grands opérateurs nationaux (ATT Wireless, Vodafone et Verizon à travers leur filiale commune Verizon Wireless, Sprint PCS, VoiceStream, SBC et Bell South à travers leur filiale Cingular).

Il semblerait donc que ce soit la capacité financière des opérateurs qui crée des inégalités de traitement plutôt que le mode d'attribution des licences.

Le débat sur les inconvénients de la soumission comparative au détriment des nouveaux entrants apparaît donc pour une large part mal posé. En fait, les processus d'appels d'offres favorisent certains opérateurs, plus selon un critère d'assise financière que d'ancienneté dans l'activité, en leur donnant l'opportunité de limiter à terme la concurrence par la création de barrières à l'entrée. Il reste cependant qu'ancienneté dans l'activité et assise financière vont fréquemment de pair dans ce secteur, en raison de la forte fidélisation *a priori* au bénéfice des opérateurs historiques titulaires d'une licence GSM. Si cet argument est valide, l'attribution quasi-automatique des licences 3G au Japon aux opérateurs déjà titulaires d'une autorisation 2G, associée à une faible redevance proportionnelle à l'activité, traduit une forte volonté de consolidation de son secteur des télécoms à l'occasion de la 3G, éventuellement au détriment du consommateur. Cette attribution pourrait même s'apparenter à une subvention indirecte, dans la mesure où elle permet à un oligopole de se renforcer.

À l'inverse, la démarche européenne apparaît incohérente. Alors que l'objectif était d'ouvrir le marché à la concurrence, on aurait dû assister à la généralisation de soumissions comparatives avec de faibles prix de licences. Ceci aurait alors permis de soulager les nouveaux entrants de certains handicaps. Au contraire, les prix élevés des licences s'apparentent à une forme de taxation de l'innovation qui s'accommode mal à un soutien actif de l'industrie européenne et d'une maximisation du bien-être social.

3.2.3. Une restructuration du secteur

Une autre conséquence du prix élevé des licences sera certainement une recomposition du secteur.

Il est en effet probable qu'en l'absence de collusion, le coût des licences entraînera des faillites au sein des opérateurs et/ou des équipementiers [6]. Ceci semble évident pour les petits opérateurs qui ont participé aux appels d'offres. Mais il faut probablement généraliser cette conclusion à ceux qui dépendent des financements extérieurs pour leur développement. Alors que les marchés financiers et les concours bancaires semblent taris à court terme pour le secteur, les équipementiers privilégieront pour leur part les clients potentiellement les plus importants à terme.

La dernière modification structurelle du secteur est liée à l'apparition des opérateurs virtuels. Celle-ci va se traduire par un nouveau partage de la valeur ajoutée au sein du secteur au détriment des opérateurs considérés dans leur ensemble.

Au niveau actuel de prévisions de recettes, l'ampleur des déséquilibres financiers, accumulés en raison du coût total de déploiement, et la diminution simultanée de la valeur ajoutée potentielle conduisent inéluctablement à la réduction du nombre d'opérateurs viables en Europe.

Ceci conduit finalement à réinterpréter le nombre accordé de licences 3G, supérieur à celui existant pour le GSM, comme la réponse à trois motivations [14] :

- la maximisation des recettes budgétaires ;
- une logique d'ouverture à de nouveaux entrants, conformément aux recommandations *ex ante* ;
- le possible renouvellement des intérêts des opérateurs GSM nationaux⁴⁹.

En particulier, la viabilité financière à terme des candidats retenus n'apparaît être qu'un élément très secondaire de l'attribution des fréquences 3G. Alors que les licences nationales GSM en Europe avaient été attribuées gratuitement, il aura suffi de deux années pour que le nombre d'opérateurs diminue de près de 30 % et que la majorité d'entre eux soit contrôlée par sept grands groupes. Le nombre supérieur et les conditions financières plus astreignantes des licences 3G vont donc probablement accentuer la concentration dans ce secteur [14]. Pour les opérateurs « survivants », leur capacité financière dictera en grande part leurs orientations stratégiques.

La variable financière devrait maintenant apparaître de manière explicite comme une source de perturbation au niveau structurel et qui pèse pour une grande part sur l'avenir incertain de l'UMTS.

3.3. L'incertitude technologique

Si la dimension financière rend plus incertain l'avenir de l'UMTS, il en va de même pour l'aspect technologique. Le chapitre précédent nous avait permis d'appréhender le caractère complexe de cette technologie. Dans les faits, sa mise en œuvre se révèle effectivement problématique.

3.3.1. Des retards dans le calendrier de l'UMTS

Alors que les licences sont attribuées dans la majorité des pays européens, la technologie UMTS accuse des retards successifs. Les projets des opérateurs les plus dynamiques, Vodafone au Royaume-Uni et NTT DoCoMo au Japon, atteindraient la phase de tests à la fin 2001, alors qu'ils devraient déjà être opérationnels. Vodafone envisage au mieux l'installation de 750 stations UMTS au Royaume-Uni d'ici la fin 2001, au lieu de 1200 initialement planifiées. De même, NTT a repoussé le lancement des services 3G de mai à octobre 2001, en ne mettant à disposition du marché que 20 000 appareils et quelques milliers de téléphones-vidéo à cette dernière date. En

49. Les deux exceptions sont la Suède et l'Italie, au détriment respectivement de Telia et de Blu.

France, FTM annonce l'équipement progressif d'une dizaine de villes, le déploiement de réseaux tests et une éventuelle amorce du service dans le courant de l'année 2002 [16]. La date butoir fixée par l'Union européenne au 1er janvier 2002 apparaît donc beaucoup trop optimiste pour le déploiement d'un service UMTS de masse.

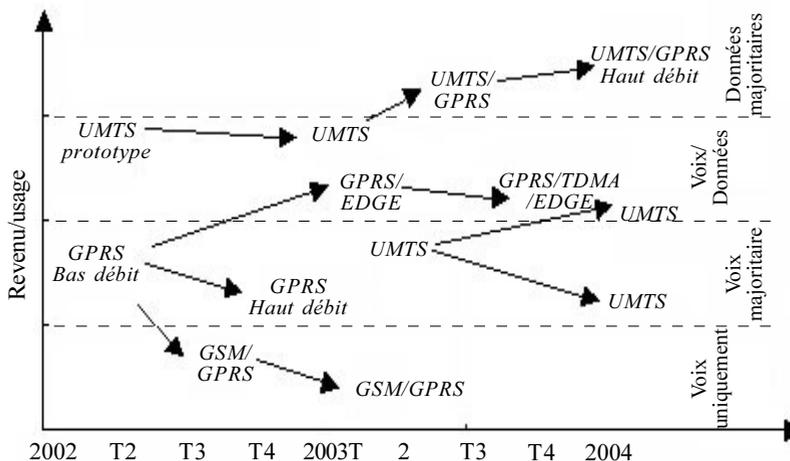
Le plus plausible paraît le lancement, dans un premier temps, du GPRS avec les premiers terminaux disponibles à des prix compétitifs fin 2001 pour les modèles à bas débit [16], mi-2002 pour les modèles plein débit et bi-modes GSM/GPRS [18], début 2003 pour les premiers terminaux bi-modes GPRS/EDGE [18]. Sachant que la technologie GPRS est compatible avec l'amortissement de l'essentiel des infrastructures GSM pour un faible coût d'évolution, son retard laisse dubitatif quant à l'UMTS.

La mise à disposition des premiers terminaux UMTS recouvrirait en partie celle des terminaux 2,5 et 2,75G : début 2002 pour les terminaux mono-modes [17], dont la fiabilité technique ne serait pas garantie, 2003 pour les premiers terminaux bi-modes GPRS/UMTS avec une technologie maîtrisée [18], 2004 pour les terminaux bi-modes aptes à la visiophonie (service spécifiquement 3G) et 2005-2007 pour des terminaux fiables à des prix grand public.

Une distinction supplémentaire dans la 2,5 et la 3G tient aux utilisations majeures des terminaux selon que l'on utilise majoritairement ou uniquement la voix, la voix et les données ou majoritairement les données. Il y aura donc une segmentation sur le marché des terminaux selon les usages sollicités.

Le graphique suivant décrit le type et la date d'utilisation du terminal en fonction du service utilisé.

25. Disponibilité des terminaux selon le service



Source : Entretiens constructeurs, [16], [17] et [18].

Plusieurs incertitudes conduisent à avancer ces dates avec beaucoup de prudence. Tout d'abord, le délai de mise en service, une fois les terminaux disponibles (offres commerciales, derniers réglages des relais radio), peut atteindre un an [18].

Ensuite, le recouvrement partiel des deux technologies successives, à savoir le GPRS et l'UMTS, pourrait inciter certains opérateurs à attendre la relative maturité de la seconde (vers 2004) pour proposer des offres commerciales complètes. Ainsi, ils pourraient utiliser la capacité d'achat de leur clientèle potentielle afin de concentrer leurs recettes de trésorerie à l'amortissement de l'investissement de l'UMTS. Le GPRS pourrait donc assurer la transition temporelle entre la 2G et la 3G, sous condition de disposer de terminaux bi-modes GSM/GPRS.

3.3.2. La maîtrise technologique des terminaux

Enfin, l'incertitude principale est relative à la maîtrise technologique des terminaux. Dans le cas du GPRS, l'offre des terminaux reste limitée (Ericsson, Motorola, Nokia⁵⁰), alors que la fiabilité du réseau est relative (Suisse et Allemagne), voire faible (Suède et Royaume-Uni) et les applications peu développées. Ceci contribue au retard d'ouverture du service qui leur serait essentiellement imputable [18]. Dans le cas de l'UMTS, les problèmes relatifs aux terminaux se couplent avec ceux du cœur de réseau UMTS (composants, protocoles logiciels⁵¹). Selon Reuters (21 mai 2001), le retard du projet de l'île de Man serait imputable à une défaillance du logiciel du *Radio Network Controller* (RNC), qui ne prendrait pas en charge la continuité de la connexion lors des changements de cellule (*handover*) ; NTT évoque de même des problèmes techniques liés à l'instabilité des connexions.

Compte tenu des impératifs techniques (compatibilité GSM/GPRS/UMTS, reconnaissance vocale, scripturale, visiophonie) et ergonomiques (autonomie, miniaturisation, échauffement, *handover*) que doivent satisfaire les terminaux, ces derniers apparaissent cependant comme l'ultime contrainte d'une offre commerciale de services spécifiques 3G.

Le retard dans le déploiement des réseaux 3G est essentiellement imputable à ses premiers promoteurs, ce qui peut paraître paradoxal en regard de la genèse du projet UMTS en Europe. Ceux-ci semblent avoir largement surestimé leurs capacités et leur autonomie technologiques. En Europe, hormis une bonne maîtrise théorique, l'expertise dans le déploiement des systèmes radio CDMA est inexistante [19].

50. Au CeBit de Hanovre de mars 2001, les nouveaux terminaux compatibles GSM (tranches 900, 1800 et 1900 MHz), Bluetooth, HSCSD (28.8 Kb/s), GPRS (56.6 Kb/s), WAP ont été annoncées pour fin 2001.

51. Les succès mi-septembre 2001 de FTM/Orange, en collaboration avec Alcatel et Fujitsu, concernent des prototypes de systèmes radio, cœurs de réseau et plate-forme de services, mais pas les terminaux. Seule l'ouverture technique du réseau est envisagée à partir de la fin 2002.

Les difficultés technologiques ne se limitent pas au seul développement du logiciel, mais recouvrent surtout le développement des composants électroniques adéquats, en particulier des processeurs sans erreur résiduelle de conception. Or, l'extrême technicité de ces produits les expose, par nature, à des défauts d'élaboration⁵². De plus, le coût de la R&D constitue une barrière à l'entrée très élevée (Panasonic-Matsushita aurait investi 350 millions de dollars sur une période totale de 7 ans). Le délai de mise au point de composants fiables a donc été très largement sous-estimé.

Ces problèmes concernant les terminaux ne sont toutefois pas uniques. L'exploitation des capacités promises par la 3G dépendent fortement de la diffusion du protocole Internet IPv6 (sécurité, configuration automatique de routage et de réseau, nombre quasi-illimité d'adresses), ainsi que de la coordination en amont. Selon AziaBizTech, les premiers services d'accès à Internet via le protocole IPv6 seront proposés, comme option de l'accès ADSL⁵³, fin 2001 par NTT au Japon, pour un abonnement mensuel de 20 000 yens environ (166 USD).

3.3.3. L'hétérogénéité du marché de l'UMTS

En l'absence de position monopolistique, la diffusion réussie des services 3G nécessite une fiabilité réelle des services connexes. Un accord sur le débit minimal assuré et désiré par l'ensemble des opérateurs doit donc être trouvé.

A priori, le débit moyen des premiers réseaux UMTS (64 à 144 Kb/s), bien que supérieur à celui proposé par le GSM, semble plus proche des débits accessibles aux réseaux télécoms avec des modems connectés au PC⁵⁴ que de ceux initialement annoncés à 2 Mb/s [6]. Les spécifications de la version aboutie de l'UMTS (*release '5*) sont en cours de réalisation au sein du 3GPP et ne seront achevées qu'au plus tôt en juin 2002 [19]. Il est donc prématuré d'afficher plus d'ambition. Le délai moyen entre la disponibilité des normes et celle des produits étant de 2 à 3 ans, la version finale de l'UMTS serait donc proposée au public, hors tout contingentement de rentabilité économique, vers 2004-2005.

En supposant ce calendrier respecté, les terminaux des technologies intermédiaires, en particulier EDGE⁵⁵, pourraient être marginalisés par les équipementiers en l'absence d'un marché suffisamment large et réservés à des services professionnels. C'est notamment la position défendue par Ericsson. Ce risque relatif à la disponibilité des terminaux pourrait perturber le plan de charges des équipementiers.

52. L'exemple de la technologie spatiale soviétique, comparée à la nord-américaine.

53. *Asymmetrical Digital Subscriber Line*, technologie utilisant l'installation téléphonique et permettant les connexions à haut-débit.

54. Les modems conformes à la norme V92, dont certains modèles sont disponibles sur le marché français depuis septembre 2001, assurent un débit de 56 Kb/s en réception et jusqu'à 48 Kb/s en envoi.

55. *Enhanced Data GSM Environment*, version améliorée des services GSM sans fil et qui permet un débit de 384 Kb/s.

Dans un premier temps, l'absence d'offre alternative de terminaux à prix grand public conduirait les opérateurs à opter directement pour l'UMTS. Ceci conduirait à la convergence des commandes de près de cinquante opérateurs aboutissant à un pic d'activité chez les équipementiers. Inversement, après une phase de pénurie de terminaux, sujette à une augmentation artificielle des prix et une discrimination entre opérateurs commanditaires, les équipementiers assisteraient à un effondrement de leur activité dès le premier équipement réalisé. La simultanéité des achats imposée par le calendrier fixé pour le déploiement de la 3G s'avère dangereuse pour la stabilité à terme de la structure de marché du secteur (équipementiers et opérateurs) et contraire à une rapide diffusion de masse.

Pour faire face à ce problème, l'éclatement de l'apparente homogénéité du marché de la norme UMTS pourrait constituer une réponse implicite du marché. Le haut débit généralisé paraît improbable, en raison du coût de déploiement dans certaines zones. Il conviendra donc d'effectuer des arbitrages entre les systèmes GPRS, EDGE et UMTS. Mais le marché pourrait être éclaté, d'une part, en raison de l'alternative proposée par les versions japonaises successives de l'Internet mobile (*I-mode* de NTT, *EZWeb* de KDDI, *J-Sky* de J-Phone), d'autre part, par la fausse unicité de l'UMTS.

En dépit de ses limitations qui l'apparente fondamentalement à la 2G, le succès de l'Internet mobile à bas débit (9,6 Kb/s), développé sur un marché protégé, a permis aux opérateurs et aux équipementiers japonais d'acquérir une avance commerciale et technique (économies d'échelle) sur leurs homologues européens. Fort de son expérience domestique, NTT DoCoMo annonçait en septembre 2001 son intention de tripler la vitesse de transfert de l'*I-mode* (soit 28,8 Kb/s) pour les appareils commercialisés à partir du printemps 2002. Le groupe japonais pourrait introduire cette version de son service en Europe en association avec KPN (via leur filiale commune KPN Mobil), Bouygues Telecom⁵⁶ ou Telecom Italia Mobile.

Simultanément, la version du W-CDMA que NTT DoCoMo proposerait à ses clients japonais dès octobre 2001 présente un taux de transfert de 384 Kb/s, soit la vitesse minimale de l'UMTS mais sans garantie de totale compatibilité avec la version européenne⁵⁷ à défaut d'achèvement de la *release '5*. De plus, selon l'opérateur, ces réseaux n'assureraient pas de viabilité aux projets de musique ou de vidéo à la demande, ce qui renforce la confusion des utilisateurs quant à la réalité de la 3G.

Enfin, la Chine, qui comptait 120 millions d'abonnés en avril 2001 [21], a fait valider le TD-SCDMA (variante de l'UMTS) au 3GPP propre à son marché pour soutenir l'industrie nationale.

Malgré une normalisation souhaitée à un niveau global, on constate donc que les différentes versions de l'UMTS contribuent à créer une unicité de l'UMTS en trompe l'œil.

56. Bouygues Telecom a annoncé début septembre 2001 qu'il pourrait adopter la technologie *I-mode*, en association avec DoCoMo ou KPN [20]. Bouygues est par ailleurs associé à Telecom Italia dans la holding BDT, cette dernière détenant 55 % de l'opérateur Bouygues Telecom.

57. J-Phone attendrait par contre juin 2002 pour adopter la même définition de la 3G que les Européens.

3.4. Les difficultés environnementales et sanitaires

Des contraintes technologiques se retrouvent également dans les domaines environnementaux et sanitaires.

3.4.1. L'environnement

En ce qui concerne les effets environnementaux des relais, pour des raisons techniques (utilisation sous efficace de la bande passante, augmentation du nombre de stations de base), il existe un nombre limité de toits d'immeubles (points hauts) propices à l'implantation des antennes relais. Leur installation à mi-hauteur des bâtiments augmenterait tout d'abord la nuisance visuelle : le camouflage des mâts restant d'une efficacité limitée.

Une première solution résiderait dans l'évolution technique des antennes, pour en diminuer la taille à capacité égale. Un second type de réponse, conforme aux préconisations du Parlement européen [3], serait la mutualisation des points hauts⁵⁸, ce qui nécessite cependant une bonne coordination des différents acteurs de la chaîne de valeur (plus importante que pour le GSM). La gestion opérationnelle (facturation respectueuse entre opérateurs, prioritarisation, entretien et remplacement, risque de micro-coupure lors de changements de relais gérés par des opérateurs différents) pourrait s'avérer délicate, bien que les intégrateurs puissent potentiellement assumer cette fonction. En France, TDF pourrait préfigurer les compagnies de sites, proposant des points hauts en partage généralisé (TV, FM, télécoms). Cette dernière solution aurait l'avantage de réduire les investissements liés au réseau, d'accélérer le déploiement par l'utilisation de sites existants, de contribuer à la protection de l'environnement par la non-multiplication des sites et, enfin, de permettre aux opérateurs de se focaliser sur le cœur de leur métier.

3.4.2. Les effets sur la santé

Dans le domaine de la santé, le problème essentiel est celui de la nuisance médicale des émissions radioélectriques. Théoriquement, la valeur du champ électro-magnétique à 1 mètre d'une station de base serait de l'ordre de celle reçue par la tête lors de l'utilisation d'un mobile⁵⁹. En intégrant une exposition prolongée, la présence d'une antenne à plus de 2 mètres ne présenterait pas de risque, la puissance reçue étant alors bien inférieure à celle résultant d'un relais TV ou de la proximité d'un micro-onde opérant dans une bande de fréquences proche.

58. Points de diffusion (antennes).

59. La densité de puissance électromagnétique est inversement proportionnelle au carré de la distance.

En matière d'encadrement législatif pour l'exposition aux radiofréquences, la plupart des pays se réfèrent au standard IEEE⁶⁰ C95.1-1991. Issu d'une norme de 1966, révisé successivement en 1974, 1982, 1991 et 1999, il subit actuellement une refonte complète. Son interprétation en Europe est cependant moins restrictive qu'aux États-Unis (plafond d'exposition de 2W/kg de tissu corporel, contre 1,6W/kg). Par ailleurs, il n'est pas démontré que ses recommandations soient réellement adaptées aux téléphones mobiles.

En ce qui concerne spécifiquement ces derniers, la seule étude internationale actuellement disponible⁶¹ estime peu probable une relation entre cancers et exposition aux champs produits par les téléphones mobiles ou les stations de base. L'unique risque identifié se limiterait à un éventuel échauffement excessif des tissus, mais pour des niveaux d'exposition très supérieurs à ceux produits par les téléphones mobiles ou par les stations (respectivement à plus de 50 ou 10 fois supérieurs). Plusieurs études officielles devraient compléter ces évaluations⁶².

3.4.3. L'absence d'une réglementation internationale

Dans l'attente des résultats des études précitées, les réglementations nationales sont très hétérogènes. En France, l'Administration prépare un décret qui devrait transposer la réglementation européenne de juillet 1999 que les trois opérateurs appliquent déjà spontanément. Au Royaume-Uni, la pose d'antenne nécessite l'autorisation des riverains situés à moins de 15 mètres et peut parfois justifier le paiement d'une rente aux riverains, alors qu'en France, l'installation d'une station de radiofréquence en haut d'un immeuble d'habitation nécessite une majorité minimale de 2/3 de ses résidents. Le périmètre de sécurité est de 20 mètres en Italie (face à l'antenne), 30 mètres en Belgique et en Suisse, mais seulement de 2 mètres en France. En revanche, l'implantation des antennes est fréquemment exclue dans les sites sensibles (hôpitaux, crèches, écoles). Afin de respecter les seuils d'émissions, relatifs à la protection du public, définis par l'Union euro-

60. *Institute of Electrical and Electronic Engineers*, organisation qui développe des standards en informatique et pour l'industrie électronique.

61. Aide mémoire 193 de l'OMS, publié en mai 1998 et réactualisé en juin 2000.

62. Pour une synthèse exhaustive des risques potentiels sur la santé, voir [22] et [23]. Les principales études qui devraient compléter ces évaluations sont :

- au niveau international, les conclusions d'une étude sur les conséquences de l'exposition aux champs (radio)électriques et magnétiques (CEM), initiée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en mai 1996 et coordonnée par le Centre international de recherche contre le cancer (CIRC), sont attendues pour 2003 ;

- en France, les résultats du projet COmmunications MObiles et BIOlogie (COMOBIO) sur les effets sanitaires des champs électromagnétiques, financé par le *Mental Research Institute* (MRI) (12 millions FRF sur 2 ans), seraient disponibles début 2002 ;

- toujours en France, le rapport Zmirou de janvier 2001 [22], commandité par la Direction générale de la santé, a jugé la qualité des données scientifiques relatives aux risques sanitaires consécutifs à l'utilisation des téléphones mobiles et émis des recommandations en ce domaine.

péenne [25], la mesure même des émissions radioélectriques des stations émettrices fixes fait l'objet d'une normalisation publique progressive en France depuis juin 2001 [24]. Enfin, des mesures incitatives sont diffusées à l'attention des équipementiers (réduction du niveau d'émission des mobiles, distance minimale de 100 mètres entre les macro-stations de base et les sites sensibles, orientation des antennes à l'écart des bâtiments sensibles à courte distance, élargissement des périmètres de sécurité, affichage explicite sur les emballages des produits commercialisés) et des usagers (usage modéré chez les enfants, informations des conducteurs et renforcement du code de la route). L'expérience montre cependant que seul le législateur est en mesure d'imposer de tels comportements. Les dépenses relatives au contrôle des effets des champs électro-magnétiques (CEM) sur la santé sont estimées à près de 1 milliard USD/an aux États-Unis, ce qui en fait un enjeu important pour les autorités.

La réussite de l'UMTS passe donc indubitablement par la maîtrise de ces différents paramètres technologiques. Une bonne qualité de couverture impliquant plus de stations en UMTS, on ne peut se contenter des sites existants. Cela explique en partie le retard déjà constaté dans sa mise en place et donne une idée des efforts à consentir pour se mettre au niveau des attentes suscitées. Cela devrait d'ailleurs se prolonger tant que l'État n'aura pas défini des objectifs clairs en matière d'aménagement de l'espace électro-magnétique à la fois pour que les niveaux de charge soient suffisants pour garantir la qualité de service et pour rassurer les citoyens sur l'innocuité de la charge électro-magnétique ambiante.

3.5. L'incertitude liée à des technologies concurrentes

Simultanément aux risques intrinsèques, relatifs à la maîtrise du calendrier initial de l'UMTS et de ses effets environnementaux, une autre grande catégorie d'incertitude technologique provient de l'existence, actuelle ou potentielle, de technologies concurrentes.

Le secteur des télécoms s'est développé de façon relativement autonome pendant la 1G et, dans une moindre mesure, la 2G en raison du recours à la technologie analogique et de la spécificité de ses équipements physiques. Mais le passage à la technologie numérique, amorcé dès la fin de la 2G avec le GPRS et l'EDGE et généralisé avec l'UMTS, libère les télécommunications de leur contrainte physique. Leur convergence avec l'informatique (logiciels) et la micro-électronique (microprocesseurs) est devenue une réalité technologique, au-delà des simples liaisons capitalistiques. L'externalisation croissante des activités de productions des équipementiers⁶³ peut s'interpréter comme la reconnaissance d'une nouvelle dépendance. Plus généralement, la multiplicité des systèmes technologiques alter-

63. Après Motorola, Ericsson s'apprête à vendre ses licences à d'autres fabricants.

natifs émerge parallèlement à celles des acteurs sectoriels. Nous allons décrire ces technologies alternatives susceptibles de remettre en cause la réussite de l'UMTS.

3.5.1. L'optimisation des capacités existantes

La première technologie concurrente résulte simplement de l'optimisation des capacités existantes. Les 2G et 3G sont en effet handicapées par un très faible rendement (mesuré comme le rapport du débit réel au théorique) : il serait de 39 % pour le GSM, de 24 à 87 % pour le GPRS, de 22 à 65 % pour l'EDGE et seulement de 7 à 19 % pour l'UMTS [17]. Il existe notamment deux types d'améliorations.

3.5.1.1. L'amélioration des réseaux d'accès

La première amélioration est consécutive aux progrès des réseaux d'accès, en particulier de la ligne d'abonné du réseau filaire en cuivre à destination du particulier. Les technologies mises en œuvre, dites « xDSL », ne requièrent pas l'implantation d'un nouveau réseau : elles ne nécessitent que deux modems (un chez l'abonné, l'autre sur sa ligne devant le répartiteur principal) pour améliorer le débit du réseau afin d'obtenir des transmissions 70 fois plus rapides qu'avec un modem analogique classique. Quatre sous-groupes (HDSL, SDSL, ADSL et VDSL) leur confèrent une réelle souplesse d'application selon les services et le débit recherchés, la distance du central à l'abonné et le caractère symétrique ou non de la liaison.

L'ADSL est particulièrement bien adaptée aux liaisons de boucle locale car son débit est inversement proportionnel à la longueur de la ligne. En raison de son faible coût, l'ADSL est également adapté aux accès rapides à Internet. Les États-Unis, dont la base de connexions fixes (sur PC) à Internet est la plus large au monde, comptait plus de 2,4 millions de lignes équipés en xDSL au second trimestre 2001 [21]⁶⁴. Parallèlement aux progrès du réseau filaire en cuivre, d'autres réseaux d'accès (réseaux câblés TV ou/et Internet⁶⁵, TV HD par satellites) développés au cours de la dernière décennie offrent des performances de transmission compatibles avec le haut débit.

Même si ces réseaux fixes sont destinés plus particulièrement aux applications à large bande, les opérateurs mobiles ne seront donc pas en position de monopole pour le multimédia à haut débit. S'ils devaient être concurrencés pour les applications de positionnement par des réseaux fixes s'articulant avec des technologies mobiles d'appoint moins coûteuses en termes d'infrastructures que les réseaux mobiles 3G, la situation deviendrait alors vraiment préoccupante.

64. Selon Sony, l'ADSL serait promis à une rapide croissance à court terme.

65. Les États-Unis comptaient, au second trimestre 2001, cinq millions d'abonnement Internet par le câble [21].

3.5.1.2. Les améliorations logicielles

À la différence des améliorations logicielles caractérisant l'évolution du GSM vers le GPRS, celles-ci ne résultent pas systématiquement de l'activité télécom. On pense en particulier à l'évolution continue des algorithmes de compression. De plus en plus efficaces, elles conduisent à une diminution tendancielle du besoin en bande passante pour le multimédia⁶⁶ (voir tableau ci-après).

16. Évolution de la compression numérique

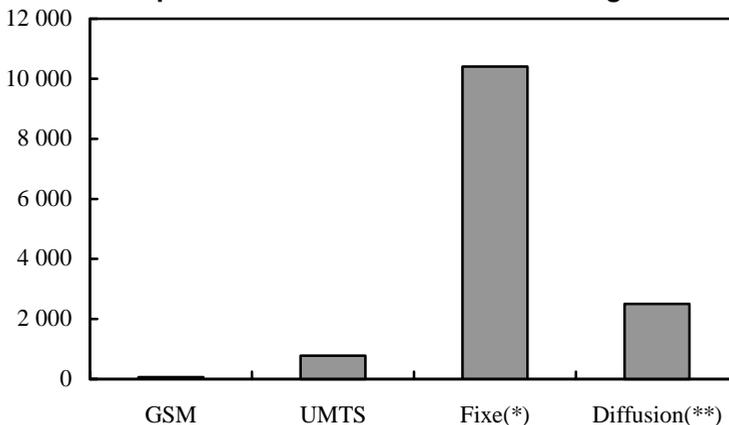
En Kb/s

	1995	Courant 2001	Fin 2002
Son			
• Qualité CD	256	60	4
• Qualité Radio	—	48	16
Vidéo			
• Qualité téléphone mobile	—	64	20
• Format PDA/smart	—	100	30
• Format CIF (1/4 TV)	1 500	200	50

Source : [17].

Selon ces prévisions, la transmission de vidéo (sans toutefois en préciser la définition) ne nécessiterait qu'un débit de moins de 20 Kb/s sur un téléphone mobile et de moins de 30 Kb/s sur un PDA⁶⁷. Surtout, associées aux progrès du réseau filaire en cuivre et au développement des autres réseaux d'accès, les techniques de compression pourraient conduire les opérateurs à posséder une capacité installée supérieure à leurs besoins. Celle-ci serait alors ponctuellement excédentaire dans le temps avant l'émergence des nouveaux services.

26. L'offre de capacités des réseaux d'accès envisagés en France



Notes : (*) ADSL + BLR + Canal Internet Câble ; (**) Réseaux câblés + satellites DBS.

Source : [17].

66. Ainsi, le récent MP3Pro élaboré par RCA (filiale de TMM) double les capacités de son prédécesseur.

67. Personal Digital Assistant : élément portable associant les fonctionnalités cellulaires et de réseau.

Une autre amélioration logicielle est la gestion de la vitesse de connexion. BT PLC déploierait un logiciel sur son système téléphonique 2G qui augmenterait la vitesse apparente d'un facteur 5. Avec de nouveaux logiciels et des améliorations matérielles assez limitées dans le cadre de la 2G, cet opérateur développe une connexion Internet à partir d'une base fixe (PC) qui pourrait être trois fois plus rapide⁶⁸. L'intérêt de ces solutions est leur coût modéré de l'ordre du cinquième de celui de la 3G [26]. Plus généralement, compte tenu des améliorations logicielles et matérielles compatibles avec les bases installées, près de 80 % des services listés pour la 3G pourraient être réalisés avec les réseaux 2G révisés [26]. Les offres UMTS seront donc directement concurrencées par des évolutions technologiques en partie compatibles avec de la 2G, comme le GPRS, dans une moindre mesure avec EDGE, voire de simples variantes de la norme initiale.

D'autres technologies plus novatrices que celles évoquées précédemment sont en cours de développement.

3.5.2. La connexion sans fil

Concrètement, la connexion à un réseau sans fil (*wireless*) ne nécessite qu'un récepteur (d'une portée de quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres) muni d'une carte réseau (PCMCIA, USB ou PCI ou directement inclus dans le cas d'un terminal mobile). La téléphonie mobile cellulaire (du GSM à l'UMTS) côtoie donc d'autres technologies utilisables pour réaliser un réseau sans fil.

Par exemple, Bluetooth est une technologie d'échange de données par onde radio, qui doit permettre aux appareils électroniques de communiquer entre eux ou de se connecter à Internet. Elle a été définie par un consortium industriel créé par Nokia, Ericsson, Intel, IBM et Toshiba, pour succéder au port IrDa infrarouge en apportant une plus grande souplesse d'utilisation. Bluetooth propose un débit suffisant pour transférer des fichiers audiovisuels et bénéficie, de ce fait, du soutien des équipementiers et des opérateurs télécoms. Sony en équiperait, dans un premier temps, ses PC portables ; Ericsson annonce des téléphones équipés se connectant avec n'importe quel terminal (casque audio ou vidéo, caméra, console de jeux, borne commerciale).

En l'absence d'adoption par un opérateur national et d'interconnexion à grande échelle, ces réseaux ne couvrent cependant qu'une aire géographique limitée et sont qualifiés à ce titre de réseaux locaux (LAN). Ils peuvent, comme pour les applications de Bluetooth, être hertzien, mais aussi filaire, voire un couplage des deux. Certains LAN de ce dernier type (connexion d'un PC portable à une borne d'accès Internet par des cartes réseaux spéciales) sont opérationnels dans des aéroports internationaux (Amsterdam, Singapour) et seraient en cours de déploiement en Suède par l'opérateur

68. La principale innovation de la nouvelle norme modem V92 tient justement à la vitesse de prise de ligne.

Télia [18]. En dépit de leur coût et de leur mobilité très réduite, leur débit les rend très appréciés des utilisateurs professionnels.

L'assemblage de ces différentes technologies semble par ailleurs devoir être à la base du futur de la téléphonie mobile.

3.5.3. Les prochaines générations de mobiles

Le potentiel des couplages technologiques proposés par plusieurs équipementiers (Nokia, Nortel et bientôt Ericsson) préfigure la prochaine génération 4G de téléphonie mobile avec le *Digital Advanced Wireless Service* (DAWS). Typiquement, il s'agit d'articuler un LAN filaire, un réseau hertzien courte portée (Bluetooth, IEEE 802.11 ou autre) et un réseau hertzien longue portée (GSM, GPRS ou EDGE) [27]. Les premières applications avec le DAWS offrent des débits de plus de 10 Mb/s [28], déjà très supérieurs à ceux de l'UMTS, mais qui pourraient s'élever jusqu'à 100 Mb/s vers 2010 avec l'utilisation des réseaux hertziens longue portée les plus performants. Conçue plus comme la généralisation systématique des meilleures techniques existantes (transmission par paquets et traitement numérique) partiellement déployées dans l'immédiat que comme une complète révolution technologique, l'évolution de la 3G à la 4G serait comparable à celle de la 2G au GPRS.

Le tableau suivant résume les caractéristiques du « saut technologique » de la 3G à la 4G.

17. Évolution des caractéristiques de la 3G à la 4G

3G	4G
Rester compatible avec 2G	Étendre les capacités 3G d'un ordre de magnitude 1
Part croissante de la commutation de paquets / disparition progressive de la commutation par circuits	Entièrement commutation de paquets
Combinaison d'équipements existants et de nouveaux développés	Tous les éléments du réseau sont digitaux
Transfert données jusqu'à 2 Mb/s	Débit très rapide : jusqu'à 100 Mb/s
De plus en plus de données numériques	Données numériques essentiellement

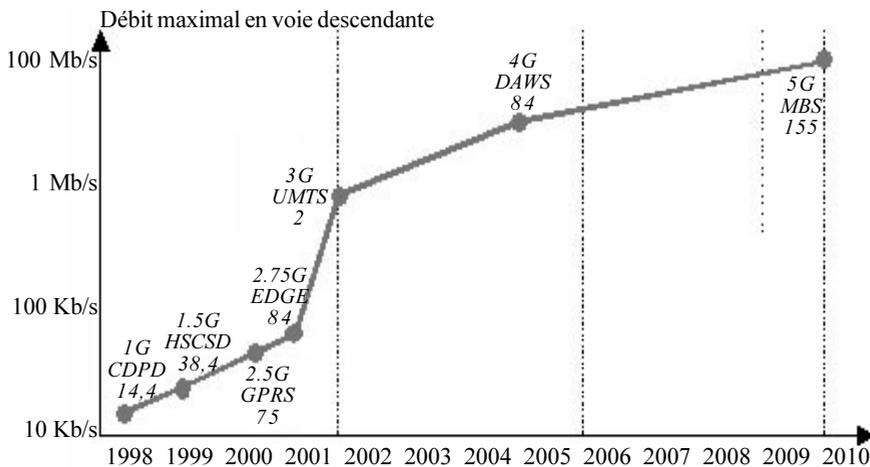
Source: [29].

Cette brusque accélération de l'évolution technologique pourrait donner l'occasion au Japon et à la Corée de devenir des acteurs de premier plan, voire les leaders mondiaux, dans ce secteur. Ces deux pays affichent une démarche très volontariste et cohérente envers la 4G, avec le soutien au moins implicite de l'État. NTT a annoncé le passage à la 4G pour 2006, avec pour objectif en 2010 un débit jusqu'à 100 Mb/s. Le groupe, qui s'est

associé fin 2000 avec Hewlett Packard pour étudier les applications 4G à très haut débit, prévoit par ailleurs l'achèvement en 2006 de la pose d'un réseau national en fibre optique, autorisant un débit de 1 Gb/s, à destination de tous les particuliers. En Corée, un pôle commun de RetD, constitué autour de cinq groupes nationaux, opérateurs télécom ou électroniciens (Korean Telecom, KTM.com, SK Telecom, LG Electronics et Samsung Electronics), bénéficiera d'un investissement de l'État de 12,5 milliards de Wons lors de la première phase ; l'objectif annoncé est l'introduction de la 4G en 2010. Alors que la 4G ne fait pas encore l'objet d'application commerciale à grande échelle, les instances internationales de normalisation (IUT) évoquent déjà les débuts de la 5G et du *Mobile Broadband System* (MBS) pour 2010.

Le graphique suivant montre les scénarios d'évolutions technologiques du mobile.

27. Les scénarios d'évolution technologique du mobile



Source : D'après [30].

Cette multiplication des technologies écorne la vision d'une norme UMTS facilitant la compatibilité des systèmes. Ainsi, les évolutions des protocoles d'interface pourraient augmenter la confusion.

3.5.4. Les WLAN, accès haut débit

Sur le plan technique, les réseaux locaux présentent une couverture géographique limitée en raison de la faible compatibilité *a priori* des équipements, que seul un opérateur national peut imposer par le choix d'un type précis de matériel. Inversement, il suffirait que la compatibilité technique entre différents matériels soit spontanément aisée pour que l'interconnexion à grande échelle soit réalisable de façon décentralisée⁶⁹.

69. L'organisation optimale en « cellule » reste par contre typique du savoir-faire d'un opérateur.

Alors que Bluetooth est plutôt dédiée à des communications de débit et de portée limités (typiquement entre un téléphone mobile et un PDA), le standard IEEE 802.11 est un LAN sans fil à très haut débit « hyperLAN »), conçu pour un usage en petite cellule (un bâtiment, un campus universitaire). Comme Bluetooth, le standard IEEE 802.11 n'intègre pas de gestion de mobilité ; en revanche, son débit, très nettement supérieur à celui de l'UMTS et la forte compatibilité technique qu'il assure entre les différents matériels, pourrait le conduire à concurrencer directement certaines applications des réseaux 3G des opérateurs. Élaboré en 1997, il est particulièrement bien adapté aux liaisons hertziennes des réseaux locaux informatiques et suscite l'intérêt des industriels de ce secteur. Les utilisateurs s'équipent d'une carte modem sans fil (carte WLAN⁷⁰) pour communiquer, à une portée d'environ 100 mètres, avec une borne d'accès (ou un ordinateur serveur disposant d'une connexion à haut débit). Ces bornes sont alors interconnectées par relais hertzien (*node*) ou par réseau filaire (câble et/ou Internet).

Ce standard a été développé pour favoriser la compatibilité entre matériels proposés par différents fabricants de cartes WLAN, quelle que soit la marque de la borne d'accès, et la maintenir de façon évolutive [31]. L'utilisation typique en est le partage par plusieurs terminaux de divers standards (PC ou ordinateurs de poche) d'une unique connexion Internet haut débit (xDSL), à la manière d'un réseau ethernet⁷¹ local [32]. Plusieurs versions ont permis de régler progressivement la plupart des problèmes de compatibilité.

C'est le cas de la version 802.11b (*WiFi*), dont les applications commerciales existent depuis 1999 (Apple, Lucent, Cisco). Son débit théorique de 11 Mb/s la destine aux transferts de données plus volumineux que ceux accessibles à Bluetooth.

Ses autres avantages [33] résident dans la minimisation des interférences, l'optimisation de la bande passante sur les canaux et une gestion des batteries au niveau de la borne d'accès. Cette version souffre encore de quelques faiblesses : une certaine lenteur pour les applications à large bande passante, une sécurité du transport des données assez controversée (en cours d'amélioration), une gestion limitée du *roaming* entre plusieurs points d'accès ou sur différents canaux, la nécessité pour ses utilisateurs de rester statiques (prochainement résolu avec l'intégration de la norme IPv6). Après avoir été adoptée par les entreprises et les universités nord-américaines, le faible coût de cette technologie (1 000 € pour l'émetteur et 100 € pour les récepteurs) a suscité la création puis l'interconnexion par voie hertzienne⁷² de réseaux locaux personnels, créant de fait des réseaux libres couvrant plusieurs grandes villes (Seattle, San Francisco, Londres)⁷³.

70. *Wireless Local Area Network*, réseau local qui utilise les hautes fréquences radios.

71. Progrès en capacités de réseau.

72. L'interconnexion entre les différents *nodes* est assurée par une orientation précise des antennes (face à face en ligne directe), en raison de la fréquence élevée de transmission.

73. Sur le plan législatif, cette technologie utilise la bande ISM de 2,4 Ghz (2400-2483,5 MHz), normalement allouée à travers le monde pour des opérations sans licence. Aux États-Unis (et Canada), cette bande n'est pas réglementée par les autorités fédérales, à condition de ne pas dépasser une puissance d'émission de 1 watt, ce qui correspond à près de 5 fois la

Cette ouverture restreinte pourrait conduire le législateur à une position contradictoire avec les objectifs concurrentiels, techniques et d'aménagement du territoire de la 3G et, plus généralement, avec la réduction de la « fracture numérique ». En effet, malgré ses imperfections, le standard IEEE 802.11 permet aux particuliers de disposer de réseaux locaux hertziens, offrant des débits 200 fois plus rapides que le GPRS.

D'un autre côté, leur gratuité pourrait sérieusement affecter la rentabilité des investissements concédés dans l'UMTS et conduire les opérateurs cellulaires à de nouvelles actions de lobbying. Les autorités pourraient être conduites à protéger par voie législative les intérêts des opérateurs au détriment des usagers.

Le succès de ce protocole IEEE est tel que ses évolutions se succèdent très rapidement. Intel, par ailleurs propriétaire de l'un des plus importants fabricants de matériels de réseaux (Xircom), tente de rallier d'autres constructeurs de matériels pour les réseaux (Proxim, Enterasys). Cette intervention sur le marché des réseaux locaux sans fil (WLAN) concrétise probablement une nouvelle étape dans la concurrence entre, d'un côté, les électroniciens et les informaticiens⁷⁴ et, de l'autre, les opérateurs et équipementiers télécoms, promoteurs quant à eux de la norme Bluetooth.

3.5.5. La concurrence informatique/télécoms

Cette concurrence intersectorielle pourrait s'accroître avec l'apparition continue de nouvelles technologies de transmission sans fil sans cesse plus rapides et dont l'essentiel du savoir-faire est concentré dans le processeur. Ainsi, l'*Ultra Wideband* (UWB), couramment utilisée pour les radars et les périphériques de localisation, pourrait être déclinée aux applications télécoms en offrant potentiellement, à terme, des débits jusqu'à 1000 fois supérieurs à ceux du 802.11b [36]. Le traitement de la transmission radio diffère assez fondamentalement des précédentes⁷⁵, ce qui confère à l'UWB des caractéristiques très intéressantes : absence d'occupation en continu d'une partie du spectre radio (au contraire des protocoles 802.11b et Bluetooth), émetteurs et récepteurs plus simples à fabriquer (un processeur unique), puissance d'émission minimale requise très faible (de 50 à 70 milliwatts, soit

puissance d'un matériel opérationnel (pour un débit 200 fois plus élevé que celui d'un modem classique). En France, les restrictions de puissance sont beaucoup plus draconiennes : au maximum 100 mW dans la seule sous-bande 2446,5-2483,5 MHz, en usage libre à l'intérieur des bâtiments ou, après autorisation préalable de l'ART, à l'extérieur des bâtiments sur les propriétés privées [34]. Un timide assouplissement est envisagé par l'ART pour le 1^{er} janvier 2004 sans pour autant étendre l'usage opérationnel de cette technologie au domaine public [35].

74. Les éditeurs de logiciels spécialisés dans le développement des OS (RedHat, Microsoft, 3GLabs) pourraient développer des versions adaptées aux mobiles, compatibles avec les parcs informatiques installés, les logiciels téléphoniques GSM/GPRS/UMTS et, par ailleurs, économes en mémoire.

75. Porteuse modulée par durée d'impulsions et non en flux continu.

environ le 1/10 000 d'un mobile cellulaire) pour une portée restreinte, largeur de bande supérieure pour un plus grand nombre d'utilisateurs, très bonne gestion potentielle de la sécurité. Mi-2001, les processeurs UWB de seconde génération atteignaient des débits d'environ 60 Mb/s.

La seule limite d'amélioration du débit et de la portée de l'UWB serait leur finesse de gravure. Les partisans de cette technologie regroupent des fabricants spécialisés, des concepteurs de processeurs ou de matériels informatiques (dont Compaq⁷⁶, Intel et Motorola), le secteur militaire et l'industrie lourde civile. Cependant, le spectre de fréquence utilisé, déjà très parasité par les appareils électroménagers, est réglementé aux États-Unis par la FCC. Les perturbations engendrées par l'UWB, fonction de la puissance d'émission, du réglage de fréquence et de sa modulation, doivent être compatibles avec le bon fonctionnement des autres réseaux radios (TV, AM, FM, GPS). La FCC devrait publier fin 2001 les conditions d'une éventuelle commercialisation de l'UWB appliquée aux télécoms.

On savait que le développement technologique de la norme UMTS posait en soi de nombreuses difficultés. Or, on comprend désormais qu'il faut aussi composer avec une multitude de technologies hautement concurrentielles, ce qui ne facilitera pas sa réussite.

3.6. L'incertitude sur les besoins réels

L'étendue des services qui devraient être offerts par la 3G laisse songeur. On peut légitimement se demander si celle-ci répond à une véritable attente du marché et donc si la demande sera en mesure d'absorber l'offre.

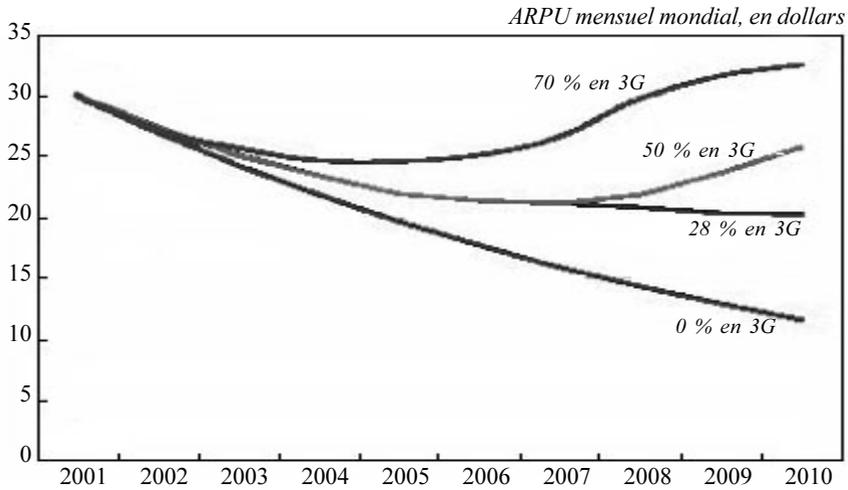
3.6.1. Les scénarios d'évolution de l'ARPU

La demande exprimée pour des services 3G est incertaine sur les plans quantitatif et qualitatif. Tout d'abord, la divergence des prévisions de taux de pénétration des services 3G au niveau mondial est très importante : elles s'échelonnent de 28 %, cas étudié en détail par le Forum UMTS [37], à 70 % selon les analystes et les pays⁷⁷. Ce taux, égal au nombre d'abonnements souscrits rapportés à la population, est la première variable qui conditionne la recette moyenne anticipée par abonné (ARPU). Sous les hypothèses de prix moyens des services retenues dans l'analyse de l'UMTS Forum [37], l'ARPU évolue à l'horizon 2010 dans une fourchette de 20 à 32 dollars, pour un taux de pénétration de 28 à 70 % : (voir graphique suivant)

76. Qui, en septembre 2001, a fusionné avec HP, associé par ailleurs avec NTT pour des applications 4G.

77. En particulier, alors qu'Ovum envisage une pénétration de l'UMTS au Royaume-Uni et aux Pays-Bas, respectivement, de près de 80 % et de 70 % en 2010, Lehman Brothers anticipe au contraire moins de 25 % pour le Royaume-Uni et Goldman Sachs moins de 30 % pour les Pays-Bas.

28. Conséquence sur l'ARPU mondial du déploiement de la 3G



Source : Telecompetition, février 2001, in [37].

Les prévisions sur l'évolution de l'ARPU sont en fait mitigées.

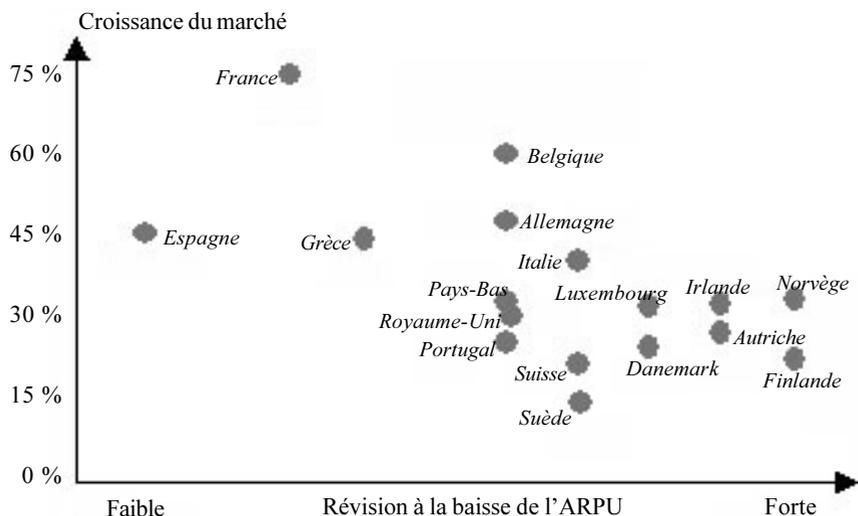
Globalement, le Forum UMTS se veut optimiste : en 2010, les revenus générés par l'UMTS seraient de 322 milliards USD ; les services hors voix seraient majoritaires dès 2006 et représenteraient 66 % des revenus de la 3G en 2010 ; les revenus publicitaires représenteraient 20 % des revenus totaux. Les opérateurs partagent cette perception du marché et escomptent un accroissement de l'ARPU de 25 %, grâce au développement des services de transfert de données et d'accès Internet mobile.

Néanmoins, un retour rapide à la rentabilité de l'UMTS pour les opérateurs européens nécessiterait plutôt un quasi-doublement de la facture moyenne d'un abonné GSM et une substitution de la 3G à la 2G (part de marché supérieure à celle de la 2G après 5 ans, puis de 80 % après 10 ans) qui apparaît maintenant excessivement optimiste. En particulier, l'intérêt du déploiement d'une technologie alternative moins onéreuse, le GPRS, ralentirait celui de la 3G.

Surtout, les prévisions d'ARPU sont régulièrement remises en cause par les analystes en raison de la surestimation des recettes des différents services : les revenus traditionnels (voix) diminueraient sous l'effet du prépayé et sous la pression de la concurrence, en particulier en Europe, et ne seraient compensés par les revenus des services Internet qu'à hauteur de 60 %. Pour les plus pessimistes, l'ARPU européen diminuerait de 15 % entre 2000 et 2005 [38] et ne se stabiliserait qu'en 2015⁷⁸.

78. La même source propose des prévisions de l'ARPU pour tous les pays européens jusqu'en 2005. Par souci de synthèse, seules les données les plus récentes, en particulier [40] et [5], sont présentées dans le texte. Le détail chiffré de [38] est cependant disponible en annexe 1.

29. Révisions à la baisse des prévisions de l'ARPU en Europe



Source : [39].

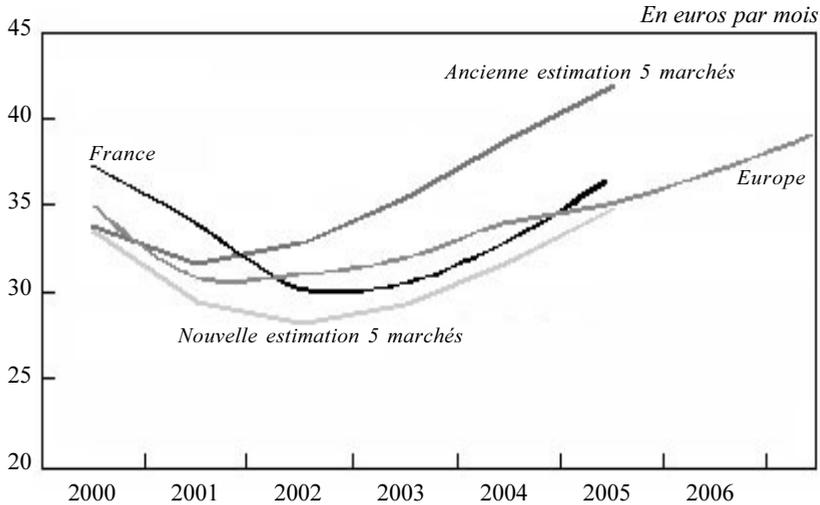
La marge d'exploitation des opérateurs baisserait à partir de 2003, deviendrait négative en 2007 et ne redeviendrait positive qu'en 2013 [38]. L'ARPU minimal doit satisfaire plusieurs types de contraintes.

Tout d'abord, l'amortissement du prix des licences supposerait un ARPU d'équilibre de l'ordre de 61 €/mois, alors que les prévisions optimistes du Forum UMTS évaluaient l'ARPU à environ 33,6 €/mois. De fait, le cabinet NorthStream estimait, en mai 2001, que l'ARPU nécessité par les opérateurs qui n'ont pas dû payer leurs licences 3G est inférieur à 70 % de celui requis par ceux qui en ont acquis en Allemagne ou au Royaume-Uni.

Ensuite, le coût des impératifs de couverture est à relativiser selon la densité de la population. Pour des pays à forte densité comme l'Allemagne, l'ARPU d'équilibre pour couvrir 99 % de la population est à peu près équivalent à celui nécessaire pour en couvrir 80 % de la même population. À l'inverse, pour les nordiques, l'ARPU d'équilibre représenterait environ 125 % de celui nécessaire en Allemagne. Les opérateurs qui ont acquis des licences en Allemagne, au Royaume-Uni et en France et qui sont par ailleurs globalement les plus engagés sur les 5 grands pays européens doivent donc faire face à la dégradation prévisionnelle de l'ARPU sur ces mêmes marchés : (voir graphique suivant)

Les raisons de la baisse tendancielle de l'ARPU sont à trouver dans la pratique commerciale des opérateurs et, plus généralement, une inertie de la consommation envers une diffusion de masse effective en l'absence de forte baisse des prix. Cela a conduit les opérateurs à reconsidérer leurs stratégies.

30. Comparaison des ARPU prévisionnels en France, Europe, moyenne des cinq grands marchés européens



Sources : Rapports de sociétés et Bernstein Research (05/01), in [40], Morgan Stanley (08/01), in [5].

3.6.2. Les stratégies commerciales des opérateurs

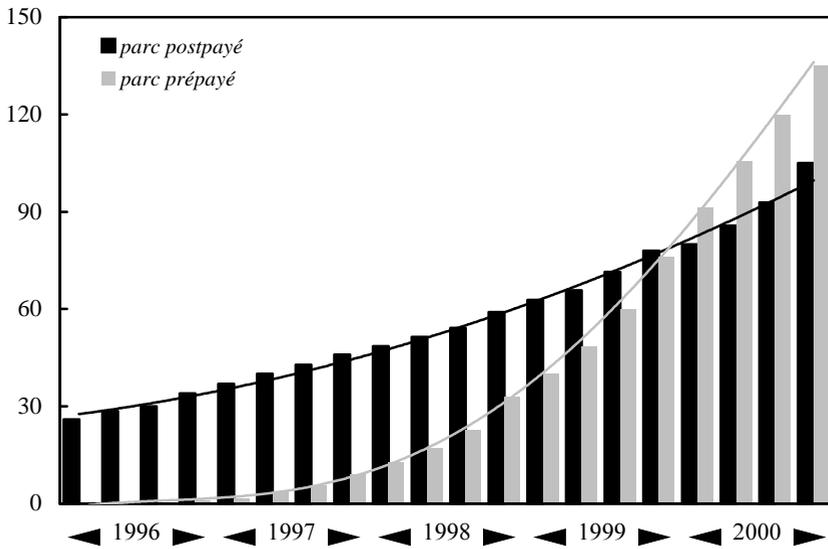
Dans le cas du GSM, la volonté des opérateurs d'élargir sans cesse leur base d'abonnés s'est traduite par de nouveaux modes d'abonnement qui conduisent à diminuer le coût d'acquisition par abonné, en particulier, les cartes prépayées [21]. Cette stratégie commerciale s'avère nécessaire, du point de vue des opérateurs historiques européens, pour que les revenus du mobile deviennent proportionnellement significatifs (seuil de 15 % des recettes moyennes par usager), alors que l'impératif des nouveaux entrants du GSM est l'amortissement de leur infrastructure mobile. De fait, face à la saturation du marché de la téléphonie mobile le pré-paiement est devenu le principal moteur de la croissance du marché mobile européen et, en particulier, du marché français : (voir graphiques suivants).

La baisse régulière du prix de vente sur le marché du GSM correspond aux stratégies d'écrémage discriminant, caractéristiques des structures oligopolistiques soumises simultanément à un choc concurrentiel (de nouveaux entrants) et à une volonté de diffusion auprès du grand public (le prépayé).

Enfin, l'ouverture progressive à la concurrence internationale et l'apparition d'opérateurs privés s'appuyant sur une clientèle exclusivement constituée d'entreprises a accéléré la baisse des prix depuis 1998 en Europe et en France, en particulier pour les utilisateurs intensifs.

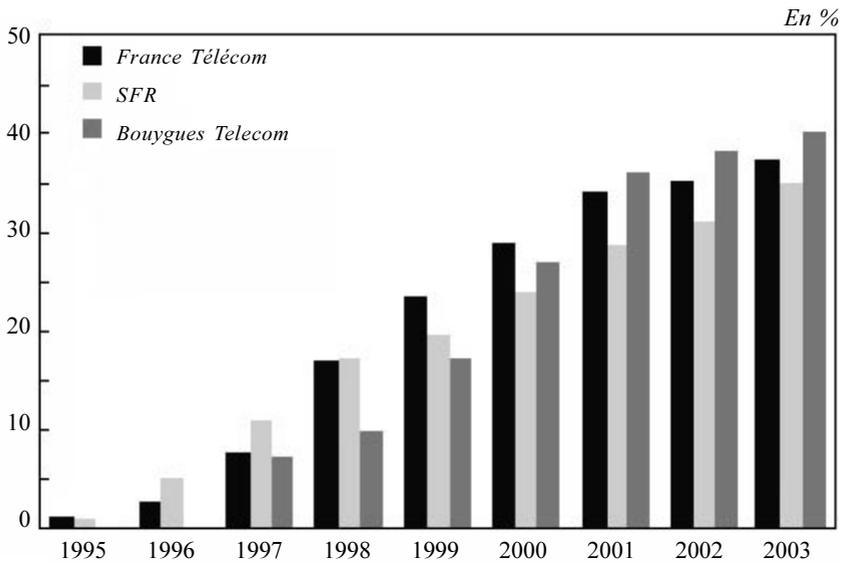
Contre la baisse tendancielle de l'ARPU lors de l'introduction de la 3G sera donc difficile. On assiste en effet à une diminution des revenus traditionnels couplée à une croissance lente et très progressive des nouveaux services.

31. Parcs de mobiles prépayés et postpayés en Europe



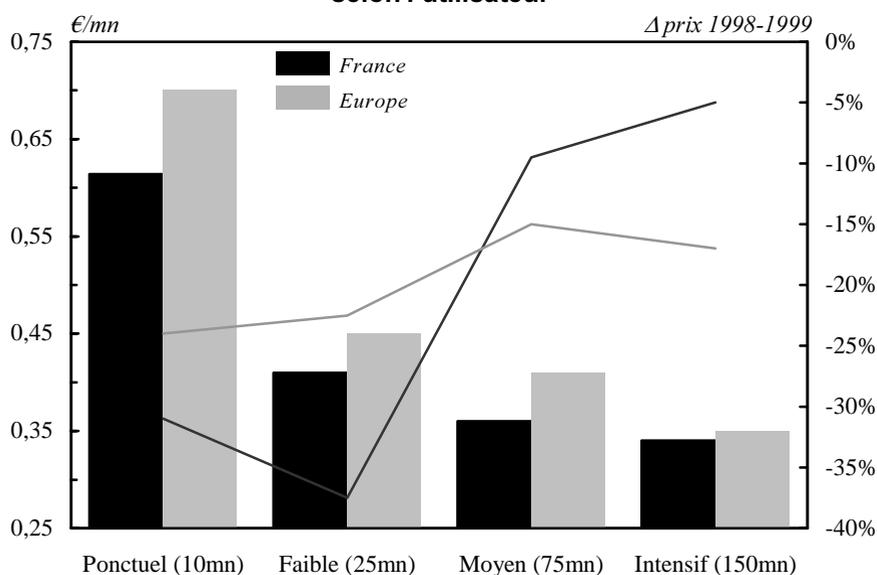
Source : [5].

32. Part du prépayé dans les ventes totales en France



Sources : ART, Rapports annuels, Merrill Lynch, Morgan Stanley, Deloitte Consulting Analysis, in [41].

33. Évolution du prix moyen d'une minute de communication selon l'utilisateur



Source : D'après [5].

Outre les effets de la concurrence (prépayé, pression à la baisse des prix), la volonté délibérée, tant des autorités nationales et communautaires que des équipementiers de favoriser le *roaming* international se traduira pour tous les opérateurs par la disparition d'une rente sur les appels internationaux. Bien que celle-ci ne constitue pas une cible sur le marché des mobiles, sa disparition demeure préjudiciable aux opérateurs.

Le succès apparent des premiers produits de transition (non vocaux) vers la 3G, en l'occurrence le SMS, semble traduire, dans un premier temps, une tentative des usagers pour limiter leur facture au détriment des communications traditionnelles plus onéreuses (motivation évoquée par près des 2/3 de l'échantillon d'un sondage IPSOS/Kiwee début 2001). L'évolution à moyen terme de l'ARPU reste ambiguë. Sur le modèle japonais, un redressement est envisageable. La diffusion de l'*I-mode* aurait effectivement entraîné une augmentation de 10 % du nombre d'appels vocaux, essentiellement de la part des utilisateurs de l'Internet mobile après l'envoi d'un message électronique. Inversement, ce service est un succès commercial auprès d'une clientèle assez jeune, dotée d'un revenu inférieur, ce qui tend à diminuer l'ARPU. Indépendamment de la clientèle, de nombreuses applications, fixes ou mobiles (voix, vidéo, téléchargement, transfert de données), susceptibles d'un transfert sur la 3G, sont soumises à une concurrence technologique potentielle (DVD, VHS, CD, TV, câble, satellite, ADSL), ce qui limite les possibilités de hausses des prix.

Les opérateurs espèrent que leur marque deviendra un repère assez fort pour modifier progressivement les habitudes de consommation. Toutefois,

une stratégie de marque demande beaucoup de temps et de communication efficace et nécessite une maîtrise de l'évolution de paramètres techniques qui ne dépendent pas uniquement des opérateurs (facturation du commerce mobile, ergonomie des terminaux et des sites, sécurité de paiement).

3.6.3. Une offre de services inadaptée

L'exemple du GSM suggère qu'une diffusion réussie de la 3G sera peut être davantage conditionnée à une couverture suffisante et une offre de produits et de services suffisamment large à des prix concurrentiels. Ceci renvoie à la pertinence de l'analyse qualitative des besoins. Les capacités techniques de l'UMTS, qui justifient l'ampleur de l'investissement, semblent surdimensionnées par rapport à la demande exprimée. Les explications sont à rechercher d'une part, dans le comportement des usagers et les analyses erronées de la part des opérateurs et des équipementiers.

En fait, les projections ne semblent pas réellement favorables à l'émergence de la 3G. Actuellement, seuls 2 % des abonnés utilisent de façon régulière les possibilités offertes par les opérateurs ; les succès commerciaux effectifs (GSM vocal, Minitel, *I-mode*) ont un contenu technologique assez faible (le débit actuel de *I-mode*⁷⁹ est comparable à celui du GSM, soit 9,6 kb/s). Une enquête SOFRES, réalisée en France en 2000, révèle que les attentes des usagers concerneraient en priorité la simplicité d'utilisation, une tarification attractive (prépayée, forfait illimité, facturation au volume et non au temps de connexion), l'utilité et la diversité des services proposés. Les services spécifiques à la 3G, comme l'accès à la vidéo ou le commerce mobile, ne semblent pas rencontrer le succès escompté. Ainsi, les usages du type SMS/MMS peuvent se satisfaire d'une compression vidéo en 2G (version améliorée du e-mail), alors que l'image (cinéma ou sport) ou l'écrit ne se conçoivent guère en l'absence, respectivement, d'un écran large (TV) ou d'une imprimante. Pour le MIT Media Labs, le débit de 64 Kb/s du GPRS serait suffisant pour les applications mobiles sollicitées par les consommateurs, compte tenu du coût rédhibitoire de la 3G [42].

NTT procède de fait à la même analyse de fond. L'opérateur estime que les services 3G, proposés au Japon à partir d'octobre 2001, ne devraient être adoptés qu'au plus par 0,25 % de sa clientèle la première année, pour atteindre 10 % après trois ans (soit 6 millions d'abonnés). Cette clientèle se recruterait essentiellement parmi les abonnés des entreprises des grandes villes (Tokyo, Osaka et Nagoya) [43]⁸⁰. Surtout, les revenus de ces services resteraient marginaux pendant plusieurs années en regard de ceux des communications vocales, les réseaux 3G à 384 Kb/s n'assurant pas la rentabilité des projets de musique ou de vidéo à la demande.

79. Il ne sera porté à 20 Kb/s (moins que le GPRS) qu'en 2001, soit bien après sa réussite commerciale.

80. La phase test d'un service 3G (FOMA), dont le lancement était prévu le 30 mai 2001, a suscité un très grand intérêt auprès des 20/30 ans (35 % des demandes) et des 30/40 ans (42 % des demandes), soit une population en moyenne sensiblement plus âgée que celle utilisatrice du *I-mode*.

34. Applications GPRS/EDGE/UMTS

Technologie	Vitesse maximum de transmission							
UMTS/CDMA2000 6X +	144-384							
EDGE/CDMA2000 3X	40-100							
GPRS/CDMA2000 1X	30							
HSCSD/IS95B								
2G								
Taux de données (Kbps)	9,6	14,4	32	64	128	384	2 000	
Applications	Performance de l'application							
Voie, SMS	●	●	●	●	●	●	●	●
Email	○	○	●	●	●	●	●	●
Accès Internet	○	○	○	○	●	●	●	●
Accès base de données	○	○	○	●	●	●	●	●
Synchronisation	●	●	●	●	●	●	●	●
Transfert de document	○	○	○	●	●	●	●	●
Localisation	○	●	●	●	●	●	●	●
Transfert d'image	○	○	●	●	●	●	●	●
Vidéo basse résolution	○	○	○	●	●	●	●	●
Vidéo haute résolution	○	○	○	○	○	●	●	●

○ Piètre ○ Raisonnable ● Excellente

Source : D'après documents Motorola.

Parallèlement, les prévisions initiales des opérateurs paraissent en décalage avec les enseignements de l'échec du WAP et du succès de l'*I-mode*. En ce qui concerne le WAP, le bilan apparent auprès des utilisateurs européens est très négatif : en Finlande, alors que 65 % de la population est équipée en mobile, seuls 1 % des possesseurs utilisent le WAP. Une étude menée par Forrester Research en août 2000 auprès de 9 000 utilisateurs de services WAP en France et en Allemagne révèle que 70 % d'entre eux seraient déçus des prestations proposées. L'échec semble patent sous deux aspects dues notamment à des problèmes de réseau :

- le modèle de services : services lents, peu nombreux et présélectionnés par l'opérateur, accès imposé par le portail de l'opérateur, manque d'ergonomie des terminaux (écran trop petit) et des sites (navigation malaisée, contenu surchargé), absence de protocole assurant la sécurité des transactions ;
- le modèle de tarification : facturation au temps de connexion, alors que l'accès aux sites non optimisé est particulièrement lent.

La nouvelle version du WAP (WAP 2), développée par le WAP Forum en compatibilité avec les terminaux Nokia, Ericsson et Motorola, présente des améliorations techniques (nouveau protocole assurant l'accès par navigateurs PC, meilleure optimisation pour le GPRS) qui résolvent partiellement les problèmes du modèle de services, mais ne changent pas fondamentalement le modèle de tarification.

Inversement, le succès de l'internet mobile⁸¹, outre des caractéristiques globalement à l'inverse de celles du WAP, repose aussi sur des spécificités difficilement transposables à la 3G en Europe.

3.6.4. Une réussite conditionnée à des spécificités nationales

Tout d'abord, l'usage du mobile au Japon est favorisé par le prix élevé de la téléphonie fixe (3 à 4 fois plus chère que le mobile conventionnel), au détriment de l'accès Internet fixe (par PC), dont la diffusion est bien inférieure à celle constatée en Europe et, surtout, aux États-Unis. Cela résulte d'une concurrence, entre opérateurs, d'ordre technologique et d'innovation de service, et non tarifaire (absence de carte prépayée), soutenue par une structure oligopolistique du marché. La contrainte géographique semble pertinente⁸². L'achat d'un PC dédié à Internet est peu fréquent, en raison du prix de l'espace en ville et de celui des PC portables. De plus, une partie importante de la population urbaine utilise les transports collectifs sur de longues distances (consommation instantanée). L'aspect sociétal peut être évoqué, avec toutefois une certaine prudence. Les japonais seraient plus enclins à communiquer par mobile (jeux, *mangas*⁸³, dialogues en direct) pour compenser le formalisme des relations sociales⁸⁴ et pour satisfaire une forte sensibilité à la technologie, jusqu'à l'engouement pour le gadget. Enfin, il y a une différence fondamentale dans la démarche commerciale, typique des groupes japonais d'électronique grand public, pour laquelle la segmentation vise d'abord la création de la base de clientèle la plus large possible.

À la grande différence du WAP, pour lequel se manifeste la volonté des opérateurs d'en faire une offre de services contrôlée, l'*I-mode* est un terminal « propriétaire » avec une offre de services ouverte : l'accès est réalisé par un portail paramétrable, avec des accès directs aux sites choisis par l'utilisateur. Il y a donc véritable adéquation du service proposé à un besoin latent non satisfait.

Les applications futures de la 3G présentées par les équipementiers européens (le mobile comme télécommande universelle pour s'identifier, choisir, s'informer, communiquer, contrôler la domotique) ne correspondent peut être pas à un modèle sociétal européen homogène, au contraire du concept de base du mobile (être potentiellement en communication où que ce soit). L'échec du WAP rappelle la capacité de résistance du consommateur à un modèle de consommation auquel il n'aspire pas spontanément, qu'il s'agisse de la confidentialité des informations relative à sa personne, de son autonomie par rapport à son opérateur ou de sa demande en contenu personnalisé (ce qui exclurait *a priori* l'actuelle domination de l'anglais).

81. La version la plus répandue, l'*I-mode*, ne génère cependant que 10 % du chiffre d'affaires de NTT.

82. Elle pourrait tout aussi bien être évoquée dans le cas des pays scandinaves.

83. *Mangas* : bandes dessinées, dessins animés, déclinés en jeux vidéo.

84. Au crédit de cet argument, l'ARPU japonais est de 83 €, soit plus du double de son équivalent européen. Selon NTT, la composante *i-mobile* pourrait en représenter 50 % vers 2005.

Une croissance significative de l'ARPU suppose donc une évolution quantitative et qualitative. Mais il n'est pas certain que l'offre de produits, potentiellement performants, suffira à la susciter, alors que les moyens de communication ont traditionnellement été détournés de l'usage conçu initialement par leurs promoteurs.

3.7. L'instabilité des structures de marché à terme

Au vue des points évoqués jusqu'ici, on comprend mieux les incertitudes qui pèsent sur l'UMTS, que ce soit sur le plan financier, technologique ou commercial. Ces trois facteurs sont intimement liés à l'UMTS et évoluent en même temps que celle-ci.

Les projets innovants présentent plusieurs évolutions fondamentales pour les différents acteurs par rapport aux modèles en vigueur. L'UMTS répond à cette définition large sous plusieurs aspects :

- la technologie : les réseaux radioélectriques UMTS utilisent une interface CDMA, ce qui constitue un saut technologique avec les réseaux GSM qui fonctionnent en TDMA⁸⁵. Toutefois, le succès de la technologie antérieure et des usages qui en résultent peuvent être un frein au déploiement de celle qui lui succède, comme en témoigne le lent développement d'Internet en France après la réussite du Minitel. Il n'est donc pas exclu que la réussite du GSM soit un frein au développement de l'UMTS ;

- le modèle financier : du fait de l'incompatibilité technologique et des délais d'amortissement nécessaires (8-10 ans dans le cas d'un réseau GSM), l'UMTS se substituerait intégralement au GSM dont les infrastructures, en particulier le sous-système radio (investissement de 1,83 à 2,75 millions €), ne sont pas toujours complètement amorties. Cela peut constituer une forte incitation à opter pour des systèmes intermédiaires, gérant mieux financièrement la transition technologique⁸⁶ ;

- le modèle économique et commercial : la rupture est double. Tout d'abord, le passage de la 2G à la 2,5G se traduit par des services de mobilité à des débits relativement élevés. Ensuite, l'évolution vers la 3G introduit un système ouvert : alors que dans le cadre du GSM les services étaient intégrés (systèmes propriétaires), réduisant la concurrence à sa dimension tarifaire, les opérateurs UMTS devront se différencier par l'ouverture de leur plate-forme de services à des prestataires extérieurs⁸⁷.

85. Cf. chapitre précédent.

86. Cet élément est décisif dans l'abandon provisoire de l'UMTS par Bouygues et le développement envisagé en GPRS/EDGE, sauf à bénéficier d'une profonde refonte des conditions tarifaires.

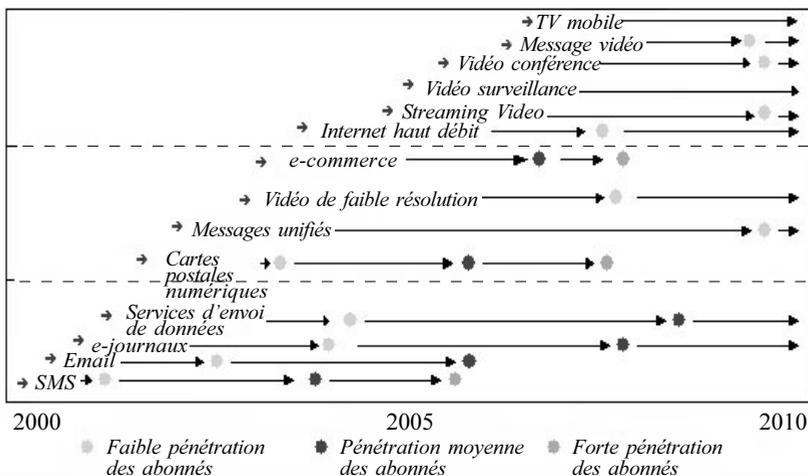
87. Ce qui est une des raisons avancées du succès de l'*I-mode*.

3.7.1. L'incertitude temporelle

Une des conséquences opérationnelles du caractère innovant de ces projets est la sous-estimation de leurs dépenses et le report dans le temps de leurs recettes. L'UMTS présente probablement jusqu'à la caricature ce handicap. Les révisions à la baisse de l'ARPU s'opèrent à la fois sur les plans quantitatif, qualitatif et temporel, alors que les investissements s'avèrent beaucoup plus importants ; cela est la résultante de coûts non anticipés (bien qu'on n'ait pas forcé les opérateurs allemands et britanniques à enchérir sur les licences, les prix se sont largement élevés sous la pression concurrentielle), de la difficulté de l'élaboration technique, mais aussi de la charge financière de la dette accumulée.

Tout cela remet en cause le plan de charge des opérateurs qui doivent impérativement trouver des technologies alternatives pour pallier le manque d'activité actuelle et honorer leurs échéanciers [8]. Nous avons vu dans notre première partie que plusieurs d'entre eux pourraient courir un risque de faillite ou de dévalorisation boursière irréversible. Une menace potentielle est donc que la 3G devienne techniquement opérationnelle après que des technologies partiellement alternatives auront été déployées pour satisfaire les besoins successivement exprimés mais aussi la nécessaire croissance du chiffre d'affaires (voir graphique ci-après).

35. Chronologie des services 3G

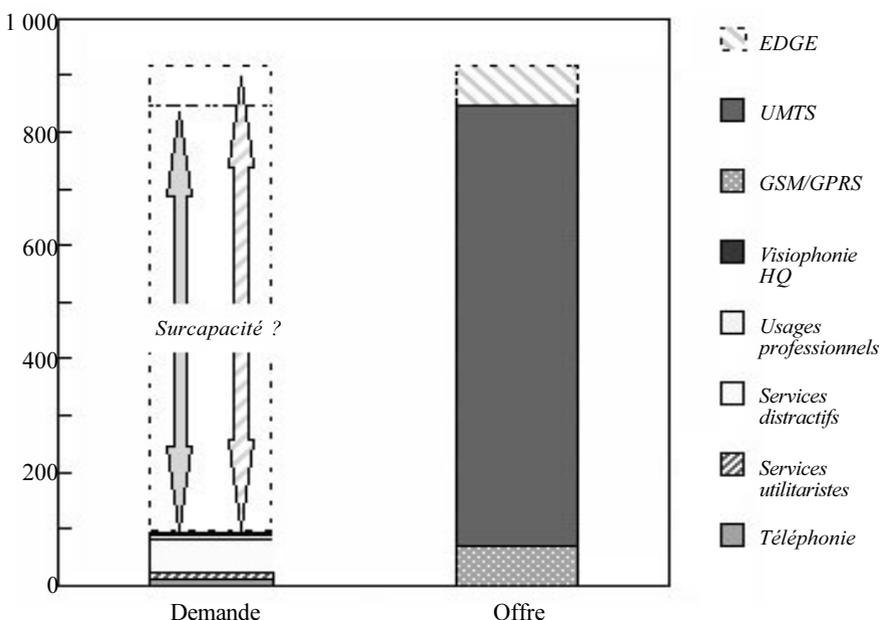


Sources : Deloitte Consulting Analysis, Market reports, Ovum, Salomon Smith Barney, interviews, in [5].

Le rôle de l'incertitude temporelle est manifeste pour les besoins en fréquences. Fondamentalement, si le besoin à long terme n'est pas remis en cause, en raison de la hausse régulière du trafic et des exigences en termes de débits des nouvelles applications, le problème serait plutôt lié à la crois-

sance par vagues successives (brusques accélérations suivies de ralentissements). Lors de l'attribution des licences en France, FTM et SFR estimaient que de nouvelles ressources leur seraient nécessaires dès, respectivement, 2005 et au plus tard, 2009. À un horizon intermédiaire de 2012, d'autres prévisions françaises [15] anticipent au contraire un fort excédent de capacités. Enfin, au niveau international, devant l'ampleur du succès du GSM et sous l'impulsion de la Conférence européenne des postes et télécommunications (CEPT), la CM 2000 (Conférence mondiale 2000) négocie la disponibilité de la bande 2500-2690 MHz à l'horizon 2010-2015, voire la réaffectation de la bande 1 800 MHz⁸⁸ [45], [46] et [47]. L'incertitude temporelle se double même d'une seconde source d'interrogation consécutive à l'éventail des technologies qui seront disponibles (en particulier EDGE) (voir graphique suivant).

36. Évaluation de l'équilibre des capacités en France en 2012



Source : D'après [15].

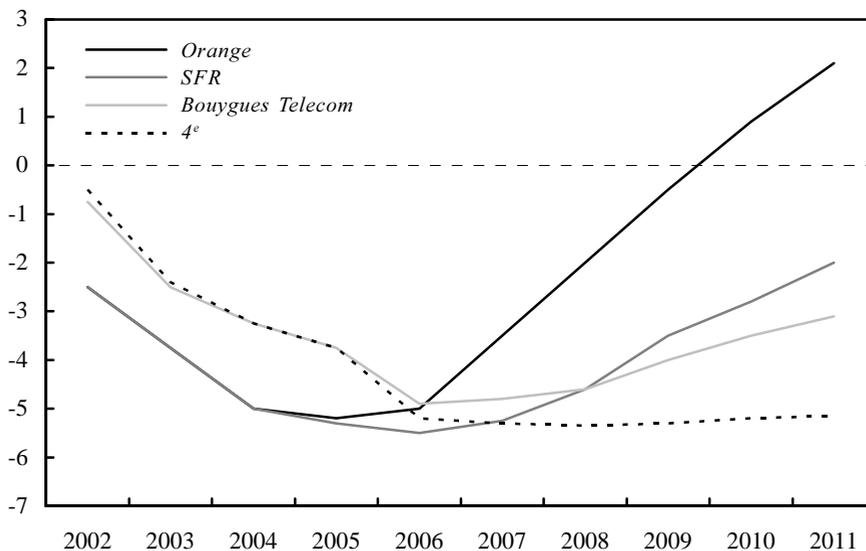
Même si les méthodes de prévisions diffèrent, une telle variabilité sur les besoins en fréquences et la chronologie de leur nécessaire disponibilité s'expliquent surtout par le volume de communications et le nombre de licences accordées⁸⁹.

88. Ce qui laisse en suspens la répartition FDD/TDD et surtout le problème des opérateurs GSM1 800.

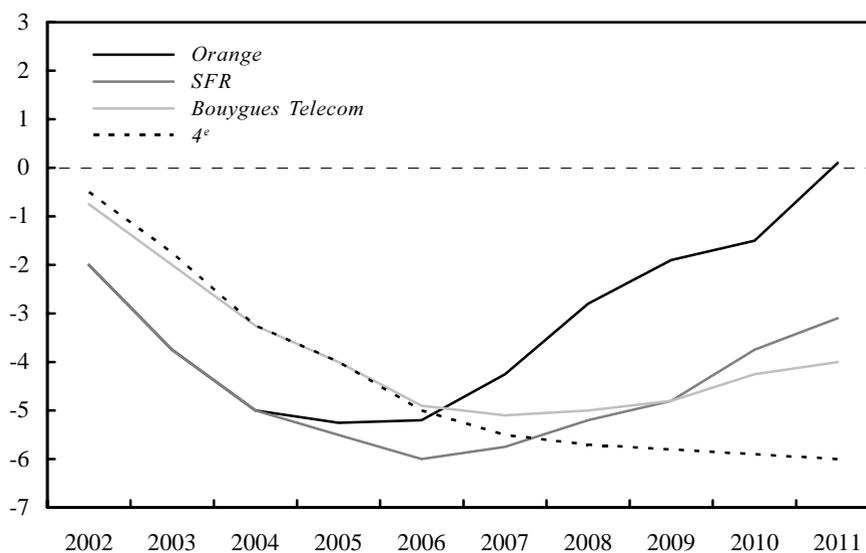
89. Chaque opérateur devant disposer d'une bande de fréquences spécifique.

**37. VAN sur le marché français avec euros opérateurs
à un prix de licence identique (4,95 milliards)
VAN – Marché à quatre opérateurs**

a. Sans concurrence tarifaire



b. Avec concurrence tarifaire



Source : [5].

3.7.2. L'importance de la part de marché dans la structure de l'industrie

Face à l'incertitude de l'ARPU et la hausse des coûts, la part de marché de chaque opérateur redevient essentielle.

Deux études conduites sur le marché allemand précisent la relation entre rentabilité, croissance de l'ARPU et parts de marché [14]. Tout d'abord, celle du cabinet NorthStream conclut que, face à un opérateur déjà installé détenant 20 % de part de marché, l'équilibre de rentabilité pour un nouvel entrant est atteint avec un ARPU supérieur de 37 % si sa part de marché s'élève à 20 % (identique) ou supérieure à 60 % si sa part de marché s'élève à 15 % (inférieure). Ensuite, celle de l'Institut Management Consulting MSM estime qu'un opérateur devra détenir une part de marché en Allemagne d'au moins 33 % pour être à l'équilibre en 2010.

Convenir qu'il existe une part de marché minimale pour atteindre l'équilibre financier est équivalent à admettre un nombre maximal d'opérateurs. Les nouveaux entrants sont par ailleurs défavorisés en l'absence d'une base installée, ce qui peut les conduire à une concurrence tarifaire pour atteindre le seuil critique. Dans ce contexte, la viabilité de l'ensemble des opérateurs (6 licences ont été attribués en Allemagne) pourrait être remise en cause.

Ces conclusions ne sont toutefois pas adaptées au marché français pour lequel il n'a jamais été envisagé de dépasser quatre opérateurs en suivant ainsi la règle des trois opérateurs GSM plus 1. On peut s'interroger sur le chiffre optimal entre trois et quatre. Les opérateurs pensent à la limitation en utilisant des arguments difficiles à évaluer. C'est ainsi que des simulations ont été effectuées en prenant pour base un marché UMTS de 46 millions d'abonnés en 2011 pour un chiffre d'affaires global de 37 milliards € [5]. Selon cette estimation, dans le cas où le marché est constitué des trois opérateurs GSM (FTM, SFR et Bouygues), s'acquittant chacun d'une licence au prix de 4,95 milliards €, la valeur actualisée nette (VAN), sans valeur résiduelle, devient positive en 2009 pour FTM/Orange, 2011 pour SFR et, dans le meilleur des cas fin 2011 pour Bouygues. Si le prix de la licence est diminué de moitié (soit 2,47 milliards €), les VAN deviendraient positives en moyenne deux ans plus tôt.

À partir de ce calcul, la viabilité d'un quatrième opérateur relève d'une expertise complexe. Si les résultats de la projection concluent à des difficultés certaines, il n'en reste pas moins que son introduction est loin d'être vouée à l'échec, et que la concurrence y gagnerait sûrement. Nous nous garderons donc de trancher définitivement sur le nombre adéquat d'opérateurs pour la norme UMTS. Une seule certitude : celui-ci ne saurait cependant excéder la limite de quatre opérateurs présents sur ce marché.

3.7.3. Vers une concentration du secteur

L'analyse théorique propose plusieurs schémas d'évolution à long terme. Si, pour des raisons techniques, le coût marginal du trafic est continuellement décroissant pour un opérateur, dans des conditions de concurrence pure et parfaite (coût marginal égalisant la recette marginale), l'équilibre est

a priori inaccessible. Trois stratégies se présentent alors à l'opérateur :

- tenter d'obtenir la plus grande part de marché pour amortir ses frais fixes sur la plus grande production possible et faire tendre, *in fine*, son coût moyen vers le coût marginal (à la limite nul). L'élargissement des bases respectives de clientèle conduit à une concurrence tarifaire pour éliminer les autres opérateurs (équilibre de Bertrand), en particulier les plus faibles, ou à des absorptions [49] ;
- la collusion, ou du moins un équilibre de Cournot-Nash, d'autant plus probable que le marché est oligopolistique et les frais fixes élevés [48]. Son objectif est de parvenir à un prix de vente permettant au minimum de couvrir le coût moyen. Cela conduit à un niveau de prix limitant la demande et à un ralentissement de la croissance sur les marchés associés, le prix des licences peut être assimilé à un coût pour les opérateurs [49], ce qui peut renforcer cette tendance ;
- limiter le montant des frais fixes, soit unitaires par une dégradation de la qualité (service et couverture), soit totaux en ne couvrant qu'une niche du marché [13]. Dans les deux cas, il y a restriction par les quantités. Cette stratégie n'est *a priori* envisageable qu'en l'absence de concurrence, mais peut succéder à une phase de concurrence tarifaire très agressive.

Le mouvement de concentration à l'échelle européenne, qui s'est poursuivi pendant l'attribution des licences 3G, s'inscrit parfaitement dans ce schéma. Apparemment, il concrétise la libéralisation de marchés nationaux encore largement spécifiques, dans la perspective de l'achèvement d'un marché unique. Les grands opérateurs tentent d'élargir le plus possible leur base de clientèle sans qu'*a priori* une concurrence tarifaire exacerbée soit déclenchée. La constitution de groupes paneuropéens se justifierait par la recherche des économies d'échelle, même de l'ordre de 2 à 4 % de l'ARPU prévu en 2003 [44]. Cependant, outre les gains directs au niveau de la production, il existe des effets indirects importants [10], [15] : économies d'échelle en amont (relations avec les fournisseurs), en aval (circuits de distribution, image de marque, parc d'abonnés préexistant avec un moindre coût d'acquisition et de fidélisation plus faible), économies de variétés.

Les avantages de la concentration sont d'autant plus marqués que l'opérateur s'est imposé comme un acteur majeur sur le marché du GSM, *a fortiori* s'il s'agit d'un opérateur historique. En effet, dans ce dernier cas, il peut de plus opérer des subventions croisées entre activités matures ou en position monopolistique (le filaire, les communications internationales des particuliers) et celles en développement ou soumises à la concurrence internationale (le mobile, l'international des entreprises). L'existence d'un *free cash flow* important issu des activités amorties [15] lui assure une plus grande stabilité financière, un coût de l'endettement, à montant identique, plus faible et une meilleure viabilité dans le temps face à une activité ponctuellement déficitaire.

Après le montant atteint par les appels d'offre sur les marchés les moins fragmentés, donc *a priori* les plus susceptibles d'occasionner des économies d'exploitation ou de faciliter une qualité de service homogène et élevée (*roaming* international), le report du plan d'affaires de l'UMTS ne laisse

dorénavant envisager le maintien comme structure autonome que de ces seuls opérateurs. Au contraire de ce qui était annoncé et qui aurait été pertinent si le marché 3G avait respecté ses échéances [38], les économies d'échelle à la production importent peu dans le mouvement de concentration à court terme. L'atout déterminant des opérateurs paneuropéens est leur capacité financière.

En fait, les enchères se réinterprètent comme une concurrence tarifaire par la création active de barrières à l'entrée. La seule particularité de cette concurrence détournée réside dans le bénéficiaire : l'Etat, à travers le prélèvement d'un impôt exceptionnel [10], et non l'actionnaire ou l'utilisateur. Une fois la fragilisation financière des petits opérateurs irréversible, la consolidation devrait s'accélérer pour aboutir à la constitution de 5 ou 6 groupes, structurés autour des opérateurs GSM dominants sur les marchés majeurs d'Europe : Vodafone, BT Cellnet⁹⁰, FTM/Orange⁹¹, KPN/NTT/TIM, Telefonica, T-Mobil (Deutsche Telekom). Ce n'est qu'une fois la technologie mûre que les effets des économies d'échelle pourront éventuellement se concrétiser.

3.7.4. Les stratégies des opérateurs dans ce contexte

Pour échapper à une absorption hostile, les petits opérateurs seront contraints d'adopter rapidement une des deux autres solutions (collusion ou niche) ou de s'affilier volontairement à un de ces consortia, la situation étant particulièrement critique pour les nouveaux entrants⁹².

La stratégie suivie par le finlandais Sonera illustre ce dilemme : dans le dessein de constituer un groupe pan-scandinave, il s'est dans un premier temps associé en Norvège avec l'opérateur local Enitel, afin d'obtenir en octobre 2000 une licence UMTS au prix de 200 millions de couronnes norvégiennes (environ 25 millions €). En proie à de graves difficultés financières, Sonera n'a cependant pas été en mesure de réaliser un montage similaire en Suède et a abandonné de ce fait son projet initial. Finalement, après avoir investi 18 millions € dans cette filiale commune, Sonera a décidé en accord avec son partenaire norvégien la mise en liquidation de cette filiale en août 2001 et l'abandon de leur licence UMTS norvégienne.

Inversement, Group 3G, dans lequel Sonera est associé avec l'opérateur espagnol Telefonica Moviles, a conclu mi-septembre 2001 un accord pour le développement de son réseau 3G en Allemagne en coopération avec E-Plus (filiale de KPN). Telefonica souhaiterait étendre cet accord à d'autres parte-

90. Depuis juin 2001, les deux groupes issus du Royaume-Uni se livrent une concurrence exacerbée : après s'être associé avec Microsoft puis contre l'offre GPRS de BT Cellnet, Vodafone tente de prendre le contrôle de J-Phone, alors que BT Cellnet concluait des accords de réciprocité avec Deutsche Telekom.

91. FTM/Orange est implanté sur le marché UMTS dans onze pays européens (Royaume-Uni, France, Suède Belgique, Danemark, Pays-Bas, Suisse et, de façon plus minoritaire, Autriche, Allemagne, Italie, Portugal)

92. Dans le contexte du respect des échéances initiales de l'UMTS, Forrester Research évoquait la disparition des nouveaux entrants d'ici 2008 [38].

naires, en particulier Vodafone ; Sonera envisagerait de son côté un accord de partage des réseaux UMTS avec KPN [50]. Après une tentative infructueuse de devenir un acteur indépendant majeur, Sonera semble donc résolu à approfondir ses relations de partenariat avec deux des groupes dominants en Europe.

Sur un marché naissant et bien encadré sur le plan législatif, le gardien de la concurrence, représenté par la Commission, fait en sorte que la collusion directe soit peu probable. Par contre, les accords de mutualisation, qui peuvent s'interpréter comme une forme atténuée d'entente, vont probablement devenir la règle en Europe. Les États seront alors confrontés à une difficile régulation entre la défense de leurs intérêts patrimoniaux dans les opérateurs et les impératifs de respect de la concurrence et de protection des usagers. Conformément à la théorie et à la réalité constatée sur les marchés des télécommunications [51], la concentration sur le marché de la 3G conduirait probablement à une diminution de la croissance, en réduisant la concurrence à sa dimension technologique (cas du Japon). L'expérience française du GSM confirme que la compétition par les prix nécessite la présence d'au moins 3 opérateurs. À défaut d'un nombre suffisant d'opérateurs 3G, la régulation concurrentielle pourrait s'exercer dans une dimension plus transversale [14] en considérant les services de la voix (GSM, UMTS), de l'Internet mobile (GPRS, EDGE, WAP, UMTS), de l'accès (ADSL) et du transport (BLR). Fait nouveau, l'ART imposait à France Télécom mi-septembre 2001 une mesure conservatoire d'interconnexion entre son réseau et celui d'un câblo-opérateur privé (décision 01-851 du 31/08/01).

*
* *

En conclusion de ce chapitre, à l'évocation des problèmes rencontrés par l'UMTS, nous sommes plus dubitatifs quant à la réalisation de ses perspectives initiales.

L'importance des infrastructures nécessitées pour le déploiement de l'UMTS, combiné au prix sans doute excessif des licences, a fini par provoquer un endettement généralisé du secteur des télécoms. Cet endettement, supporté différemment selon les opérateurs, va probablement contribuer à ne laisser en place que les seuls opérateurs bénéficiant d'une capacité financière importante.

Il faut ajouter à cette lourde charge financière l'existence de contraintes technologiques auxquelles est subordonnée la réussite de l'UMTS. Alors que des difficultés environnementales et sanitaires liées à la puissance des émissions radio sont difficiles à résoudre en l'absence d'une législation au niveau international, il semble que des erreurs d'appréciation dans la maîtrise des paramètres technologiques aient été commises. C'est notamment le cas en ce qui concerne les terminaux. Dans le même temps, des technologies concurrentes et alternatives à l'UMTS se sont développées (connexions sans fil, améliorations logicielles, etc.), aboutissant finalement à l'émergence d'une nouvelle concurrence intersectorielle informatique/télécoms.

Enfin, le critère commercial constitue le troisième domaine d'incertitude dans la réussite de l'UMTS. Il n'est pas évident que le marché de la téléphonie mobile soit en mesure d'absorber l'offre de services générée par la norme UMTS. Dans ce cas, la baisse de l'ARPU, déjà entamée avec la baisse des prix consécutive aux nouvelles stratégies commerciales des opérateurs, deviendrait très problématique. Ceci fait ressortir l'importance prépondérante de la puissance financière des opérateurs pour rester dans le marché et laisse présager une probable concentration dans l'industrie de la téléphonie mobile.

On le voit, la réussite économique de l'UMTS passe par une bonne appréhension de ces différents facteurs à un niveau global évoqué tout au long de ce rapport.

Conclusion du rapport

L'Europe a su réussir la deuxième génération du téléphone mobile grâce à des politiques convergentes et bien coordonnées : ouverture du marché des services de télécommunications à la concurrence qui en a stimulé l'usage ; normalisation technologique du GSM qui a permis la création d'une offre d'infrastructures et de terminaux compétitive et dynamique ; attribution de fréquences radioélectriques pour la deuxième génération dans des conditions simples, homogènes et économiques. En moins de cinq ans, le taux de pénétration du téléphone mobile est passé en Europe de quelques pour cent à plus des deux tiers de la population européenne. L'économie européenne a largement bénéficié de ce développement rapide, en termes de croissance, d'emploi et de ressources publiques.

Dès 1998, les gouvernements européens et les services de la commission ont dans le cadre plus vaste du développement de la société de l'information souhaité créer des conditions analogues pour réussir la troisième génération du téléphone mobile, nouvelle génération devant intégrer la transmission de la voix et des données. Pour l'instant, le résultat a été plus mitigé.

La coordination technologique a été bonne. Une norme unique a été choisie par l'ensemble des pays européens, la norme UMTS. Bien qu'on ne puisse pas encore au stade actuel l'assurer, cette norme a toutes les chances de devenir la principale norme mondiale. En revanche, une certaine précipitation encouragée par les constructeurs d'équipements a perturbé l'équilibre financier des opérateurs en accélérant l'obsolescence des équipements de deuxième génération. En outre, la coordination européenne sur les modalités d'attribution des droits d'usage des fréquences radioélectriques a été très insuffisante. Dans une année 2000 où les anticipations sur le développement des nouvelles technologies étaient manifestement excessives et avaient perdu tout repère, il en est résulté une très grande dispersion des prix d'usage du spectre hertzien entre les pays européens. Si le principe du paiement de la « valeur économique » du bien public que constitue le spectre hertzien est économiquement fondé, la forte dispersion des prix

constatée montre que les prix n'ont pas représenté correctement la valeur du bien public concédé.

Par ailleurs, les modalités retenues ont dans l'ensemble plutôt conduit à un prix forfaitaire déterminé *a priori*. Cette méthode accroît fortement le risque d'échec financier et elle diminue l'incitation à investir. Or le projet UMTS est en soi un projet lourd et risqué. La technologie, qui relève à la fois des transmissions, de la radio et de l'informatique reste encore à développer et la demande des services de données reste à découvrir. L'addition d'un aléa financier aux aléas techniques et commerciaux déjà nombreux a créé les conditions d'une véritable crise du secteur des télécommunications.

L'hypothèse retenue dans cette étude est que l'Europe peut néanmoins réussir la troisième génération du téléphone mobile, à condition toutefois de prendre de nouvelles initiatives et de renforcer à l'avenir les conditions de son développement. L'économie même du projet conduit à penser que la réussite sera d'autant plus probable qu'elle sera collective, c'est-à-dire qu'une coordination suffisante aura pu être mise en œuvre d'une part entre les États, les opérateurs et les équipementiers, d'autre part entre les pays européens, afin de développer rapidement un marché de masse.

Encourager l'émergence d'un marché de masse

Une offre de télécommunications à la norme UMTS à destination des professionnels est probable dans les prochains trimestres. Au-delà, le véritable enjeu est de savoir si une diffusion de masse peut être espérée prochainement. Les incertitudes techniques et commerciales ne permettent pas encore de trancher. Du point de vue économique, une condition essentielle est une forte baisse du prix des terminaux. Or, le prix des terminaux est évidemment lié à la taille du marché. La réussite est donc conditionnée par la capacité à enclencher à l'échelle du continent européen un cercle vertueux entre la baisse des prix et la diffusion de masse des équipements et des services.

La décision française de revenir à une redevance proportionnelle aux résultats financiers et en définitive modeste est un élément favorable au développement du secteur. Mais d'autres pays européens parmi les plus importants n'ont pas encore pris conscience de l'obstacle que constitue le prélèvement financier fixe et *a priori* au titre des licences, non seulement pour le développement de leur marché mais aussi pour le développement du marché européen dans son ensemble. L'existence d'économies externes, c'est-à-dire d'influences réciproques des décisions des uns sur les résultats des autres, justifie une nécessaire solidarité entre les acteurs et entre les pays européens. Ils expliquent aussi pourquoi les États européens ont une responsabilité collective directe dans la réalisation du projet UMTS.

Deux orientations pourraient être utilement mises en œuvre pour accompagner la réussite de l'UMTS. D'une part, les États devraient mieux cerner et assumer leur rôle de codéveloppeurs incontournables des marchés des télécommunications, marchés par nature régulés. D'autre part, les instan-

ces européennes devraient être implicitement dotées des moyens de coordination et de régulation d'un marché des services et des équipements que l'on souhaite unique. Enfin, des enseignements plus généraux pourraient être tirés à l'avenir de l'expérience et des hésitations de l'UMTS pour la préparation de la politique économique.

Sur le rôle des États

Plusieurs faits justifient l'implication des États dans le développement des télécommunications, notamment les effets externes liés à l'économie de l'information et aux effets de réseau et la nature oligopolistique des marchés des services de télécommunications. Le débat sur le rôle de l'État a été beaucoup trop focalisé dans la période récente sur la seule question des techniques d'attribution des fréquences, enchères ou soumission comparative, comme si le seul objectif était de prélever le maximum de ressources financières sur l'économie nationale. Un prélèvement est certes économiquement fondé sous réserve qu'il soit proportionné aux enjeux, mais l'État a aussi bien d'autres données à considérer.

En premier lieu, l'amplitude des fluctuations du secteur et le risque de déséquilibres financiers majeurs présentent de véritables enjeux macroéconomiques, susceptibles d'entraîner un coût collectif. La théorie économique considère traditionnellement, selon l'enseignement classique de Musgrave [1], que la responsabilité publique ne se limite pas à la seule fonction d'allocation (attribution des licences) mais qu'elle s'étend aussi à la fonction de stabilisation économique globale (éviter des crises conjoncturelles). Un arbitrage entre ces deux objectifs est nécessaire.

D'autre part, dans une perspective de moyen terme, les effets externes positifs liés à l'économie de l'innovation peuvent justifier non seulement que l'État s'abstienne de prélèvements excessifs sur certaines activités mais qu'il leur attribue des ressources publiques. C'est le sens des programmes européens de développement de la Société de l'information et de façon plus générale des politiques d'encouragement à la recherche scientifique et technique. La question de l'incitation à l'innovation technologique dans l'économie de l'information peut se poser.

Enfin, l'État doit veiller au maintien d'une concurrence efficace. Le secteur des télécommunications est régulé parce que l'un des facteurs de production est un bien public et parce que la concurrence sur ce marché est nécessairement oligopolistique. Or l'accroissement des coûts fixes (équipements et licences) dans la nouvelle génération est un facteur de concentration des marchés. Le paradoxe serait qu'après avoir réussi la deuxième génération en ouvrant le marché à la concurrence, l'arrivée de la troisième génération se traduise par une reconcentration excessive du marché. Compte tenu de l'ampleur des coûts fixes, une restructuration de l'offre est sans doute inévitable et probablement le nombre d'opérateurs est-il appelé à diminuer en Europe, mais il convient de piloter cette évolution dans une vision européenne pour éviter à la fois des ruptures économiques et financières d'opérateurs ou de constructeurs, et le maintien d'une concurrence suffisante.

Dans le cadre actuel de la réglementation des services de l'UMTS, un opérateur ayant acquis le droit d'exploitation des fréquences n'est pas en mesure de revendre ses droits d'exploitation en cas de difficulté de rentabilisation des réseaux. Par conséquent, l'investissement initial à fort contenu de coûts fixes ne peut pas être récupéré, et il existe de ce fait un coût de sortie du secteur. L'existence de coûts de sortie d'un marché perturbe aussi le processus d'entrée sur ce marché. Il est donc recommandé de créer un marché secondaire sur lequel les fréquences acquises pourraient être revendues, de façon à encourager l'investissement par la diminution des coûts de sortie du secteur. La création d'un tel marché de revente des fréquences a de plus l'avantage de permettre l'entrée d'acteurs qui auraient été éliminé au départ lors du lancement du processus. On notera que lorsque Ronald Coase suggérait en 1959 [2] d'affecter des droits de propriété au spectre hertzien, comme on le fait pour le sol, et d'attribuer les premiers droits par un simple mécanisme d'enchères, il proposait aussi que ces droits soient cessibles et puissent faire l'objet de transactions, de même qu'il existe un marché immobilier pour les terrains.

En résumé, plusieurs raisons économiques convergentes montrent que la réussite de l'UMTS implique ou peut impliquer une responsabilité des États européens.

Sur la coordination européenne

Les pays qui ont capté la plus grande partie de la « rente » économique attendue du projet UMTS ont largement contribué à déstabiliser le secteur. Ils en hypothèquent maintenant l'avenir. Cette situation appelle deux types de réactions. Les unes tournent autour de l'organisation institutionnelle de la coordination, les autres autour d'une relance européenne du projet UMTS.

Le débat actuel sur la coordination de la régulation se porte en grande partie sur le partage des responsabilités entre les autorités de régulation nationales actuelles, un éventuel régulateur collectif européen nouveau et la Commission européenne. Le problème est posé dans le cadre de la subsidiarité et cherche à répondre à la question de l'efficacité des différents niveaux d'intervention en mettant en regard les avantages et les inconvénients de la réglementation centralisée et décentralisée, problème déjà mentionné il y a plusieurs années dans le rapport Télécoms 98 [3].

La Commission privilégie pour l'avenir la création d'une instance communautaire (Groupement des régulateurs indépendant) et une meilleure coordination des activités des autorités de régulation nationales. Le Conseil européen privilégie quant à lui une coordination des instances de régulations nationales et un rôle de superviseur assuré par la Commission. Dans ce cas la Commission devrait superviser les décisions des autorités de régulation nationales dans le souci d'efficacité et de bien-être général, de moindre risque d'incompatibilité, de prévisions plus transparentes, enfin de prix et de qualité plus acceptable et mieux contrôlable pour le consommateur. Ce qui

est certain, c'est que les décisions du Conseil européen de 1998 ont conduit dans le passé à une très mauvaise coordination des décisions nationales en partie responsable des difficultés rencontrées par le secteur et des problèmes de l'UMTS.

Il semble donc qu'un élargissement du champ d'intervention communautaire soit nécessaire pour un développement harmonieux du marché unique et pour une plus grande efficacité du secteur. Le rôle des autorités nationales restera naturellement fondamental pour la gestion des questions clairement locales ne relevant pas de l'échelon communautaire.

Nous préconisons ici que la réglementation soit plus largement assumée au niveau européen (par la Commission européenne ou par une Autorité de Régulation fixant quelques principes communs). Le principe de subsidiarité qui prévaut en Europe ne s'oppose nullement au fait que la réglementation commune dans un marché intégré peut être plus efficace que la somme des réglementations nationales fragmentées. Du fait de l'interdépendance des pays-membres en matière d'interopérabilité des réseaux et dans bien d'autres domaines du secteur des télécommunications la prise en compte nécessaire des principes du marché unique implique que si dans un domaine plusieurs états-membres sont concernés, alors les décisions supranationales peuvent être mieux à même de résoudre les problèmes.

Une relance européenne de l'UMTS

Une difficulté à laquelle l'Europe doit faire face rapidement est la distorsion de traitement entre les opérateurs, distorsion qui a été créée par la disparité des modes d'attribution de licences d'exploitation. Ces différences portent sur le nombre d'opérateurs, les méthodes d'attribution, le coût des licences. Comment sortir de cet imbroglio juridique et financier ? Comment régler le problème éventuel de fusion entre opérateurs, notamment s'ils disposaient chacun par exemple d'une licence pour l'exploitation d'un même marché ?

Il conviendrait que la commission, au niveau politique le plus élevé, fixe même *a posteriori*, les règles de ce qui eût été souhaitable et qu'elle propose, à travers des arrangements fiscaux adaptés à chaque pays, un retour vers une situation jugée plus normale et plus cohérente entre pays.

Une suggestion que nous formulons est que les investissements nécessaires en recherche technologique, en innovation et en développement de services nouveaux soient financés par le versement d'une partie des prélèvements fiscaux déjà réalisés par les États. Ces reversements nationaux pourraient être opérés à un Fonds européen pour le développement des nouveaux services de télécommunications. Une telle démarche permettrait de renforcer la capacité industrielle européenne dans le domaine des équipements, de rééquilibrer les prélèvements nets opérés par les différents États, enfin d'accélérer le développement de l'UMTS en Europe. Nous estimons

que l'intervention financière publique pourrait être justifiée à la fois par des raisons d'équité entre contribuables européens et par l'existence d'effets externes que chaque marché fait peser sur les autres. D'autres points de vue peuvent toutefois considérer que les sommes prélevées à la suite d'enchères résultent de décisions volontaires des opérateurs et qu'en aucun cas les États ne doivent les réaffecter au secteur.

Les enseignements à tirer pour la politique économique

Quelques conclusions semblent enfin devoir être tirées d'une expérience de pilotage assez malheureuse qui a finalement conduit le gouvernement à revenir très largement sur des décisions antérieures inadaptées.

Cet épisode signifie qu'il faut vraisemblablement clarifier le pouvoir de l'Autorité de Régulation des Télécommunications et renforcer à l'avenir le rôle de « réducteur d'incertitude » des pouvoirs publics, en organisant le rapprochement des acteurs et de leurs points de vue. En outre, les études économiques qui n'ont manifestement pas été conduites avant le lancement du projet peuvent encore l'être utilement sous réserve que des moyens y soient effectivement et explicitement attribués. Il est frappant de constater à quel point des décisions publiques très lourdes en termes financiers ont été prises sans que les études économiques nécessaires aient été préalablement conduites. Or le projet UMTS⁷ n'en est qu'à ses débuts et après la troisième génération une quatrième se profile déjà.

L'histoire montre également, contrairement à ce qui était espéré, qu'il n'y a pas eu de normalisation mondiale. Les gagnants de cette longue histoire peuvent être les équipementiers japonais. Mais cela pourrait être aussi ceux des États-Unis, très en avance en matière d'Internet. Les Européens quant à eux restent bien positionnés, mais le contexte actuel a affaibli leur position. On insistera à cet égard sur la trop faible présence française dans tous les organismes de normalisation, faute de moyens et peut-être d'intérêt. S'il y a un domaine où la réaction peut être rapide, c'est sans nul doute celui-là car la normalisation est loin d'être terminée. C'est un processus continu d'importance cruciale. La France doit s'y impliquer plus qu'elle n'a pu le faire jusqu'ici.

* *
*

L'Europe a réussi la deuxième génération de mobile. Réussira-t-elle la troisième ? Sans prétendre répondre à cette question, nous souhaitons insister sur le fait que l'économie même du projet suggère fortement que la réussite sera d'autant plus assurée qu'elle sera collective, c'est-à-dire qu'une coordination suffisante aura pu être mise en œuvre d'une part entre les États, les opérateurs et les équipementiers, d'autre part entre les pays européens afin de développer rapidement un marché de masse.

L'initiative de révision des conditions d'attribution des licences prise par le gouvernement français le 16 octobre 2001 est dans son principe conforme aux propositions que ce rapport s'apprêtait à formuler car elle a transformé une redevance fixée *a priori* en une redevance assise sur les résultats. Mais elle ne concerne que la France. Il conviendrait maintenant de redonner au projet UMTS sa dimension européenne. Ayant retenu en définitive une hypothèse qui facilitera le développement de l'UMTS en France, le gouvernement français se trouve bien placé pour prendre une initiative de relance du projet au niveau européen.

Marché des télécommunications entre monopole et oligopole

À partir de l'entre deux guerres, la plupart des pays d'Europe se sont dotés de monopoles nationaux, publics ou privés régulés, dans le secteur des télécommunications. Le choix de cette structure de marché s'est tout d'abord fondée sur la notion de monopole naturel, en raison des économies d'échelle de coûts fixes. L'efficacité relative attribuée au mécanisme de régulation et l'accélération du progrès technologique ont partiellement remis en cause cette logique. Le démantèlement d'ATT aux États-Unis, puis le déploiement du GSM en Europe ont alors conduit à l'extension de la notion de monopole naturel aux marchés contestables en production jointe et à la mise en évidence des externalités d'offre et de demande. Enfin, le déploiement de l'UMTS est accompagné d'une plus large ouverture législative des oligopoles nationaux européens aux opérateurs étrangers. Une rapide recomposition du secteur au niveau européen résulterait de la hausse des frais fixes et variables, ainsi que des incertitudes de la demande. Le nombre important d'opérateurs issus de l'attribution des licences UMTS devrait finalement se réduire à un oligopole à l'échelle européenne.

1. Le marché des télécommunications est un monopole naturel

Un monopole naturel est caractérisé par une fonction de coût sous-additive : à production (demande satisfaite) et à technologie données, le coût total supporté par le monopole est inférieur à la somme des coûts résultant de tout autre partage de la production entre plusieurs unités distinctes (Baumol et *al.*, 1982). Le raisonnement se ramène donc à la comparaison des fonctions de coûts respectives, le monopole naturel étant la structure qui minimise le coût total de production. Combes et *al.* (1997) évoquent à ce titre le fondement purement technologique du monopole naturel. De façon générale, le coût total d'une production se décompose en une partie fixe, indépendante du niveau de production, et une partie variable, fonction du niveau de production. En raisonnant par unité produite, la partie fixe (coût fixe unitaire) est donc décroissante avec la production (étalement sur une plus grande production). La composante variable (coût variable unitaire) suit, pour simplifier, une évolution en deux temps : tout d'abord décroissante avec

le niveau de production (effet d'apprentissage, remise auprès des fournisseurs...), puis croissante (coûts de contrôle, de coordination...). Au total, le coût total de la dernière unité produite (coût marginal) est décroissant (la baisse du coût fixe unitaire prédomine), puis croissant (l'augmentation du coût variable prédomine), ce qui correspond respectivement à des rendements croissants puis décroissants. Le coût moyen est donc tout d'abord décroissant avec les quantités produites, atteint son minimum (taille optimale de la firme) quand il est égal au coût marginal, puis croissant. Les deux cas polaires sont sans ambiguïté : si la demande globale est nettement inférieure à la taille optimale (rendements croissants), le monopole est naturel car il satisfait la demande au coût de production minimal ; dans le cas contraire, les rendements décroissants sont en faveur de la concurrence. Plus les frais fixes seront importants, plus la plage de production où les rendements (d'échelle) sont croissants sera étendue et plus la structure optimale du marché se rapprochera du monopole. Dans les télécommunications, les coûts d'exploitation sont essentiellement fixes (personnel, amortissements des infrastructures), ce qui justifierait un oligopole naturel.

Le cas intermédiaire, où la demande globale est de l'ordre de la taille optimale, est plus discuté. Dans le modèle de Bertrand (1883) et sous l'hypothèse de parfaite homogénéité des biens, la concurrence par les prix entre un petit nombre de firmes donne un résultat similaire à la concurrence parfaite⁹³ : les profits de l'industrie sont indépendants du nombre de firmes dans l'industrie. Le modèle de Cournot⁹⁴ exhibe au contraire une corrélation négative entre le nombre de firmes d'un marché et leur rentabilité : les firmes vendent à un prix supérieur à leur coût marginal (mais inférieur à celui de monopole⁹⁵) et l'équilibre n'est pas socialement efficace. Seul un nombre important de firmes permet de retrouver dans ce modèle un équilibre approximativement concurrentiel. Selon Tirole (1995), le modèle de Bertrand serait une meilleure approximation des industries dont les coûts marginaux sont assez faibles, alors que celui de Cournot serait plus adapté pour des coûts marginaux rapidement croissants (à l'extrême, en présence de contraintes de capacités) et de coût d'investissement élevé. Dans le cas des télécommunications, le coût marginal d'une communication se résume essentiellement à la faible quantité d'électricité consommée pour transmettre le signal ; deux évolutions de la structure de marché sont alors envisageables. Le premier cas correspond à l'atteinte d'un équilibre en 3 étapes. Tout d'abord, sous le respect des hypothèses spécifiées par la théorie de coûts marginaux assez faibles et de biens parfaitement homogènes, chaque opérateur essaie-

93. Ce résultat est affaibli pour des coûts marginaux rapidement croissants, des produits différenciés ou des confrontations répétées entre les firmes.

94. Les firmes choisissent les quantités à produire (concurrence en quantités) et le prix d'équilibre est fixé par un commissaire priseur.

95. Ceci résulte de l'externalité négative entre firmes : la prise en compte de l'incidence du prix sur la seule production individuelle conduit les firmes à retenir un niveau de production supérieur à celui que choisirait un monopole.

rait d'obtenir la plus grande part de marché possible par une stratégie de prix agressive (équilibre à la Bertrand), ce qui se traduirait ponctuellement par une tarification similaire à celle résultant de la concurrence parfaite. L'élasticité de la demande pour les produits de télécommunications semble largement supérieure à 1, comme en témoigne l'existence des différentes formules de forfaits et la forte croissance du prépayé, ce qui constitue une incitation supplémentaire à une concurrence à la Bertrand. Cette concurrence tarifaire conduirait dans un second temps à la faillite des petits opérateurs ou, éventuellement, à leur adossement à de grands opérateurs internationaux. À terme, une entente tacite émergerait entre les grands opérateurs survivants pour éviter une coûteuse guerre d'usure et il y aurait alors convergence vers un équilibre de Cournot. La seconde évolution possible est celle de l'atteinte directe d'un équilibre de Cournot. Elle peut s'appuyer, de façon non exclusive, sur une action de la part du régulateur pour maintenir la viabilité des petits opérateurs, une rapide croissance des coûts marginaux liée, en particulier, au coût commercial d'acquisition de la clientèle, ou encore une forte différenciation de produits par les petits opérateurs qui se constituent une niche à l'abri de la concurrence tarifaire.

1.1. L'extension au marché contestable

Cette conclusion, fondée sur le seul coût marginal, est contestée par Bain (1956). L'auteur émet l'hypothèse que, si la taille minimale efficace représente une proportion importante de la demande globale, la concentration facilite l'entente entre firmes et augmente les profits à l'échelle de l'industrie, sans provoquer l'entrée de nouveaux concurrents. L'intuition de Bain est que des frais fixes élevés, à l'origine des rendements croissants, constituent un investissement suffisamment dissuasif pour les entrants potentiels (barrière à l'entrée), ce qui permet à l'oligopole en place de prélever des profits anormaux⁹⁶. Baumol et al. (1977 ; 1982) nuancent cette conjecture : la présence d'une seule ou d'un nombre limité de firmes en place n'est pas nécessairement synonyme d'absence d'efficacité. Tout d'abord, la notion de monopole naturel peut être étendue au-delà de la taille optimale : la structure oligopolistique (à l'extrême, le monopole) reste efficace tant que son coût marginal, qui redevient croissant, demeure inférieur au coût marginal (décroissant) d'un nouvel entrant⁹⁷ (Curien et Dupuy, 1997). Cet argument a été évoqué par ATT pour mettre en doute le bien fondé de la dérégulation du marché de la téléphonie. Ensuite, la concurrence potentielle (menace d'entrée) peut suffire pour qu'un monopole naturel adopte un comportement concurrentiel. Si, à prix fixé des firmes en place, un nouvel

96. L'approche de la guerre d'usure tempère cette conclusion, mais de façon ponctuelle dans le temps, le prix égalisant *in fine* celui du monopole et le bien être restant inférieur à celui de la contestabilité (Tirole, 1995).

97. En monopole, cette condition est vérifiée pour tout niveau de production inférieur à celui pour lequel le coût moyen est égal à celui de la moitié de ce dernier niveau de production (voir Curien et Dupuy, 1997).

entrant se trouve dans l'impossibilité de réaliser un profit sur le marché, la configuration de l'industrie est dite soutenable. L'oligopole produit au minimum du coût moyen qui satisfasse la demande, ce qui correspond à un profit nul : un prix supérieur inciterait un entrant dans la perspective de réaliser un profit non nul, alors qu'un prix inférieur se traduirait par une perte pour les firmes en place. Quand toute configuration de l'industrie est soutenable, le marché est parfaitement contestable.

1.2. Les conditions de soutenabilité

Deux conditions doivent être satisfaites pour que le monopole naturel soit soutenable et qu'il ne réalise pas spontanément (en l'absence de réglementation) de profits anormaux. D'une part, il faut d'une part que la pression concurrentielle (la contestabilité) puisse s'exercer, ce qui suppose que l'entrée et la sortie sur le marché soient libres (absence de barrière à l'entrée et de coût d'irréversibilité). Dans le cas des télécommunications, cette caractéristique n'est pas vérifiée pour les marchés d'infrastructures « pures » : il existe un coût irréversible (*sunk cost*) d'installation de la capacité réseau (câbles, tours hertziennes, satellites), un coût en partie réversible (commutateurs et surtout logiciels). Plus généralement, les activités qui nécessitent de lourdes infrastructures sont moins contestables que les services purs ; de même, des normes techniques ouvertes apparaissent aussi comme un élément important de la contestabilité. Une autre interprétation des conditions de contestabilité est que l'entrée et la sortie potentielle d'un nouvel entrant soient plus rapides que l'ajustement de prix de la firme en place (prix rigides). Ceci apparaît assez restrictif, sauf peut être pour les opérateurs virtuels (MVNO) qui peuvent ajuster rapidement leurs décisions d'entrée/sortie en revendant la capacité louée en bloc⁹⁸. Si, au contraire, les prix sont considérés plus flexibles que la capacité de production, la firme en place peut dissuader tout nouvel entrant en le menaçant de descendre le prix, puisque la coexistence de deux entreprises en concurrence sur les prix n'est pas viable en monopole naturel. Une dernière interprétation de la contestabilité est de considérer des contraintes de capacités à court terme pour les firmes en place. Le monopole naturel est alors soutenable s'il maintient continuellement une capacité excédentaire (par rapport à un monopole qui ne ferait face à aucune menace d'entrée). Le prix demandé est alors inférieur à celui de monopole, les profits tendent à s'annuler et l'entrant potentiel est dissuadé. Dans tous les cas, en l'absence de contestabilité, l'entreprise en place peut réaliser un profit anormal. D'autre part, un monopole naturel sera soutenable dans la seule plage de production caractérisée par des rendements croissants⁹⁹ (Sharkey, 1982). Dans la plage des rendements décroissants, le monopole naturel est non soutenable : un entrant peut satisfaire une partie de la demande à un prix plus faible, l'autre partie de la demande étant soit évincée, soit satisfaite à prix très élevé. Si l'objectif des

98. Ceci serait facilité par un marché optionnel de la capacité télécoms sur un réseau donné.

99. La théorie des marchés contestables généralise donc la concurrence à la Bertrand dans le cas précis des marchés à rendements d'échelle croissants.

autorités est de satisfaire la demande totale au coût total minimal, il devient nécessaire de protéger le monopole naturel non soutenable de façon législative. Sur le plan théorique, un profit anormal de monopole peut donc se réaliser, soit en l'absence de contestabilité, soit par détournement d'une législation protégeant un monopole naturel non soutenable. Ces deux cas fonderaient le prélèvement d'un impôt exceptionnel, tel qu'une licence, ou l'introduction de la concurrence.

2. Le monopole naturel des télécommunications : le cas multiproduit

Baumol et al. (1977 ; 1982) étendent la notion de monopole naturel au cas multiproduits, ce qui correspond typiquement à la configuration des télécommunications où un même réseau peut fournir plusieurs prestations (production jointe). Le monopole sera naturel si son coût de production est inférieur au coût résultant d'un éclatement de son activité en un nombre quelconque d'unités se partageant le vecteur global de production. En particulier, les économies d'envergure apparaissent quand le partage de la production en unités spécialisées est plus onéreux que la production jointe du monopole naturel : le coût incrémental de fourniture d'un groupe de services par le monopole (l'augmentation de variétés) est inférieur à son coût de fourniture isolé (*stand-alone cost*). Fréquemment, cela résulte de la sous-additivité des coûts fixes (partage d'infrastructures), ce qui peut être envisagé comme une variante des économies d'échelle. Empiriquement, les effets d'échelle et de variété se combinent pour assurer la sous-additivité ; dans le cas des télécoms, les effets de variété seraient les plus importants. Baumol et al. (1982) démontrent qu'un monopole multiproduits soutenable est caractérisé en particulier par l'absence de profit et de subventions croisées entre les différents produits pour chaque firme en place¹⁰⁰ : chaque produit est vendu à un prix compris entre son coût de fourniture incrémental (borne basse atteinte grâce aux économies d'envergure) et son coût de production isolé (borne haute en l'absence économies d'envergure).

2.1. Les transferts de revenu

Il importe de distinguer les subventions croisées des transferts de revenus, qui correspondent à l'écart entre le coût moyen (linéarisé par hypothèse) et le prix de vente à l'intérieur de la fourchette précédente, multiplié par les quantités vendues. L'existence de transferts¹⁰¹, compatibles avec un monopole multiproduits soutenable, ne correspond pas nécessairement à celle de subventions, qui pourrait au contraire donner lieu à une baisse des prix lors de l'ouverture à la concurrence. Mais le démantèlement progressif des monopoles nationaux a nécessité des réformes pour réduire ces transferts,

100. Le cas de l'oligopole est clarifié par Braeutigam (1984).

101. Cf. infra.

notamment en France : l'assujettissement à la TVA a réduit celui des entreprises (charges déductibles) vers les particuliers, la taxation des communications locales à la durée (comme l'interurbain) celui de l'interurbain vers le local, enfin la modulation horaire, celui des heures creuses vers les heures pleines. La persistance, jusqu'en 1998, d'un transfert important du trafic vers le raccordement a permis, sous l'hypothèse de rendement croissant, de se rapprocher sans déficit excessif du plan d'équipement de premier rang (tarification au coût marginal). Depuis l'ouverture à la concurrence des monopoles et l'augmentation des possibilités de contournement technologique, l'extinction des transferts de l'exploitation des services vers les infrastructures conduit les opérateurs à généraliser une tarification au coût moyen et donc à adopter un plan d'équipement qui correspond à une solution de second rang (Curien et Gensollen, 1993).

2.2. Les externalités positives

Parallèlement à l'évolution de la tarification, la justification des transferts se réfère moins à la solidarité entre usagers ou à la notion de services publics, pour se recentrer sur les externalités de réseaux. Celles-ci induisent des défaillances de marché qui font diverger l'équilibre concurrentiel de l'optimum social. L'externalité la plus connue est l'effet de club (Katz et Shapiro, 1985 et Farrell et Saloner, 1986) : la satisfaction individuelle qui résulte de la consommation d'un bien réseau s'accroît avec le nombre de consommateurs du même bien ou d'un bien compatible (externalité de demande). À ce premier effet «direct» du club, s'ajoutent des effets de réseaux indirects (externalité d'offre) : la possibilité pour l'utilisateur de combiner différents éléments d'un même système induit des effets positifs, croissants avec la largeur de l'offre. L'exemple classique est celui de l'informatique : le nombre de logiciels compatibles avec un matériel renforce l'utilité de ce dernier (Church et Gandfal, 1992 et Katz et Shapiro, 1994). Dans le cas des télécommunications, ces effets résultent des différents services non téléphoniques (Minitel, Internet) accessibles depuis le réseau, indépendamment du nombre d'usagers. L'effet club met en évidence une taille critique du réseau : la résistance initiale à l'amorçage du réseau (un petit club n'attire que peu de nouveaux clients) s'inverse ensuite pour accélérer le développement du réseau. Ceci constitue donc un handicap pour les nouveaux entrants dans le marché des infrastructures par rapport aux anciens opérateurs ; même en cas de saut technologique, ce handicap perdure d'autant que le taux de fidélisation des usagers est élevé.

2.3. La compatibilité des réseaux de télécommunications

La concurrence entre les réseaux est influencée par leur degré de compatibilité, sur le plan technologique (Matutes et Regibeau, 1988), comme la possibilité de communiquer entre abonnés de différents réseaux, ou sur celui d'autres facteurs (Laffont, Rey et Tirole, 1996), tels que la discrimination tarifaire selon le réseau auquel appartient le destinataire de la communi-

tion. Différents clubs peuvent ainsi coexister, soit de façon exclusive, soit en se recouvrant partiellement ou totalement (emboîtements successifs). La compatibilité technique des biens finals ou de leurs composantes (les réseaux de transmission dissociée des services liés à la commutation) étend la taille du réseau et l'offre de variétés, favorise la viabilité des petits acteurs du marché au détriment de la firme en position dominante, mais diminue l'intensité de la concurrence tarifaire (Creti et Perrot, 1997). En cas d'incompatibilité, la segmentation des réseaux limite les externalités positives (taille du réseau) ; par contre, la perspective de se constituer le plus rapidement possible une base installée afin de mieux valoriser l'effet club dans le futur peut déclencher une concurrence tarifaire intense entre opérateurs (Creti et Perrot, 1997). Assurer la compatibilité technique par voie législative encourt le risque de promouvoir une technologie qui ne serait pas celle issue d'un régime concurrentiel¹⁰². De plus, les opérateurs qui tentent de capter à leur avantage l'effet de club seront incités à la différenciation par d'autres facteurs, tels que pratiquer une discrimination élevée des tarifs d'interconnexion¹⁰³ et poursuivre simultanément une coûteuse course à la taille, au risque d'une perte de bien-être social (réplication d'infrastructures).

Curien et La Brunetière (1984) ont estimé les transferts réalisés en 1984 au sein de la DGT (pour un chiffre d'affaire d'environ 100 milliards de francs).

Transferts réalisés en 1984 au sein de la DGT

Transferts versés		Transferts reçus	
<i>Par abonné</i>			
Entreprises		Particuliers	
• Industrie	6,4	• Ménages	6,5
• Services	1,4	• Résidences secondaires	0,8
		• Cabines téléphoniques	0,5
<i>Par localisation</i>			
Urbain			
• Moyennes agglomérations	1,2		
• Grandes agglomérations	5,6		
<i>Par prestation</i>			
Trafic			
• Local	6,5	• Rural	6,8
• International	19	• Raccordement	26

Source : Curien et La Brunetière (1984) cité dans Curien et Gensollen (1993).

102. Argument qui fonde la position de la FCC comme simple régulateur concurrentiel et non technologique.

103. La question de la tarification de l'accès à l'infrastructure est développée dans Creti et Perrot (1997).

La suppression de ses transferts entre activités se serait traduite par une forte variation des tarifs (Curien et Dupuy, 1997) : doublement du local compensé par une baisse d'un tiers de l'interurbain et des internationaux, triplement du raccordement pour une division par trois du trafic international (trafic local identique). Compte tenu des structures de consommation, ceci conduirait à une hausse de 70 % du tarif rural pour compenser une baisse de 20 % de celui des grandes agglomérations (celui des moyennes agglomérations restant identique), ou encore à une hausse de 25 % de la facture des particuliers compensée par une baisse identique pour les entreprises.

Régulation européenne des télécommunications : quelques rappels

La réglementation actuelle de l'industrie des télécommunications et notamment la réglementation de l'UMTS connaît une modification importante. En effet, les conditions d'aboutissement du marché unique des télécommunications et les contraintes techniques apparentes de l'UMTS exigent une réorientation de la réglementation en vue d'une meilleure efficacité du secteur.

Il est important de bien comprendre les principales caractéristiques juridiques de la réglementation actuelle, des différentes positions dans le débat de la réforme réglementaire depuis juillet 2000 et propose quatre nouvelles orientations possibles dans l'architecture d'organisation du secteur de l'UMTS. Deux orientations proposent un nouveau cadre de réglementation conformément aux principes de subsidiarité et deux autres propositions concernent les aspects économiques en vue d'accroître l'efficacité générale du fonctionnement du secteur dans l'avenir.

1. Le cadre actuel de la réglementation

Jusqu'en 1998, les États membres avaient comme obligation la régulation des industries de réseau, à la fois les infrastructures et la concurrence dans les services si cette concurrence existait.

Puis en 1998, la Commission a imposé aux États de déréguler (libéraliser) le marché des télécoms.

Les directives de libéralisation de 1998, ont laissé une considérable marge de manœuvre aux États membres dans l'exécution. Les deux directives de libéralisation la directive des licences (Directive 97/13) a permis une importante variation en termes d'exigences imposées aux nouveaux entrants et malgré l'exigence de la Directive d'Interconnexion¹⁰⁴ (Directive 97/33) qui doivent se fonder sur les coûts, les charges varient de façon importante entre les États membres.

104. Directive n° 97/33 appelé Directive d'interconnexion exige que les charges d'interconnexion suivent des principes de transparence et de tarification à partir des coûts.

Le cadre réglementaire actuel se repose sur ces deux directives. En vertu de ce cadre réglementaire, les États-membres sont responsables de la détermination du mécanisme d'attribution des fréquences et des conditions d'octroi des licences applicables sur leur territoire respectif. Toutefois, ce cadre d'autorisation permettant une marge de manœuvre confortable des autorités nationales, exige le respect des conditions communes pour les autorisations générales, définies dans la législation communautaire¹⁰⁵.

Dans l'état actuel de l'octroi des licences en Europe, un premier constat s'impose. Le cadre réglementaire offre une grande liberté d'action pour les États-membres, ce qui se manifeste par au moins deux divergences. Premièrement, le montant du droit des licences varie entre 0 et 650 euros par habitant, avec une durée de licences variables et avec des écarts de conditions en matière de couverture et de partage de réseaux. Deuxièmement, l'attribution des fréquences n'est pas harmonisée. Cette forte divergence de conditions de fonctionnement futur des 3G pose un sérieux problème dès lorsque l'on se positionne dans le cadre du marché unique.

En effet, les principes du marché unique exigent un accès égal des entreprises aux conditions de fonctionnement. Si ce principe n'est pas respecté, il y a un risque d'apparition des distorsions dans la mise en place des réseaux UMTS en Europe.

Cela n'est pas souhaitable d'un point de vue de cohérence et d'équilibre du marché intérieur. En effet, lorsque les conditions d'octroi des licences divergent d'un pays à un autre en termes de coût, de durée et de conditions d'obligation de couverture et d'accès de tiers aux réseaux, on est dans un cas typique de distorsion de la concurrence, car les décisions d'entrée d'un opérateur sur un marché national seront influencées par les conditions d'entrée dans d'autres pays. La Communauté européenne est les États-membres sont par conséquent responsables du développement de cette nouvelle génération de la communication mobile, ce qui exige la reconsidération du cadre réglementaire en place.

2. Le débat actuel sur la nouvelle régulation

En juillet 2000, la Commission a présenté un certain nombre de proposition de directives : la Directive Cadre (C 365 E/198), la directive d'Accès (C 365 E/215), la Directive d'Autorisation (C 365E/215), la directive de Service Universel (C 365E/238) et la Directive de la Protection de la Vie Privée (C 365 E/223) et la Décision sur les fréquences radio (C 365E/256). Au cours du premier semestre 2001, ces propositions ont fait objet d'une première lecture par le Parlement européen et discutées par le Conseil. En juillet et septembre 2001 la Commission a établi des propositions corrigées. Puis le Conseil a présenté sa proposition commune.

105. Directive n° 97/13/CE du Parlement européen et du Conseil du 10 avril 1997 relative à un cadre commun pour les autorisations générales et les licences individuelles dans le secteur des services de télécommunications.

Dans l'état actuel, ce débat se repose essentiellement sur quatre documents clés, dont trois sont des documents juridiques et un document étant un rapport d'un groupe de travail de la Commission européenne. Le débat porte essentiellement sur deux éléments : comment assurer une réglementation optimale, celle qui permet de respecter à la fois les principes du marché unique et garantir la transparence de mesures en vue d'une plus grande efficacité des mesures. Ces propositions comportent à la fois les solutions juridiques (document 1, 2 et 4) et considèrent des aspects économiques de la libre concurrence (1, 3).

Les quatre documents sont les suivants :

- la communication de la Commission européenne du 20 mars 2001¹⁰⁶ ;
- la proposition modifiée de directive du Conseil et du Parlement du 4 juillet 2001¹⁰⁷ ;
- le rapport de Groupe de Travail du Centre européen des études politiques sur le secteur de la communication électronique d'octobre 2001¹⁰⁸ ;
- la Telecommunication Regulatory Package du Conseil du 19 novembre 2001¹⁰⁹.

2.1. La communication du 20 mars 2001

En juillet 2000, la Commission européenne a présenté une proposition¹¹⁰ dans laquelle elle a déclaré la nécessité d'un nouveau cadre réglementaire pour l'UMTS. L'un des objectifs de cette proposition est la consultation mutuelle des ART avant d'attribuer les licences de manière à assurer une plus grande cohérence des méthodes et conditions d'attribution des licences pour les services fournis par les opérateurs dans plusieurs parties du mar-

106. Communication de la Commission au Conseil, au Parlement européen, au Comité économique et social et au Comité des régions

107. La Commission a présenté sa proposition de modification de directive en vigueur. Dans cette communication la Commission propose de modifier le cadre réglementaire en vigueur dans le secteur des télécommunications, en application des dispositions de l'article 8 de la directive 90/387/CE du Conseil du 28 juin 1990 relative à l'établissement du marché intérieur des services de télécommunications par la mise en œuvre de la fourniture d'un réseau ouvert de télécommunication (JO. L. 192 du 24. 07. 1990, p. 1), modifiée en dernier lieu par la directive 97/51/CE du Parlement européen et du Conseil (JO. L. 295 du 29. 10. 1997 p. 23).

108. Pelkmans J., Young D., Telecoms 98, Centre for European Policy Studies, 1998.

109. Ce document se repose sur quatre documents de travail rédigés par MM. Paasilinna, Brunetta, HARBOUR et Mme Niebler et présente les propositions du Conseil par rapport aux modifications proposées par la Commission Européenne (20 mars 2001) relativement au cadre commun de la réglementation des réseaux et des services de la communication électronique (Mr Paasilinna), aux accès et interconnexions des réseaux de communications électroniques, (Mr Brunetta) aux autorisations des réseaux et des services de communications électroniques (Mme Niebler) et enfin relatives au service universel et aux droits des usagers des services de communication électroniques (Mr Harbour).

110. Proposition de directive du Parlement européen et du Conseil sur un cadre réglementaire commun pour les réseaux et les services de communication électronique, COM (2000), 393, 12 juillet 2000.

ché unique. La communication du 20 mars 2001¹¹¹ de la Commission européenne offre une illustration de la perception d'avenir de l'UMTS en Europe sous l'angle des considérations techniques, financiers et réglementaires. D'une manière générale, ce document met en lumière le nécessaire réforme de la réglementation actuelle de façon à aboutir à une meilleure coordination de politiques nationales en matière de réglementation du secteur de la communication mobile de la troisième génération dans un souci de garantir son succès.

Deux grandes propositions apparaissent dans ce document.

2.1.1. Une consultation mutuelle des ART nationales

Parmi les objectifs de la nouvelle réglementation, la consultation mutuelle des ART nationales avant d'attribution des licences apparaît comme fondamentale pour la cohérence des méthodes d'attribution des licences dans le Marché unique pour la sauvegarde des conditions d'accès harmonisées. L'objectif c'est d'harmoniser des conditions de délivrance des licences dans l'avenir et d'éviter la fragmentation du marché unique telle que l'on peut observer aujourd'hui. Cette fragmentation est essentiellement due, à l'absence de coordination des méthodes d'octroi des licences des ART nationales.

2.1.2. Une réglementation allégée et une plus grande confiance accordée aux forces de marché

Un second aspect du nouveau cadre réglementaire est relatif au degré d'intervention et à l'efficacité de la réglementation dans le cadre de l'UMTS. La Commission préconise une réglementation allégée, qui privilégierait l'action des forces de marché et une intervention publique à un niveau de seuil supérieur par rapport à la situation actuelle (dans le cas où le marché ne peut s'autoréguler). Ce choix est justifié, par l'effet néfaste d'un contrôle des prix trop stricts sur les décisions d'investissements, qui sont indispensables pour le succès de l'UMTS.

Pour éviter le dérapage en termes de fragmentation de l'environnement en Europe, la Commission propose la recherche d'une approche réglementaire communautaire. La coordination communautaire apparaît capitale au niveau des conditions de déploiement, du partage des infrastructures de réseaux, de la flexibilité du choix de la plate-forme technique pour l'offre de services sans fil...

La proposition modifiée de la Commission de directive du Parlement européen et du Conseil relative à un cadre réglementaire commun pour les réseaux et les services de communication électronique.

111. Commission européenne, « *Introduction des communications mobiles de troisième génération dans l'Union Européenne : Situation actuelle et voie à suivre* », Bruxelles, 20 mars 2001.

2.2. La proposition modifiée du 4 juillet 2001, de la Commission¹¹², définit cinq nouvelles pistes en matière de réglementation de l'UMTS

Premièrement, il s'avère nécessaire que les ART nationales fondent leur action sur un ensemble harmonisé d'objectifs et de principes et que les décisions prises au niveau national soit de plus en plus coordonnées avec les ART nationales des autres États-membres.

Deuxièmement, il est de plus en plus fréquent que les entreprises européennes agissent sur plusieurs marchés à la fois à l'intérieur du marché unique. Cela exige une coordination des autorités réglementaires nationales entre elles lorsque le marché en cause apparaît être transnational. Il est évident que cette action des ART nationales devrait être supervisée par la Commission européenne en respect de la primauté du droit de la concurrence communautaire sur le droit national.

Troisièmement, la proposition déclare également la nécessité et le bien-fondé de mettre en place un comité consultatif composé des représentants des ART nationales, ayant comme rôle d'aider la Commission à assurer l'application performante de la directive. Ce groupe informe la Commission de toute divergence entre les législations ou les actions publiques des États membres susceptibles d'affecter le marché unique, surtout conformément à la considération du besoin d'introduire de services transnationaux et d'éliminer les différences entre les régimes nationaux.

Enfin, quatrièmement, la proposition met l'accent sur le fait que le principe de subsidiarité présuppose que dans le cas des services de communication électroniques, l'objectif d'harmonisation nécessaire ne peut être atteint par la réglementation nationale des États-membres et que par conséquent, l'intervention communautaire sera plus bénéfique en raisons des effets d'échelle et de la nécessaire harmonisation et de coordination des industries de réseaux.

2.3. Le rapport de Groupe de travail sur le secteur de la communication électronique

Le *Working Party*¹¹³ de la Commission, chargé de la réflexion sur le secteur de la communication électronique présente une étude critique de la réglementation et proposent des critiques sur trois niveaux :

- premièrement la réflexion porte sur la faisabilité des propositions de la directive de la Commission et notamment sur la capacité des ART nationa-

112. Commission européenne, *Proposition modifiée de directive du Parlement européen et du Conseil relative à un cadre réglementaire commun pour les réseaux et les services de communication électronique*, Commission européenne, 4 juillet 2001.

113. M. Lemnel, M. Cave et P. Larouche, *European Communication at The Crossroads Report of the CEPS Working Party on Electronic Communications*, Commission européenne, octobre, 2001.

les à analyser le degré de concurrence effectif sur le marché européen des télécommunications et sur leur capacité d'intervention si le marché est jugé non concurrentiel ;

- deuxièmement, le Groupe de travail accorde une attention toute particulière sur la répartition des responsabilités entre la Commission et les ART en matière de réglementation. L'interrogation sur la répartition des responsabilités provient du fait que les Autorités locales sont censées mieux connaître les marchés locaux et donc il vaut mieux assurer la réglementation au niveau local qui remet évidemment en cause la recherche d'une approche de réglementation harmonisée à l'intérieur du Marché unique ;

- enfin, la troisième réflexion est étroitement interdépendante avec la deuxième, car elle s'interroge sur la réglementation la plus adéquate avec les principes du Marché unique. Les auteurs estiment que les principes du marché unique devraient être inclus dans la réglementation et par conséquent une harmonisation rapide et étendue semble indispensable. Alors que les bénéfices de la politique de décision décentralisée (par le biais des ART nationales et d'autres instances) doivent être préservés dans la mesure du possible, le groupe de travail chargé de la réflexion sur la réglementation du secteur de la communication électronique est convaincu de la nécessité d'un mécanisme de coordination solide au niveau européen.

Le groupe de travail est consterné par le manque de considération du marché interne dans les objectifs des institutions de la Communauté en matière de réglementation. Pourtant, le marché interne des communications électroniques est inachevé et le nouveau régime n'apporte pas de perspectives de concrétisation. La Directive d'autorisation d'exploitation des fréquences n'est pas harmonisée et cela laisse une grande liberté de fragmentation du marché. S'il est impossible d'avoir un système d'autorisation général pour l'ensemble des communications électroniques, alors il faut au moins qu'au niveau des États membres émerge une harmonisation de l'étendue des autorisations en place.

2.4. La proposition du Conseil du 19 novembre 2001

À partir de cette proposition, le Conseil a présenté sa proposition le 21 novembre 2001¹¹⁴ en insistant sur trois points essentiels du point de vue de la réglementation efficace de la troisième génération de la téléphonie mobile :

- premièrement, les ART nationales doivent tenir compte dans leur réglementation de la nécessité d'interopérabilité des équipements et des services, des objectifs d'intérêt général, des objectifs d'allocation optimale des ressources rares (comme la fréquence), tout en participant à l'émergence d'une réglementation harmonisée dans l'Union européenne et en veillant à l'élimination de toute forme de discrimination existante dans l'offre de services de communication ;

114. Council of the European Union, "Telecommunications Regulatory Package", Conseil de l'Union européenne, 19 novembre 2001.

- deuxièmement, dans un souci d'émergence du marché unique des télécommunications, sans discrimination le Conseil propose que les différents facteurs de coûts intervenant dans la détermination du prix final soit contrôlé et évalué par la Commission européenne ;

- troisièmement, enfin, le Conseil reconnaît le rôle important des ART dans la promotion des services de communications modernes et propose que les ART puissent intervenir en faveur de la réalisation des objectifs d'effectivité du marché unique sous condition de respect du cadre de réglementation communautaire. Ces actions visent à garantir l'intégration des réseaux, à encourager un cadre d'interconnexion et d'interopérabilité adéquate des services, de façon à exercer leur rôle de promoteur de l'efficacité économique qui se manifeste par une concurrence soutenable, la maximisation des bénéfices des consommateurs et la minimisation des distorsions dans les structures de marché européen.

À partir de ce constat général sur le cadre de l'UMTS et l'actuel cadre de réglementation, une réflexion nouvelle doit être menée sur l'efficacité de la réglementation, qui selon nous se pose de manière double :

- comment réglementer le secteur de l'UMTS composé d'opérateurs, propriétaires des réseaux (investissant dans l'infrastructure) et de prestataires de service n'ayant pas acquitté le coût de construction des réseaux, de façon à ce que l'incitation à l'investissement en infrastructure soit suffisamment forte et que l'entrée de concurrents potentiels ne soit pas bloquée par les propriétaires des réseaux. Il faut donc mettre en place des systèmes d'incitation sous contraintes de la concurrence comme objectif ultime et d'une rentabilité minimum assurée aux propriétaires de réseaux pour promouvoir l'innovation et l'investissement ;

- comment partager les responsabilités de réglementation dans un marché intégré, composé de 15 nations¹¹⁵ et donc de 15 réseaux potentiels dont l'interconnexion conditionnera le succès de l'UMTS en Europe.

115. Se posera en outre bientôt la question de l'élargissement.

Références bibliographiques

Chapitre 1

- [1] Altier C. et C. Perardel (1992) : *Téléphones d'hier et d'aujourd'hui*, Éditions de l'Est.
- [2] Miquel P. (1972) : *Histoire de la radio et de la télévision*, Édition Richelieu.
- [3] Shannon (1948) : « A Mathematical Theory of Communication », *Bellsystem Technical Journal*, octobre.
- [4] Goulvestre J.P. (1997), *Économie des télécoms*, Hermes, 1997.
- [5] Aldebert M., M. Ivaldi et C. Roucolle, *Telecommunications Demand and Pricing Structure : an econometric analysis*, Mimeo, Université des services sociales de Toulouse.
- [6] Cohen E. et M. Mougeot (2001) : *Enchères et gestion publique*, La Documentation française.
- [7] Rapport Durlacher Equitech, miméo.
- [8] Duarte B. (2001) : « UMTS : défis et perspectives », *Revue des télécommunication d'Alcatel*, premier trimestre.

Chapitre 2

- [1] « UMTS : le point de vue de l'ART » (2001) : 31 mai, <http://www.art-telecom.fr/dossiers/umts/vue-umts.htm>.
- [2] *DigiWorld2000*, IDATE.
- [3] *Revue des Télécommunications d'Alcatel* (2001) : 1^o trimestre.
- [4] Lucas P. : *La technologie UMTS*, 3G Consulting.
- [5] « The introduction of Third Generation Mobile Communications in the European Union : State of the play and the Way Forward » (2001): Commission of the European Communities, COM 141.
- [6] « Le temps des hauts débits ? » (2001) , *IDATE News n°29*, 2^o trimestre.
- [7] Benamar A. (2001) : *Services et usages de l'Internet Mobile*, Ericsson France, 20 mars.
- [8] Nicolas C. *Livre blanc Wap 2.0*, Ubicco.
- [9] *The UMTS Forum... shaping the mobile future* (2000) : octobre.
- [10] *The Path towards UMTS. Technologies for the Information Society*, UMTS Forum Report, n°2.

- [11] *3GPP specifications list following TSG SA #11*, 03/01, http://www.3gpp.org/About_3GPP/3gpp_wp.zip.
- [12] Dega G., *L'enjeu de l'UMTS pour la France*, Mimeo.
- [13] « Décision du Parlement européen et du Conseil sur l'introduction coordonnée de communications mobiles et sans fil (UMTS) dans la Communauté », COM(1998), 58 final.
- [14] Benzoni L. et alii (1992), Ios Press.
- [15] Geoffron P. et G. Pogorel, *Consolidation de l'oligopole européen des télécommunications et transmission du 'choc' de l'UMTS*, Université Paris 13/ENST.
- [16] Laffont J-J., *Cours de théorie micro-économique, Fondements de l'économie publique*, Paris, Economica, ESA, vol. I.
- [17] Geoffron P. (2001) : « The Granting of UMTS licences in Europe : Industrial and Macro-Economic Effects », STAR Issue Report, ENST Paris, mars, n°2.
- [18] Présentation Bouygtel (2001), 31 janvier.
- [19] Telecompetition Inc. (2001), in [43], février.
- [20] Rolfo J-D. (2000) : Contribution ANFR au rapport du CAE relatif aux enjeux économiques de l'UMTS (IMT 2000).
- [21] Lafarge G. (2001) : *Orange est plus qu'un opérateur mobile*, NetEconomie, 21 août. <http://www.neteconomie.com/perl/navig.pl/neteconomie/infos/article/20010821192337>.
- [22] *Detailed Specifications of the Radio Interfaces of IMT-2000, Recommendation ITU-R M.1457* (2000), International Telecommunication Union.
- [23] *Third Generation Partnership Project Agreement* (1998), 4 décembre. http://www.3gpp.org/About_3GPP/3gppagre.pdf.
- [24] Porter M. (1998) : *Choix stratégiques et concurrence : Techniques d'analyse des secteurs et de la concurrence dans l'industrie*, Paris, Economica.
- [25] MVNO (2001) : « Valoris se lance sur le marché des opérateurs mobiles virtuels », NetEconomie, 28 août. <http://www.neteconomie.com/perl/navig.pl/neteconomie/infos/article/20010828203645>
- [26] *Enabling UMTS. Third Generation Services and Applications* (2000), UMTS Forum Report, n°11, octobre.
- [27] « Les opérateurs mobiles virtuels : premières réflexions de l'Autorité », <http://www.art-telecom.fr/dossiers/umts/>
- [28] Messier J-M. (2001) : *Vivendi lancera un 'MVNO' sous la marque Universal sur le réseau SFR* Reuters, 5 juillet. <http://www.neteconomie.com/perl/navig.pl/neteconomie/infos/article/20010705010836>.
- [29] *eEurope 2002 Action Plan* (2000) : préparé pour le Conseil et la Commission européenne, Bruxelles, 14 juin.

- [30] *Living and working in the Information Society : People first*, Green Paper, Commission of the European Communities, COM(96) 389.
- [31] *L'Internet : les Français se hâtent lentement* (2001) : SESSI, mai.
- [32] Décision n° 00-835 de l'Autorité de régulation des télécommunications, proposant au ministre chargé des télécommunications les modalités et les conditions d'attribution des autorisations pour l'introduction en France métropolitaine des systèmes mobiles de troisième génération, ART, 28 juillet 2000.
- [33] Avis relatif aux modalités et conditions d'attribution des autorisations pour l'introduction en France métropolitaine des systèmes mobiles de 3^e génération (2000) : journal officiel, (nor : ecoi0020263v), 18 août.
- [34] Idate fax (2000) : n°146, 28 Avril.
- [35] Little A.D. (2001) : *Le consommateur UMTS*, Séminaire Lucent, 14 mars.
- [36] *The UMTS Third Generation Market. Structuring the Service Revenues Opportunities* (2000) : UMTS Forum Report, n°9, septembre.
- [37] Décision n°01-417 de l'Autorité de régulation des télécommunications, relative au résultat et au compte rendu de la procédure d'attribution des autorisations pour l'introduction en France métropolitaine des systèmes mobiles de troisième génération, ART, 30 mai 2001, synthèse consultable en ligne : <http://www.art-telecom.fr/dossiers/umts/synthse.htm>.
- [38] Jakubyszyn C. (2001) : « En Finlande, le monde sans fil existe déjà », *Le Monde*, 21 Mars.
- [39] *Les utilisateurs du haut débit passent 23 % de temps en plus sur Internet* (2001) : Étude Nielsen/NetRatings, 24 août. <http://www.neteconomie.com/perl/navig.pl/neteconomie/infos/article/20010824135649>.
- [40] *Content and Application for the Wireless Internet (2000-2005)*, Arc Group.
- [41] *End User Perspectives on Mobile Value-Added Services*, Strategy Analytics (2000) : Décembre.
- [42] Morgan J.P. (2000) : *Wireless Data*, Octobre.
- [43] « The UMTS Third Generation Market. Phase II : Structuring the Service Revenue Opportunities » (2001) : UMTS Forum Report, n°13, avril.
- [44] Forest E. (2001) : « Le marketing et les services du multimédia mobile », *Mimeo*, 22 juillet.
- [45] « De l'I-mode au 3G : l'occasion d'un rebond pour le Japon ? » (2001), *IDATE News n°186*, 24 juillet.
- [46] Smith G. (2001) : « Des minisommes qui valent des milliards », *Le Monde*, 06 Juin.
- [47] Directive 97/-13/EC du Parlement européen et du Conseil sur un cadre commun pour les autorisations générales et les licences individuelles dans le domaine des services de télécommunications.

- [48] *Considerations of Licensing Conditions for UMTS Network Operations* (1998) : UMTS Forum Report, n°4.
- [49] *On Minimum Spectrum Demand per Public Terrestrial UMTS Operator in the Initial Phase* (1998) : UMTS Forum Report, n°5.
- [50] *The impact of licence cost levels on the UMTS business case* (1998) : UMTS Forum Report, n°3.
- [51] Picory C. (1999) : « De l'usage des procédures d'enchères dans l'allocation des fréquences radioélectriques », *Communications & Stratégies*, n°36.
- [52] *Manuel de l'UIT-D ; Système national de gestion du spectre ; Aspects économiques, administratifs et réglementaires* (1998) : UIT, Bureau de Développement des Télécommunications, Commissions d'Etudes de l'UIT-D, Document 2/34-F, 31 juillet.
- [53] Namur D. (2001) : *Les ambiguïtés du concept d'investissement immatériel*, in *Finance d'entreprise : perspectives théoriques et applications*, Economica, Collection Recherche en Gestion, février.
- [54] Attributions des fréquences hertziennes <http://www.stu.enst.fr/~cfournie/frequences/frequences.html>
- [55] http://www.finances.gouv.fr/presse/dossiers_de_presse/ministre/umts/dpumts.htm#f3
- [56] <http://www.assemblee-nat.fr/cra/2000-2001/2000102021.asp>, art. 23.
- [57] *Problèmes Économiques* (2000) : n°2.680, 20 septembre.
- [58] *IMT-2000 Licensing Conditions & Status : A selected regional overview* (2001) : UMTS Forum, 01 août.

Chapitre 3

- [1] « The introduction of Third Generation Mobile Communications in the European Union : State of the play and the Way Forward » (2001): Commission of the European Communities, COM(2001)141.
- [2] Alexandre Y. (2002) : « UMTS et Aménagement du Territoire : Recommandations pour le futur », *All Comm*, 12 février 2002.
- [3] « Considerations of Licensing Conditions for UMTS Network Operations » (1998) : UMTS Forum Report, n°4.
- [4] 22èmes Journées de l'IDATE, novembre 2000.
- [5] Dinçbudak N. : *L'industrie des mobiles au seuil de l'UMTS*, memorandum Orange.
- [6] *Motorola Position on Spectrum Auctions : Sample Presentation to a Regulator* (2001) : *Motorola*, mai.
- [7] « The impact of licence cost levels on the UMTS business case » (1998) : *UMTS Forum Report*, n°3.
- [8] Namur D. (2001) : « La dynamique de valorisation des entreprises télécoms » (2001) : *contribution au rapport du CAE sur l'UMTS*, octobre.

- [9] *UMTS : le point de vue de l'ART* (2001) : 31 mai, consultable en ligne : <http://www.art-telecom.fr/dossiers/umts/vue-umts.htm>
- [10] Geoffron P. (2001) : « The Granting of UMTS licences in Europe : Industrial and macro-economic effects », ENST Paris, STAR Issue Report n°2, mars.
- [11] *Telecommunications Services : 3G, a bid too far ?* (2000) : Morgan Stanley Dean Witter, Equity Research Europe.
- [12] « Décision n°01-417 de l'Autorité de régulation des télécommunications, relative au résultat et au compte rendu de la procédure d'attribution des autorisations pour l'introduction en France métropolitaine des systèmes mobiles de troisième génération » (2001) : ART, 30 mai, synthèse consultable en ligne : <http://www.art-telecom.fr/dossiers/umts/synthse.htm>
- [13] *Idate fax n°146*, 28 avril 2000.
- [14] Ronai M. (2001) : *N+1, N+2, N-1...*, 31 juillet.
- [15] « Gestion des fréquences, prix des autorisations : quelques réflexions élémentaires sur l'intervention publique dans le domaine spectral » (2001), *C0101-CAE-Enchères et service public*, 25 janvier .
- [16] Lafarge G. (2001) : *Orange est plus qu'un opérateur mobile*, NetEconomie, 21 août. <http://www.neteconomie.com/perl/navig.pl/neteconomie/infos/article/20010821192337>
- [17] Présentation Bouygtel, 31 janvier 2001.
- [18] Astorg A. et A. Wiedemann-Goiran : « Incertitudes Technologiques actuelles et choix des opérateurs », *CAE, Incertitudes technologiques de l'UMT*.
- [19] Lucas P. : *La technologie UMTS*, 3G Consulting.
- [20] Beky A. : *Bouygues va-t-il adopter la technologie I-mode ?*, NetEconomie, <http://www.neteconomie.com/perl/navig.pl/neteconomie/infos/article/20010907192613>.
- [21] « Le temps des hauts débits ? » (2001) : *IDATE News n°29*, 2° trim.
- [22] *Les téléphones mobiles, leurs stations de base et la santé – États des connaissances et recommandations* (2001) : Rapport au Directeur Général de la Santé, sous la direction du Docteur D. Zmirou, 16 janvier, http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/telephon_mobil/pdf/teleph_01_01.pdf
- [23] *A review of the Potential Health Risks of Radiofrequency Fields from Wireless Telecommunications Devices* (1999) : *Royal Society of Canada*, for Health Canada, Ottawa : Royal Society of Canada.
- [24] *Protocole de mesure in situ* (2001) : Visant à vérifier pour les stations émettrices fixes, le respect des limitations de l'exposition du public aux champs électromagnétiques prévues par la recommandation du Conseil de l'Union européenne du 12 juillet 1999 (1999/519/CE)", ANFR/DR-15, ANFR, juin 2001, <http://www.anfr.fr/fr/actualite/sante/Protocole.pdf>

- [25] « Recommandation du Conseil, du 12 juillet 1999, relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz) » : (1999/519/CE), *Journal officiel* n° L199, 30/07/1999, p. 0059-70, http://europa.eu.int/eur-lex/fr/lif/dat/1999/fr_399H0519.html
- [26] «3G : Overpriced, Underused ?», *Wall Street Journal*, 20/02/01
- [27] « 4G : Here we come, Someday » (2001) : *Wall Street Journal*, 20 février.
- [28] « Europe : Why are we talking 4G ? » (2001) : *Totaltelecom*, 17 février.
- [29] “Looking Ahead, Researchers Contemplate ‘4DG’ Tech”, *The Financial Express*, 11/03/01
- [30] Giget M., « On arrête aisément le progrès... » (2001) : *Newbiz, Newbiz-01Net*, 29 mars. <http://www.01net.com/rdn?oid=142293&rub=2814>
- [31] « 802.11 is a family of wireless networking protocols out of the IEEE », Topic : 802.11, <http://www.oreillynet.com/topics/wireless/802.11>
- [32] *Wireless Wonder* (2001) : *Scientific American*, août.
- [33] *La norme 802.11b et le sans fil*, <http://www.wireless-fr.org>.
- [34] Arrêté du 31 juillet 2001 homologuant la décision n° 2001-479 de l'Autorité de régulation des télécommunications en date du 23 mai 2001 fixant les conditions d'utilisation des réseaux locaux radioélectriques», *Journal Officiel*, 21 août 2001.
- [35] *Demande de licence de réseau local radioélectrique (RLAN) fonctionnant dans la bande 2,4 GHz* (2001) : ART, Le cadre réglementaire en vigueur : <http://www.art-telecom.fr/dossiers/rlan/index-cadre.htm>, 28 septembre.
- [36] Cox J. (2001) : Ultrafast Wireless Technology Set To Lift Off, 30 août. <http://www.cnn.com/2001/TECH/ptech/08/30/ultrafast.wireless.idg/index.html>
- [37] « The UMTS Third Generation Market. Phase II : Structuring the Service Revenue Opportunities » (2001) : *UMTS Forum Report*, n°13, avril.
- [38] « Europe's mobile Internet won't pay for costly 3G UMTS deployments » (2001) : *Forrester Report*.
- [39] « Europe's UMTS Meltdown » (2000) : *Forrester Report*, décembre.
- [40] « Global Telecommunications » (2001) : *Bernstein Research*, mai.
- [41] Jacquinot O. (2001) : *Problématiques technologiques de l'UMTS : Premiers enseignements du développement des services de données mobiles*, Deloitte France, septembre.
- [42] Lacey E. (2000) : « Entretien avec N. Negroponte, Directeur du MIT Media Labs », *ZDNet News*, 14 septembre.
- [43] « DoCoMo warns of slow 3G take-up » (2001) : *Financial Times*, 13 mars.

- [44] "UMTS : défis et perspectives", B. Duarte, *Revue des Télécommunications d'Alcatel*, 1^{er} trimestre 2001
- [45] Rolfo J.D. (2000) : Contribution ANFR au rapport du CAE relatif aux enjeux économiques de l'UMTS (IMT-2000).
- [46] «Optimisation et attribution de fréquences pour les utilisateurs de systèmes terrestres 3G», C. Evci, *Revue des Télécommunications d'Alcatel*, 1er trimestre 2001
- [47] Problèmes Economiques, 20 septembre 2000, n°2.680
- [48] «Théorie de l'organisation industrielle - Tome 1 et Tome 2", J. Tirole, *Economica*, ESA
- [49] «Spectrum Limits and Competition in Mobile Markets : The role of Licence Fees», H. Gruber, 2000, *European Investment Bank*
- [50] "E-Plus et Group 3G s'allient dans l'UMTS en Allemagne", *La Tribune*, 17/09/01
- [51] «Prices of Cellular mobile communications : Pricing structures and trends», DSTI/ICCP/TISP(99)11, 1999

Conclusion

- [1] Musgrave R-A. et P-B. Musgrave (1989) : Public « Public finance in theory and practice, New York », Mc Graw Hill, 5^e ed.
- [2] Coase R.H. (1994) : *Faut-il vendre les fréquences ?*, Réseaux n° 64, mars-avril.
- [3] Pelkmans J., D. Young (1998) : *Telcoms 98*, Centre for European Policy Studies.

Annexe 1

- Bain J. (1956) : « Barriers to New Competition », Cambridge, Mass : Harvard University Press.
- Baumol, W. E. Bailey et R. Willig (1977) : « Invisible Hand Theorems on the Sustainability of Prices in a Multiproduct Monopoly », *American Economic Review*, 67, p.350-65.
- Baumol W., J. Panzar et R. Willig (1982) : *Contestable markets and the Theory of Industrial Structure*, NY : Harcourt Brace, Jovanovich.
- Bertrand J. (1883) : « Théorie Mathématique de la richesse sociale », *Journal des Savants*, p.499-511.
- Braeutigam R. (1984) : « Socially Optimal Pricing with Rivalry and Economies of Scale », *The Rand Journal of Economics*, 15, p.408-16.
- Church J. et N. Gandfal (1992) : « Network Effects, Software Provision and Standardization », *Journal of Industrial Economics*, 40, p.85-104.
- Combes P.P., B. Jullien et B. Salanié (1997) : « La réglementation des monopoles naturels » in *Réglementation et concurrence*, A. Perrot (ed.), pp. 9-29, Paris, Economica.

- Cournot A. (1838) : *Recherches sur les principes mathématiques de la richesse*, édition en anglais, *Researches into the Mathematical Principles of the Theory of Wealth*, N. Bacon (ed.), NY, Mac-Millan, 1897.
- Creti, A. et A. Perrot (1997) : « Les entreprises en réseaux », in *Réglementation et Concurrence*, A. Perrot eds, p.49-74, Paris : Economica.
- Curien, N. et G. Dupuy (1997) : Réseaux de communication : marchés et territoires, Presses de l'ENPC, 1997.
- Curien N. et M. Gensollen (1993) : « L'ouverture des réseaux : planification ou concurrence dans les réseaux », in *Innovation, déréglementation et concurrence dans les télécommunications*, L. Benzoni et J. Hausman (eds), p. 3-35, Paris : Eyrolles.
- Duarte, B. (2001) : « UMTS : défis et perspectives », *Revue des Télécommunications d'Alcatel*, 1^o trimestre.
- Farrell J. et G. Saloner (1986) : « Installed Base and Compatibility : Innovation, Product Preannouncements and Predation », *American Economic Review*, 76, 940-55.
- Katz M. et C. Shapiro (1985) : « Network Externalities, Competition and Compatibility », *American Economic Review*, 75, p.424-40.
- Katz M. et C. Shapiro (1994) : « Systems Competition and Network Effects », *Journal of Economics Perspectives*, 8, p.93-115.
- La Brunetière J., (de) et N. Curien (1984) : « Les transferts de revenus entre types de prestations et catégories d'abonnés », *Annales des Télécommunications*.
- Laffont J.-J., P. Rey et J. Tirole, (1996) : « Network Competition: I. Overview and Nondiscriminatory Pricing, II. Price Discrimination », Document de Travail IDEI.
- Matutes, C. et P. Regibeau (1988) : « Mix and Match: Product Compatibility without Network Externalities », *Rand Journal of Economics*, 19, p. 221-234.
- Sharkey W. (1982) : « The Theory of Natural Monopoly », NY : Cambridge University Press.
- Tirole, J. (1995) : *Théorie de l'organisation industrielle*, Paris : Economica.

Glossaire

1G	Système mobile analogique
2G	2° Generation (de téléphonie mobile) : GSM en Europe
3G	3° Generation (de téléphonie mobile) : famille de standards IMT-2000
3GPP	3° Generation Partnership Project
(Comité) T1	Standards Committee T1 Telecommunications (États-Unis)
ADSL	Asynchronous Digital Subscriber Line
ANFR	Agence nationale des fréquences
API	Application Program Interface
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses (Japon)
ARPA	Advanced Research Project Agency
ARPU	Average Revenu per User (revenu mensuel moyen par utilisateur)
ART	Autorité de régulation des télécommunications
Billing	Facturation
BLR	Boucle locale radio
BS	Base Station
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station System
BTS	Base Transmission System
CAMEL	Customized Application for Mobile network Enhanced Logic
CAMR	Conférence administrative mondiale des radiocommunications
CCITT	Commission consultative internationale pour le téléphone et le télégraphe
CCR	Commission consultative des radiocommunications
CDMA	Code Division Multiple Access
CEPT	Conférence européenne des postes et télécommunications
CITEL	Conférence interaméricaine des télécommunications
CLDC	Connected Limited Device Configuration
CLI	Common Language Interface
CMR	Conférence mondiale des radiocommunications
COO	Cell Of Origin
CSD	Circuit Switched Data
CSE	CAMEL Service Environment
DAWS	4° génération d'ordinateur
DCS 1800	Digital Cellular System
DECT	Digital European Cordless Telecommunications
e-commerce	Commerce par Internet
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
EMS	Enhanced Messaging Service
EOTD	Enhanced Observed Time Difference
EPROM	Electrically Programmable Read Only Memory

ETSI	European Telecommunication Standards Institute (Europe)
FCC	Federal Communications Commission
FDD	Frequency Division Duplex (multiplexage fréquentiel)
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FOMA	Freedom Mobile Multimedia Access
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSA	Global Mobile Suppliers Association
GSM	Global System for Mobile communications
Handover	Conservation de la communication lors des déplacements en cours de communication
HDSL	High data rate Digital Subscriber Line
HE VASP	HE Value Added Service Application Provider
HE	Home Environment
HLR	Home Location Register
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HTTP	Hyper Text Transfert Protocol
IAB	Internet Architecture Board
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IETF	Internet Engineering Task Force
IHM	Interface Homme Machine
i-mode	Protocole d'accès à Internet avec des téléphones mobiles (Japon)
IMSI	International Mobile Station Identity
IMT-2000	International Mobile Telecommunications 2000
IP	Internet Protocol
IS 95	Type de CDMA
ITFS	Instructional Television Fixed Service
ITU	Voir UIT
J2ME	Java 2 Micro Edition
JTAPI	Java Telephony Application Program Interface
KDDI	Société japonaise
LAN	Local Area Network
Lock-in	Verrouillage
MAP	Mobile Application Part
m-commerce	Commerce par mobile
MDDS	Multichannel Multipoint Distribution Service
MDS	Multipoint Distribution Service
MExE	Mobile Execution Environment
MIDP	Mobile Information Device Profile
MMS	Multimedia Messaging Service
MMSC	Multimedia Messaging Service Controller
MSC	Mobile Switching Center
MVNO	Mobile Virtual Network Operator
NSS	Network Sub-System
NTAI	National Telecommunications and Information Administration
OSA	Open Service Access
PBX	Private Branch eXchange
PC	Personal Computer

PCS	Personal Communications Service
PCU	Packet Control Unit
PDA	Personal Digital Assistant
PDC	Personal Digital Cellular (commutation de circuit, débit de 9,6 Kbps)
PHS	Personal Handyphone System (radio non cellulaire, débit jusqu'à 64 Kbps)
QoS	Quality of Service
RAM	Random Access Memory
RNC	Radio Network Controller
RNIS	Réseau numérique à intégration de services
Roaming	Itinérance
ROM	Read Only Memory
RTC	Réseau téléphonique commuté
SAT	SIM Application Toolkit
SCCP	Signaling Connection Control Part
SCP	Signaling Control Point
SCS	Service Capability Server
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line
SGSN	Service GPRS Support Node
SIM	Suscriber Identity Module
SMS	Short Messaging Service
SMSC	Short Message Service Center
SS7	Signaling System no 7
TAPI	Telephony Application Program Interface
TCAP	Transaction Capabilities Applications Part
TCP	Transfer Control Protocol
TDD	Time Division Duplex (multiplexage temporel)
TDMA	Time Division Multiple Access
TIA	Telecommunication Industry Association
TOA	Time Of Arrival
TSGs	Technical Specification Group Services and System Aspect
TTA	Telecommunications Technology Association (Corée)
TTC	Telecommunication Technology Committee (Japon).
UIT	Union internationale des télécommunications (ITU)
UIT-R	Union internationale des télécommunications (secteur radiocommunications)
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USAT	Usim Application Toolkit
USIM	Universal Suscriber Identity Module
UTRA	UMTS Terrestrial Radio Access
UWC	Universal Wireless Communications
UWCC	Universal Wireless Communications Consortium
VDSL	Very high speed Digital Subscriber Line
VHE	Virtual Home Environment
VLR	Visitor Location Register
VPN	Virtual Private Network
WAP	Wireless Application Protocol
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access (en FDD)
WRD	World Radio Conference

Commentaire

Jean-Michel Charpin

Commissaire au Plan

Un commentaire peut-il démarrer par un conseil aux lecteurs ? Si la réponse est positive, je leur conseille vivement de lire les contributions complémentaires, et même de les lire avant le rapport de synthèse. Elles sont rédigées clairement et leurs messages sont aisément compréhensibles. Elles sont diverses dans leurs analyses et leurs conclusions, mais la plupart ont une tonalité très affirmative, qui tranche avec celle du rapport de synthèse. À leur lecture, on comprend mieux comment les responsables ont pu être pris d'une sorte de tournis. Dans un domaine où, par nature, l'expertise est concentrée dans quelques institutions, notamment chez les opérateurs, et dans quelques personnes, l'établissement de perspectives aussi assurées a pu impressionner les responsables, les faire rêver ou, à tout le moins, leur faire craindre de rater une occasion historique de consolider l'avance européenne dans un secteur porteur de pointe. Mais la juxtaposition de ces contributions permet aussi d'apercevoir, sans que ce soit, à ce stade, approfondi, les incertitudes considérables qui affectent ces perspectives.

Le rapport de synthèse contient des développements de nature technique, qui forment la matière du chapitre 2 et d'une large partie du chapitre 3. Ces développements transmettent des informations d'un grand intérêt et débouchent sur des questions importantes. Ceci dit, je ne les discuterai pas ici dans la mesure où la composition du Conseil d'analyse économique n'est guère adaptée à une confrontation de points de vue documentés et argumentés sur ces développements.

1. Retour sur le passé

Dans la ligne des discussions engagées lors de la préparation du rapport « Enchères et gestion publique » récemment publié par le Conseil d'analyse économique, le rapport de Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi retrace les principaux épisodes qui ont conduit à la situation présente, marquée notamment par l'importante décision du gouvernement français d'octobre 2001, qui a ouvert une nouvelle étape.

Le rapport insiste sur quelques points majeurs :

- la polarisation du débat sur le choix entre enchères et soumission comparative pour procéder à l'attribution des licences a été forte, en France comme à l'étranger. Elle s'est manifestée aussi bien dans le débat public, notamment dans la presse, que dans les discussions entre économistes professionnels. Le rapport considère, comme aujourd'hui beaucoup d'autres observateurs, mais pas tous, que cette question s'est finalement révélée assez secondaire ;

- en revanche, le rapport attribue des conséquences importantes aux prix excessifs des licences et, encore plus, à leur caractère ferme, non contingent, indépendant des possibilités réelles d'amortissement des investissements, qui ne peuvent être appréciées que de façon très approximative aujourd'hui. Le risque qui pèse sur la solvabilité des opérateurs s'en est trouvé aggravé au point de menacer le bénéfice collectif du projet ;

- la hâte européenne, motivée par la volonté de transformer l'essai réussi du GSM, a conduit à prendre des décisions fondamentales et difficilement réversibles dans un contexte de très faible visibilité. Le conseil des ministres de l'Union européenne du 14 décembre 1998 tombe doublement sous le coup de cette critique : à cette date, il était trop tôt pour s'engager, et les calendriers qui ont été décidés se sont révélés beaucoup trop serrés ;

- le recours à une subsidiarité problématique dans le cas concerné a débouché sur une grande diversité de procédures et de conditions d'attribution des licences, ce qui crée aujourd'hui de graves distorsions de concurrence sur le marché européen ;

- la décision récente du gouvernement français traduit la courageuse reconnaissance de ce constat. Même si elle ne peut corriger toutes les erreurs antérieures, elle manifeste un pragmatisme qui n'avait guère été présent auparavant. À ce titre, elle doit être saluée. Pour l'instant, tant qu'elle ne conduit pas à des réappréciations dans les autres pays, elle modifie peu le paysage européen et a même plutôt pour effet d'accroître les distorsions.

Il est évidemment plus facile d'énoncer ces analyses aujourd'hui que ce n'était le cas avant la précipitation de la crise. Reste que le rapport de Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi présente un diagnostic qui me paraît solide, qu'il reste cependant à faire partager plus largement dans les autres pays européens. Ce pourrait d'ailleurs être une des fonctions de ce rapport que de faire connaître des analyses qui, si elles ne font pas l'unanimité en France, y recueillent cependant un accord assez large et sont en cohérence avec la décision gouvernementale d'octobre 2001.

2. Soutenabilité financière

La combinaison du prix élevé d'acquisition des licences UMTS, de l'effondrement boursier et des restructurations du secteur des télécommunications a créé une situation de tension financière. Celle-ci est particulièrement forte dans les entreprises qui ont financé leurs acquisitions par recours à la dette.

Le rapport présente (dans sa section 1.5.3.) une intéressante projection à l'horizon 2015 du marché français des services de télécommunication, assortie de quelques scénarios alternatifs. Cette projection est fondée sur de multiples hypothèses. Elle décrit notamment une montée en régime rapide de l'UMTS, par substitution au GSM, qui ferait passer son taux de pénétration de 10 % en 2004 à 70 % en 2010.

Avec quatre opérateurs et le prix des licences tel qu'il avait été initialement fixé, le bilan actualisé du secteur serait proche de l'équilibre, en retenant un taux d'actualisation élevé de 12 %. La situation serait améliorée avec des hypothèses de baisse du prix des licences, d'allongement de leur durée ou de limitation à trois opérateurs. Par ailleurs, le risque serait réduit si, à la place d'un prix ferme, on passait à une redevance contingente.

Ces simulations portent sur l'ensemble du secteur des services de télécommunication. Elles ne disent rien sur ce qui aurait pu se passer en l'absence de la 3^e génération ou si l'on avait attendu de façon à passer directement à une 4^e génération, dont les contours techniques sont encore incertains, mais qui devrait permettre une nouvelle augmentation des débits.

Malgré le caractère rassurant de cette projection globale, le rapport affirme à de nombreuses reprises le pronostic d'une forte réduction à venir du nombre d'opérateurs en Europe. La conclusion du chapitre 3 annonce une « probable concentration » dans le secteur de la téléphonie mobile. La section 3.7.3. va jusqu'à indiquer qu'« une fois la fragilisation financière des petits opérateurs irréversible, la consolidation devrait s'accélérer pour aboutir à la constitution de 5 à 6 groupes » sur le marché européen.

Le pronostic de concentration est relativement peu étayé. On comprend que, pour les auteurs du rapport, il trouve moins sa source dans les caractéristiques des fonctions de coût, notamment dans l'ampleur des coûts fixes ou des économies d'échelle, que dans la fragilité financière actuelle de certains opérateurs. Mais le rapport ne contient pas d'analyse financière détaillée des structures de bilan et des comptes des opérateurs pris individuellement. Ces éléments auraient été nécessaires pour apprécier l'ampleur probable des restructurations à venir, leurs conséquences envisageables sur la concurrence, les prix et la situation du secteur, et l'opportunité d'une intervention des Pouvoirs publics.

3. Politiques industrielles

Avec le recul, la politique menée par l'Union européenne sur le dossier UMTS apparaît à la fois très volontariste, dans ses ambitions et surtout dans son calendrier, et très peu directive, eu raison de la subsidiarité appliquée en matière de procédures d'autorisation et, plus généralement, de la confiance manifestée aux marchés et aux opérateurs.

Le contexte était, il est vrai, inhabituel. Après le succès du GSM, l'Europe se trouvait en tête de la compétition mondiale ou croyait l'être. Elle a voulu accentuer son avance, en fondant, comme pour le GSM, sa stratégie sur l'adoption précoce d'une norme technique unique, ce qui fut une bonne décision.

Mais, sur les autres plans, l'Europe a, jusqu'à la période récente, manqué de pragmatisme, si l'on met de côté celui qui s'est manifesté par l'opportunisme budgétaire.

Hors d'Europe, on observe des attitudes différentes : en caricaturant quelque peu, aux États-Unis, une stratégie prudente, voire attentiste, au-delà du dynamisme des firmes américaines en matière de recherche et de développement technologique, au Japon, une stratégie dirigiste, avec choix sans véritable compétition des opérateurs et quasi-gratuité des licences, et en même temps progressive, avec un développement de l'internet mobile à bas débit, que certains qualifient de « génération 2,5 », qui devrait permettre une transition plus facile vers la 3^e génération.

Dans leur conclusion, Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi s'interrogent sur les conditions qui pourraient permettre de réussir la 3^e génération de téléphone mobile en Europe. Ils proposent de « redonner au projet UMTS sa dimension européenne », en pilotant la reconcentration du secteur dans une vision européenne, en réglementant plus largement au niveau européen, en créant un fonds européen financé par les prélèvements déjà réalisés par les États membres. C'est la voie de la sagesse, mais elle ne sera pas facile à mettre en œuvre. Si elle garde une justification forte dans l'homogénéité croissante du marché européen des services de télécommunication, elle suppose de commencer par traiter les problèmes qui résultent de l'extrême diversité des procédures d'attribution des licences. Le choix, qui s'est révélé malheureux, de la subsidiarité fait en 1998 tenait moins aux principes qu'à la difficulté de se mettre d'accord. Aujourd'hui, il faut en plus arriver à corriger de façon cohérente les décisions déjà prises au niveau national.

Compte tenu des incertitudes considérables qui continuent d'affecter l'avenir de la technologie UMTS et des services nouveaux qu'elle permettra d'offrir, il faudra se garder de l'impatience et de l'excès de volontarisme. Le brouillard ne se dissipera que lentement. Il faudra savoir clarifier les enjeux par l'expertise et la concertation et, au niveau européen comme au niveau national, privilégier la souplesse, la réversibilité et la progressivité.

Commentaire

Michel Mougeot

CRESE, Besançon, IDEP

Le rapport de Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi analyse les enjeux économiques de la téléphonie mobile de troisième génération (UMTS). Cette technologie devrait permettre de communiquer des données entre personnes en situation de mobilité et donc de répondre simultanément aux besoins satisfaits actuellement par l'Internet et le téléphone mobile. L'attribution des licences UMTS ayant été abordée dans le cadre du rapport *Enchères et action publique* (Cohen et Mougeot, 2001), le texte de Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi ne traite pas explicitement de cette question qu'il évoque cependant à de nombreuses reprises et qui est en filigrane de plusieurs de ces arguments. Alors que mon rapport développait une approche microéconomique de l'analyse des modes d'attribution et que celui d'Élie Cohen était centré sur les stratégies industrielles, le rapport de Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi est principalement axé sur l'étude des conditions de réussite de l'UMTS en tant qu'innovation technologique appelée à se substituer partiellement aux technologies en place actuellement.

Après une présentation détaillée de la problématique économique et une description de la troisième génération de téléphones mobiles, les auteurs exposent « les sept incertitudes de l'UMTS » et proposent des scénarios de la réussite. Pour les auteurs, le déploiement des réseaux de troisième génération est une opportunité de soutien de la croissance économique. Leurs conclusions sont donc en partie différentes de celles auxquelles sont parvenues les analyses microéconomiques^(*). Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi

(*) Cf. Mougeot (2001), Binmore et Klemperer (2001) et Cramton (2001), Jehiel et Modovanu (2001).

rappellent, d'ailleurs, que dans le débat sur les enchères, les microéconomistes se sont opposés aux macroéconomistes. L'approche qu'ils retiennent étant orientée vers l'étude des effets globaux de la nouvelle technologie, il n'est pas étonnant qu'un microéconomiste ne partage pas toutes les idées développées dans ce rapport.

Mes principaux commentaires portent sur la nature de la nouvelle technologie, sur les incertitudes et sur les distorsions induites par la différenciation des règles d'attribution. Je reviendrai ensuite sur la question centrale de l'articulation concurrence pour le marché concurrence dans le marché qui est absente du rapport.

1. La nature de l'activité

Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi consacrent une grande partie de leur rapport à la description de la nouvelle technologie et aux questions essentielles de la normalisation. Cette partie très technique fournit des informations utiles mais laisse l'économiste sur sa faim en ce qui concerne la question essentielle de la nature de la fonction de coût. Or celle-ci conditionne la structure du marché et le mode de régulation. La sous additivité de la fonction de coût dans le cas du téléphone fixe a justifié sa réglementation puis la séparation de la gestion de l'infrastructure et du service. Qu'en est-il dans le cas de la téléphonie mobile ? Quelle est l'importance des économies d'échelle ou d'envergure ? Le choix fait au niveau communautaire privilégie la concurrence, ce qui semble exclure l'idée d'un monopole naturel. La plupart des pays ayant retenu un nombre d'opérateurs variant de 4 à 6, les décisions prises conduisent à cet égard à une concurrence entre réseaux et donc à une concurrence entre infrastructures. Il serait donc utile d'avoir une idée plus précise des coûts d'infrastructure pour définir la structure naturelle du marché. Cette question est évoquée tout au long du rapport qui revient à de multiples reprises sur le coût de l'investissement, la nécessité d'infrastructures importantes (et de leur partage), le poids des charges d'équipement. Les auteurs évoquent ainsi la décroissance du coût moyen et l'existence de coûts fixes élevé, l'existence d'économies d'échelle, l'importance des coûts d'infrastructure, la décroissance continue du coût marginal. Il y a là un argumentaire important justifiant l'existence d'une structure monopolistique.

Toutefois, il manque dans le rapport une véritable analyse rigoureuse des fonctions de coût et des élasticités de demande qui permettrait de définir la structure de marché socialement optimale et son mode de régulation. L'absence de cette analyse affaiblit les conclusions du rapport. Il est vrai que les régulateurs européens n'ont pas conduit ce genre d'études avant le lancement du projet UMTS et que les décisions prises quant au nombre d'opérateurs apparaissent souvent mal fondées. Bien que les auteurs évoquent aussi les effets bénéfiques de la concurrence, leurs arguments sont principale-

ment fondés sur l'existence de coûts d'infrastructure conduisant à des monopoles. Une réflexion approfondie sur ces coûts serait utile. Que sait-on des coûts d'un opérateur ayant obtenu des licences dans deux pays ? Que sait-on du différentiel de coût entre un opérateur présent sur le marché et un entrant potentiel ? Faute d'un argumentaire précis, on peut même voir dans le rapport un plaidoyer pour le monopole, (en contradiction avec les choix faits dans l'ensemble des pays européens en faveur d'un oligopole à quatre ou cinq) et contre la concurrence.

On sait, par ailleurs, que l'insuffisante analyse économique de la technologie a une conséquence non négligeable sur les modes de régulation de cette activité. Elle aboutit à privilégier des choix techniques sur des critères économiques et à confier la décision aux ingénieurs en télécommunications plutôt qu'aux économistes. Ce biais peut être important compte tenu de la complexité du produit que met bien en évidence le rapport.

2. Les sources d'incertitude

Parmi les sept sources d'incertitude distinguées, certaines doivent être relativisées. Une politique efficace de concurrence devrait éliminer certaines distorsions évoquées par les auteurs. De même le coût de l'investissement ou les difficultés environnementales ne semblent pas générateurs d'incertitudes importantes. En revanche, l'incertitude sur les besoins et sur la taille du marché futur est réelle. Elle fonde l'idée selon laquelle on est en présence *d'un bien à valeur commune inconnue*. Elle a joué un rôle essentiel dans le choix de l'enchère ascendante simultanée par de nombreux pays européens (cf. Mougeot, 2001). Cette incertitude sur la demande n'est pas propre à l'UMTS. Elle est inhérente à l'innovation. Elle justifie le rôle des entrepreneurs qui prennent le risque d'investir dans les nouvelles technologies. Les prévisions, parfois très fines, que l'on trouve dans ce rapport (sur l'ARPU, sur les charges, sur les revenus prévisionnels service par service jusqu'en 2010) doivent de plus être relativisées. En effet, toutes les informations chiffrées émanent des opérateurs, de leurs consultants et des cabinets financiers qui les conseillent. Or ces informations non vérifiables ont un caractère stratégique évident. Il était dans l'intérêt des acteurs - notamment des équipementiers - de diffuser des informations exagérément optimistes pour lancer tôt le processus d'attribution compte tenu de la saturation du marché de la seconde génération. Il était ensuite dans l'intérêt des opérateurs d'annoncer des prévisions exagérément pessimistes pour renégocier le prix des licences. Une organisation simultanée de l'attribution de toutes les licences aurait évité ces manipulations d'information et permis de révéler la même valeur anticipée du marché. Toute autre information est biaisée dès lors qu'elle est un argument des stratégies des acteurs. Il convient donc de considérer ces données avec la plus grande prudence.

Par ailleurs, ces données sur les profits qui seraient obtenus en 2010 font abstraction de la forme de la concurrence qui émergera sur le marché des services. Or, selon que les opérateurs s'entendent, adoptent des stratégies de Cournot, de Bertrand ou se livrent à une différenciation des produits le niveau de ces profits sera très différent (cf infra). Faute d'une analyse de ces stratégies, on ne peut, rien prévoir quant aux parts de marché en 2010. Le rapport de Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi fournit, à cet égard, une illustration claire de cette question à propos du téléphone de deuxième génération (p 24). En décembre 1995 quand le taux de pénétration était inférieur à 5 %, qui pouvait imaginer que l'entrée de Bouygues allait permettre d'accélérer la progression du téléphone mobile en provoquant un concurrence en prix ? qui pouvait prévoir l'évolution des parts de marché qui suivit ? De la même manière, on ne peut accorder aucun crédit à des estimations fondées sur une stabilité des parts de marché pour l'UMTS jusqu'en 2010.

Pour revenir sur l'incertitude, le rapport évoque, à juste titre, la distribution de probabilité de la rentabilité. En tout état de cause, c'est en fonction de cette distribution que des opérateurs rationnels ont dû déterminer leurs offres dans les pays qui ont organisé des enchères : l'aversion vis à vis du risque implique des stratégies prudentes tenant compte de la variance du profit escompté. On peut donc supposer que les prix atteints intègrent ce risque. Dans l'enchère, il n'y a pas de prélèvement exogène qui accroît la probabilité de ruine mais une offre qui prend celle-ci en considération au même titre que les autres caractéristiques de la variable aléatoire qu'est le profit escompté. En revanche, ce prélèvement peut avoir pour effet d'accroître le risque de ruine lorsqu'il est effectué dans un concours de beauté. C'est donc un argument supplémentaire en faveur de la procédure d'enchères.

3. Attribution des licences et distorsions

Dans mon rapport sur « *Enchères, gestion publique et concurrence pour le marché* », j'ai souligné l'erreur qui a consisté à fixer un calendrier prématuré d'attribution des licences et à laisser chaque pays choisir son mécanisme. Les conséquences sont considérables en termes de distorsions sur le marché européen et en termes de subventions croisées entre marchés. Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi reprennent cette critique mais marquent cependant une préférence pour le recours à un concours de beauté assorti d'une très faible redevance. Ils s'appuient sur l'argument de l'ART selon lequel cette procédure permet de satisfaire simultanément l'intérêt du consommateur, l'avenir de l'industrie, les intérêts patrimoniaux de l'Etat ainsi que les impératifs d'égalité des citoyens et des territoires. On sait que cette affirmation ne résiste pas à une analyse économique sérieuse. Outre cette position, deux affirmations des auteurs me semblent contestables.

La première est que l'on aurait fixé un *prix excessif* des licences. Après la décision française, les prix les plus élevés sont ceux qui ont été payés

dans le cadre d'enchères - au Royaume Uni ou en Allemagne - Ils n'ont donc pas fait l'objet d'une « fixation » (comme le disent les auteurs) mais sont le résultat de stratégies des opérateurs qui les ont eux-mêmes proposés. Même si la séquentialité des procédures contribue à donner un caractère de prix prédateurs à ces prix atteints dans les premières attributions, ils reflètent la valeur accordée par les opérateurs à ces licences et aussi le coût qu'ils étaient prêts à supporter pour réduire la concurrence dans les procédures suivantes. Dans la mesure où la vraie valeur ne sera connue que dans une dizaine d'années, rien ne permet de qualifier un prix d'excessif. Les différentes analyses des enchères du Royaume Uni (Binmore et Klemperer, 2001 et Jehiel et Moldovanu, 2001), de l'Allemagne (Grimm, Riedel et Wolfstetter, 2001) ou de l'Europe entière (Cramton, 2001) insistent plutôt sur les mérites des mécanismes retenus pour stimuler la concurrence et ne mentionnent jamais l'idée de prix excessifs. Notons par ailleurs que Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi montrent bien que la baisse de la valeur boursière des opérateurs de télécommunications a d'abord eu lieu aux Etats-Unis - qui ont reporté l'attribution des licences UMTS à la fin de 2002 - et qu'elle ne peut être imputée au coût des licences de troisième génération.

La seconde affirmation des auteurs porte sur les distorsions induites sur le marché européen par le choix de procédures différentes. Les anglais et les allemands auraient agi en « free rider » et capté à leur profit la rente du secteur. Les distorsions existent. Elles sont importantes et déplorables. Elles s'accompagnent de subventions croisées entre pays : le client français d'Orange subventionne le patient anglais et le retraité allemand ! C'est le résultat d'une organisation décentralisée non coordonnée des procédures face à laquelle certains pays ont agi habilement (en définissant correctement le mécanisme et en choisissant habilement la date) et d'autres non. Faut-il blâmer les premiers et leur faire subir les conséquences des mauvais choix des autres ? A cet égard, l'affirmation de Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi selon laquelle le secteur a été déstabilisé par les pays qui ont capté la rente attendue apparaît très contestable dès lors que ces pays ont retenu des mécanismes tels que les opérateurs choisissaient eux-mêmes les prix. D'autre part, la suggestion d'un reversement du produit des enchères à un Fonds Européen apparaît pour le moins curieuse.

4. L'articulation de la concurrence pour le marché et de la concurrence dans le marché

Une dernière question essentielle m'apparaît insuffisamment traitée dans le rapport. Il s'agit de l'articulation de la concurrence dans le marché des services de l'UMTS et de celle de la concurrence pour le marché liée à l'attribution des licences. C'est un problème extrêmement délicat que la théorie économique n'a pas encore complètement exploré. Plusieurs problèmes doivent être résolus.

- La structure du marché aval doit-elle être fixée de manière exogène par le régulateur (comme c'est en cas en France ou au Royaume-Uni) ou résulter de manière endogène des choix des opérateurs dans l'enchère ? La première hypothèse suppose que le régulateur est bien informé de la forme des fonctions de coût et de la demande future, ce qui n'est pas vérifié dans les faits. La seconde fait courir le risque d'émergence d'une structure non concurrentielle qui a les faveurs des opérateurs même si l'exemple de l'Allemagne montre qu'une règle d'enchère bien conçue peut empêcher ceux-ci d'obtenir la structure concentrée qu'ils préfèrent.

- Quelle sera la forme de la concurrence sur le marché aval ? Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi évoquent parfois une concurrence pure et parfaite (pour la rejeter) et marquent à plusieurs reprises une préférence pour une structure très concentrée, l'idée selon laquelle il y aurait trop d'opérateurs pour assurer la rentabilité de ceux-ci étant évoquée dans de nombreux passages du rapport. Cependant, d'autres possibilités sont concevables dès lors que l'on est en oligopole : concurrence à la Bertrand, concurrence à la Cournot, collusion tacite ou explicite, différenciation des produits. Dès lors qu'un autre marché – celui des prestataires extérieurs diffusant leurs services sur les plates-formes des opérateurs UMTS – est en cours de constitution (par exemple à propos des droits de retransmission de compétitions sportives ou de diffusion de musique), on peut imaginer qu'une différenciation des produits va apparaître engendrant les positions de monopole et donc des rentes. L'hypothèse d'une concurrence à la Bertrand – qui conduirait à des profits nuls – est donc peu probable, comme le confirment les stratégies des opérateurs dans les enchères qui reposent sur des valeurs élevées des profits anticipés. Une dernière question est aussi à prendre en considération à ce propos. C'est celle des modes de tarification des services. Actuellement, les pratiques de tarification (forfaits, prix non linéaires) relèvent de la discrimination au second degré. La diversification des services devrait amplifier ce phénomène. Il faudrait donc envisager à la fois la différenciation des produits et la concurrence en prix non linéaires.

- Quel sera le degré de collusion sur le marché aval ? Comment éviter la collusion dans l'enchère ? Les deux formes d'entente justifient une vigilance importante des autorités de la concurrence. Les enchères organisées en Europe ont montré l'importance des incitations à l'entrée et des règles de dissuasion des ententes. Les faibles revenus engendrés par les enchères dans certains pays sont souvent le résultat de stratégies coopératives des acteurs. Le risque de collusion sur le marché futur serait réduit avec nombre d'acteurs plus élevé, ce qui contredit les arguments de Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi en faveur d'une structure concentrée.

- Comment faciliter l'entrée de nouveaux opérateurs ? Une entreprise en place possède un avantage de coût évident sur un entrant potentiel. Par ailleurs, elle est dans une situation différente si elle n'obtient pas de licence de troisième génération, puisqu'elle perd son profit antérieur alors qu'un entrant ne perd rien. Un opérateur en place a donc toujours un prix de réservation plus élevé qu'un entrant. La concurrence pour le marché est par nature asymétrique et la procédure doit tenir compte de cette asymétrie pour garantir la concurrence en favorisant les entrants. Cette approche n'a

pas été retenue en Europe. Elle est en tout état de cause délicate à mettre en œuvre. Elle peut aussi conduire à des défaillances *ex post* (cf. le cas de Nextwave aux Etats-Unis) nuisibles au bon fonctionnement du marché. La concentration du marché est en partie le résultat de cette politique de non-incitation à l'entrée. Notons cependant qu'une concentration du secteur au niveau européen n'exclut pas une concurrence au niveau des pays si les autorités de la concurrence agissent efficacement pour empêcher des stratégies collusives de partage géographique. La non-candidature de Telefonica et de Deutsche Telekom en France serait à ce propos de mauvais augure.

Le rapport de Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi, comme celui d'Élie Cohen et le mien, montre la complexité des décisions à prendre dans ce domaine. L'asymétrie d'information sur les fonctions de coût, sur le marché futur, sur la demande confère aux opérateurs un avantage considérable. Les procédures d'enchères – à condition d'être bien conçues – peuvent conduire à un rééquilibre des forces en présence. Le recours aux procédures de soumission comparative aboutit, comme l'avait analysé Coase, à une utilisation stratégique de l'information et de toutes les formes d'influence. Les menaces de certains opérateurs ont déjà fait reculer l'Etat en France comme cela était prévisible. Plus généralement, le rapport de Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi montre bien les limites des politiques industrielles. Bien que les gouvernements européens et les services de la commission aient fait de la réussite de la troisième génération de téléphone mobile un enjeu primordial, le résultat de cette politique est plus que mitigé. L'expérience a montré que les Etats ne sont pas en mesure d'imposer une structure de marché et qu'ils n'ont pas l'information suffisante pour fixer correctement des prix. Ce sont les décisions des Etats qui sont à l'origine des distorsions de concurrence et des subvention croisées : comme l'indiquent Didier et Lorenzi, des décisions publiques très lourdes en termes financiers ont été prises sans que les études économiques préalables aient été conduites. Les Etats et les instances communautaires n'ont pas joué leur rôle de réducteur d'incertitude.

Le lancement de l'UMTS illustre bien les difficultés d'une politique industrielle articulant des décisions des autorités européennes, des gouvernements et des régulateurs nationaux. Dans leur conclusion, Michel Didier et Jean-Hervé Lorenzi évoquent des modalités d'intervention permettant de sortir le secteur de sa crise actuelle. Certaines apparaissent relever du bon sens et auraient dû être retenues dès le départ. Ainsi la création d'un marché secondaire résultant de la cessibilité des licences permettrait de réduire les coûts de sortie et d'adapter la structure du marché à son évolution. L'amélioration de la coordination des décisions des Etats et des régulateurs nationaux permettrait d'éviter à l'avenir certaines des distorsions que le recours au principe de subsidiarité a provoqué. Le maintien d'une concurrence suffisante est aussi une nécessité. En revanche, d'autres suggestions, comme le financement de l'innovation par un fonds Européen ou comme la fixation *a posteriori* des règles de ce qui eut été souhaitable laissent sceptique compte tenu des enseignements de la politique menée dans ce secteur depuis 1998.

Références bibliographiques

- Binmore K. et P. Klemper (2001) : « The Biggest Auction Ever: The Sale of the British 3G Telecom Licences », *Document de Travail, Nuffield College, Oxford University*.
- Cohen E. (2001) : « Enchères et action publique » in *Enchères et gestion publique*, Rapport du CAE, n° 34, Paris, La Documentation française, pp. 143-188.
- Cramton P. (2001) : « Spectrum Auctions » in *Handbook of Telecommunications Economics*, Cave, Majumbar et Vogelsang (eds), Amsterdam, Elsevier.
- Grimm V., F. Riedel et E. Wolfstetter (2001) : « The Third Generation (UMTS) Spectrum Auction in Germany », *Cesifo WP*, Humboldt University, Berlin.
- Jehiel P. et B. Moldovanu (2001) : « The European UMTS/IMT-2000 Licence Auctions », *Document de Travail, University of Mannheim*.
- Morand P.-H. M. Mougeot et F. Naegelen (2001) : « UMTS : Fallait-il choisir un concours de beauté ? », *Revue d'Économie Politique*, n° 111(5), pp. 669-682.
- Mougeot M. (2001) : « Enchères, gestion publique et concurrence pour le marché » in *Enchères et gestion publique*, Rapport du CAE, n° 34, Paris, La Documentation française, pp. 25-142.
- Wolfstetter E (2001): « The Swiss UMTS Spectrum Auction Flop : Bad Luck or Bad Design? », *Cesifo, Document de Travail*, n° 534, Humboldt University, Berlin.

Complément A

Principes de télécommunications pour comprendre les mobiles

Philippe Picard

Philpic Conseil

Les réseaux de mobiles cellulaires numériques représentent la synthèse la plus complète de l'état de l'art en matière de télécommunications fixes et par radio.

On se propose, dans le présent complément, de décrire en termes simples les principes essentiels de télécommunications mis en œuvre dans ces réseaux. Les termes techniques ou les sigles sont définis dans le glossaire annexé au présent complément.

Pendant un siècle, le monde des télécommunications civiles est resté simple, divisé en deux grandes familles :

- les services point à point, téléphone et télégraphe, puis télex ;
- les services de radiodiffusion (voix, puis télévision).

C'est maintenant une banalité de constater la double révolution de ce secteur :

- le rapprochement progressif entre télécommunications, informatique et audiovisuel, l'explosion des mobiles, Internet, la réalité des télécommunications à large bande, etc. ;
- la dérégulation qui, en une quinzaine d'années, a transformé les PTT européens et autres Bell System en un secteur de plus en plus concurrentiel.

Cependant et, par nécessité toujours actuelle autant que par tradition, la compétition entre les multiples opérateurs n'a pas arrêté leur coopération en

matière de spécification (voire de normalisation) des services. En effet, par essence les services de télécommunications ne peuvent se développer que si les interlocuteurs des divers pays sont compatibles.

C'est dès 1865 qu'un grand nombre de pays européens ont créé l'ancêtre de ce qu'est aujourd'hui l'UIT (ITU en anglais). En 1947, l'UIT est devenu une agence de l'ONU. Il comprend aujourd'hui trois grands secteurs :

- le secteur des radiocommunications (UIT-R) ;
- le secteur de la normalisation des télécommunications (UIT-T) ;
- le secteur du développement (UIT-D).

Par ailleurs, vingt-six PTT européens avaient créé en 1959 la Commission européenne des postes et télécommunications (CEPT) qui a été une force de proposition très efficace (par exemple avec le MIC européen défini ci-dessous. En 1988, avec la séparation progressive des Postes et Télécommunications dans les divers pays européens, la CEPT, encouragée par la Commission européenne, a créé l'ETSI, qui prend en charge l'étude des normes européennes et la canalisation des contributions européennes à l'IUT. Le GSM est le meilleur exemple de réussite collective européenne en matière de normes avancées.

1. Transport de l'information : la transmission et le multiplexage

1.1. Les supports physiques

La première fonction d'un système de télécommunications est de transmettre des signaux physiques (en général des ondes électromagnétiques) représentant l'information utile.

Les principales catégories de supports sont résumées ci-après :

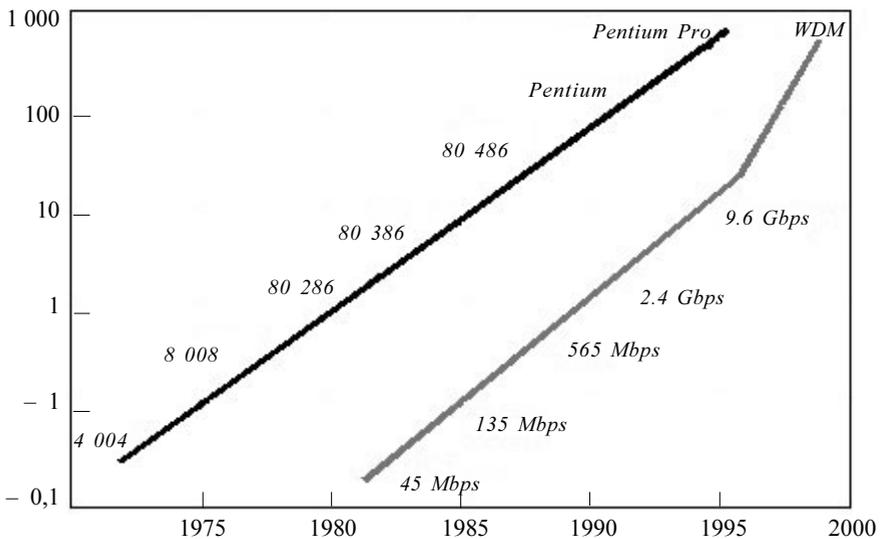
- lignes fixes matérielles (paires symétriques de fils de cuivre, paires
- liaisons radio : faisceaux hertziens point à point, satellites (géostationnaires, à orbite basse), systèmes à accès multiple pour mobile.

Tout canal physique se caractérise par quelques paramètres fondamentaux :

- la largeur de bande, c'est-à-dire la plage de fréquences transmises de façon efficace ;
- l'affaiblissement (diminution de l'énergie du signal en fonction de la distance) ;
- les distorsions (déformations du signal) ;
- le bruit (signaux parasites introduits sur la ligne) ;
- le sens de transmission (semi-duplex ou *half-duplex* ou à l'alternat ou duplex intégral ou *full-duplex*).

La technologie de base informatique (les microprocesseurs) suit depuis près de trois décades un progrès selon une loi dite de « loi de Moore », qui constate le doublement de la puissance des microprocesseurs tous les dix-huit mois, comme l'indique le graphique 1. Les télécommunications ont bénéficié de ce progrès, utilisant largement les technologies informatiques dans les équipements du réseau.

1. La loi de Moore s'applique aussi aux télécommunications



Note : Évaluation de la puissance de traitement (Intel en MIPS) et capacité de transmission des fibres optiques depuis trente ans.

Source : Auteur.

Un progrès parallèle a été réalisé avec les technologies de transmission optique qui ont atteint maintenant leur maturité. Les conséquences sont multiples :

- la transmission longue distance (régionale, continentale et intercontinentale) n'est désormais plus une ressource rare, avec comme conséquence une forte baisse des prix de revient ;
- une « démographie galopante » des projets de *backbone* européens lancés par les opérateurs « historiques » (par exemple projet EBN de France Télécom) et de nombreux opérateurs nouveaux spécialisés (Colt, Global Crossing, KPNQwest, etc.).

1.2. La numérisation de l'information

La numérisation des télécommunications, amorcée il y a une trentaine d'années, est en voie d'achèvement dans les divers domaines des télécommunications.

Avec la numérisation, il s'agit de représenter et transmettre l'information « analogique » (voix, fax, images fixes, radio, vidéo) sous forme numérique. Pratiquée depuis plus de trente ans dans le cœur du réseau téléphonique, la numérisation est pratiquement généralisée (en cours de démarrage pour la télévision hertzienne terrestre).

Il ne faut pas oublier que dans tous les cas, il faut transmettre les informations numériques sur un canal physique, par essence analogique, à l'aide de modems (bien connus pour la transmission de données).

Ces transformations analogiques numériques ont été modélisées dans le cadre d'un ensemble de propriétés connues sous le terme de théorie de l'information, inventée par Claude Shannon à la fin des années quarante. Cette théorie s'appuie sur des mathématiques classiques (probabilités, analyse de Fourier, algèbre). La numérisation (donc l'ensemble des télécommunications modernes) exploite deux résultats majeurs de cette théorie :

- un canal physique, caractérisé par le spectre des signaux qu'il transporte (largeur de bande B) et la qualité du canal (rapport signal/bruit) a une capacité théorique maximale de transport d'information (mesurée en éléments binaires ou *bits* d'information par seconde) donnée par la formule de Shannon :

$$\text{Capacité (en bits/seconde)} < B \text{ (Hz)} \times \text{Log}_2 (1 + \text{Signal} / \text{Bruit})$$

- tous les signaux analogiques de largeur de bande B peuvent être représentés par des échantillons mesurés à fréquence régulière qui doit être au moins deux fois celle de la fréquence la plus élevée du signal à représenter (théorème d'échantillonnage).

Par ailleurs, les modems sont également soumis à une règle théorique et technique fondamentale : la rapidité de modulation (la fréquence de signaux distincts représentant l'information exprimée en baud) ne peut dépasser deux fois la largeur de bande du canal physique utilisée. Par contre, chaque instant caractéristique peut avoir plusieurs états : le plus fréquent actuellement est la modulation de phase où chaque instant caractéristique transporte n bits, ce qui nécessite 2^n phases par baud. En résumé, ne pas confondre bits/seconde et bauds. À titre d'exemple, cette possibilité est exploitée dans la technologie d'extension du GSM appelée EDGE, qui prévoit de transmettre trois bits par baud.

Plusieurs facteurs décisifs et autres que théoriques expliquent la numérisation :

- un avantage industriel : utilisation des technologies « tirées » par la dynamique de l'âge d'or de l'informatique ;

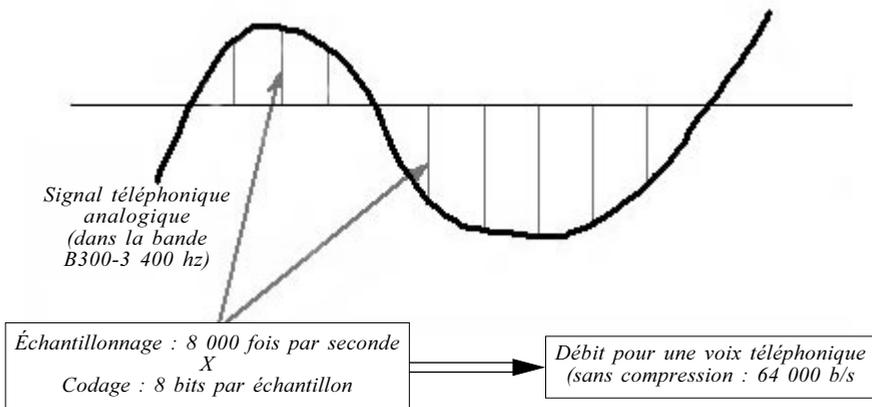
- des avantages théoriques de la transmission numérique qui permet :
 - la régénération des signaux sans dégradation du rapport signal/bruit ;
 - la compression (élimination des redondances des informations à transmettre), d'où efficacité et économie de ressources. JPEG, MPEG, MP3 sont des exemples connus d'algorithmes de compression ; (en GSM, la voix sur le support radio est comprimée à 13,8 kilobits/seconde (kb/s) alors qu'elle continue à être acheminée dans le réseau fixe à 64 kb/s).

Le graphique 2 illustre le principe d'échantillonnage tel que largement mis en œuvre dans les réseaux téléphoniques à partir des années soixante-dix :

- le signal vocal téléphonique est classiquement transmis dans la bande 300-3 400 Hz (compromis historique entre économie et acceptabilité physiologique) : l'échantillonnage est fait à la fréquence de 8 000 Hz (supérieure à $2 \times 3\,400$, minimum théorique nécessaire) ;
- chaque échantillon est numérisé par un mot de 8 bits (1 pour le signe, 7 pour l'amplitude soit 128 niveaux). À noter que la mesure n'est pas linéaire mais suit une loi logarithmique. Cette numérisation est réalisée par un CODEC : cela signifie qu'un canal téléphonique est transporté par un débit de $8\,000 \times 8$, soit 64 000 b/s.

Cette technique est toujours la plus répandue dans les réseaux fixes. À remarquer qu'elle n'exploite pas la compression, qui n'existait pas pratiquement à l'origine.

2. Principe du MIC (modulation par impulsions et codage)



Note : En GSM, la voix est comprimée à 13,8 Kb/s.

Source : Auteur.

1.3. Les fonctions pour la transmission « point à point » : le multiplexage

Tous les systèmes de transmission assurent deux fonctions fondamentales :

- le traitement du signal compensant les défauts du système de base par amplification ou régénération (voir ci-après page sur les systèmes numériques), filtrage, etc. ;

- le découpage d'un canal important en sous canaux (on dit multiplexage). Ce découpage est en effet indispensable pour mettre à profit le rendement fortement croissant des systèmes de transmission en fonction de la capacité. On en distingue deux familles :

- le mélange sur un même support physique de fréquences (ou longueurs d'onde en communications optiques) différentes : c'est le système le plus ancien, appelé multiplexage en fréquences (ou FDM) ou en longueurs d'onde (WDM) ;

- le découpage (ou multiplexage) « temporel » d'un canal physique transportant des informations numérisées (voir ci-après). Le multiplexage temporel, connu sous le sigle de TDM, consiste à entrelacer dans le temps les informations (maintenant numérisées) des divers canaux d'information à transporter.

Le découpage temporel prend lui-même deux formes fondamentales :

- soit déterministe : à chaque voie élémentaire est affectée un intervalle de temps réservé (techniques anciennes dites PDH ou plus récentes adaptées à l'optique dites SONET ou SDH, enfin l'ATM) ;

- soit statistique : chaque voie entre dans une mémoire tampon qui gère la file d'attente d'entrée sur le canal rapide (paquets : X25, Frame-Relay, Datagrammes et IP). Ces notions sont définies ultérieurement.

On trouvera ci-après le graphique 3 qui illustre le système TDM le plus répandu dans le réseau téléphonique, exploitant la numérisation de la voix : le système européen MIC 30 voies.

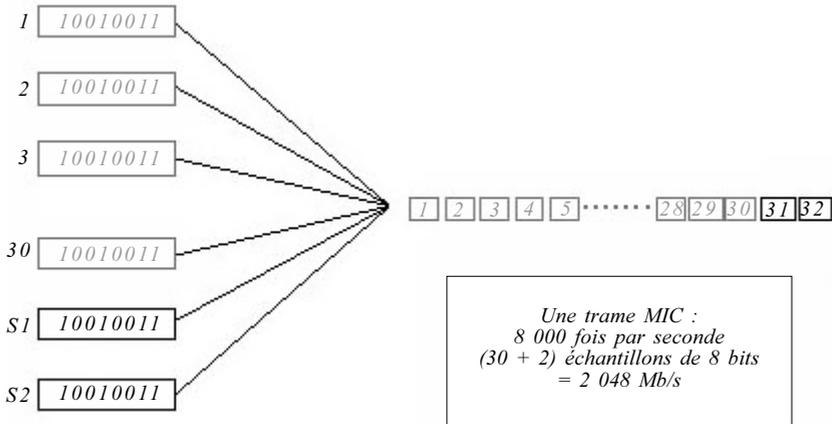
Il a été choisi de regrouper sur une même trame trente-deux canaux de voix, chacun à 64 kb/s. Cela signifie qu'une trame est portée par un débit de $32 \times 64 \text{ k} = 2\,048 \text{ Mb/s}$.

On notera en fait que la trame ne comprend que trente intervalles de temps affectés à des voies téléphoniques, 2 étant réservés au transport de la signalisation.

Les trames à 2,048 Mb/s sont elles mêmes regroupées par des mécanismes similaires dans des multiplex d'ordre supérieur, et ainsi de suite, comme avec des poupées russes.

Ce mécanisme de trames à structure fixe est reconduit dans de nombreux systèmes, dont le GSM.

3. Principe du multiplexage temporel (cas du MIC)



Note : S1 et S2 = signalisation.

Source : Auteur.

1.4. Les systèmes à accès multiple

Les familles de multiplexage des schémas précédents s'appliquent à des configurations simples (segments point à point ou assemblage de tels segments, en boucle ou en réseau maillé).

Un autre type de configuration plus complexe est apparu relativement récemment : les systèmes partageant une même ressource fixe dans les réseaux locaux informatiques (*LAN*) ou dans les cellules radio des mobiles.

Les systèmes fixes de ce type les plus répandus sont les *LAN* de la famille *Ethernet*, apparus au début des années quatre-vingt :

- les terminaux d'un segment de câble sont en « bus », c'est-à-dire qu'ils peuvent accéder en parallèle et simultanément au câble ;
- les informations sont échangées sous forme de paquets (ou trames) :
- un mécanisme dit de contention fait la « *police* » sur le câble, permettant d'aiguiller les communications (mécanisme CSMA/CD par contrôle de collisions).

Dans les réseaux radio-cellulaires, les appareils mobiles d'une même cellule doivent aussi se partager de façon aléatoire la ressource commune, à savoir un spectre de fréquences déterminées sur un territoire limité (la cellule).

Trois familles de mécanismes sont utilisées :

- le FDMA pour les réseaux cellulaires de première génération (AMPS aux États-Unis, (NMT en Scandinavie) ;
- mixte FDMA et TDMA : les réseaux numériques de type GSM ;
- CDMA pour les réseaux 3G de la famille IMT2000, dont l'UMTS.

Le changement de la méthode d'accès et de la gestion des fréquences des cellules (FDMA + TDMA) vers CDMA est un des sauts majeurs de la migration 2G/3G.

Le CDMA est une méthode exploitant au mieux les technologies de traitement du signal. Les premières versions de cette technologie ont été inventées il y a quelques décades dans un contexte militaire en combinant plusieurs objectifs :

- extraction du signal en environnement bruyant ;
- discrétion ;
- efficacité spectrale.

En dehors du mécanisme de convolution (ou d'auto-corrélation), la compréhension du CDMA n'est pas intuitive et nécessite de se plonger dans la théorie !

Aux USA, les réseaux 2G (contemporains du GSM) mettent en œuvre une première version du CDMA, CDMAone étudiée entre autres pour faciliter l'évolution des cellulaires analogiques AMPS. Leur évolution vers la 3G a conduit au CDMA2000).

La méthode d'accès est le critère principal de distinction entre les trois générations de mobile

Génération réseau mobile	Systèmes (exemple)	Nature du signal	Méthode d'accès radio	Service de données
1G	AMPS, NMT	Analogique	FDMA	—
2G	GSM	Numérique	FDMA et TDMA	Circuits 9,6 kb/s
	GSM + GPRS			IP ~30 kb/s
3G	UMTS		CDMA	IP < 384 kb/s

Source : Auteur.

2. Aiguillage de l'information : commutation et routage

L'autre grande fonctionnalité à assurer dans un réseau de télécommunications est celle de la commutation, réalisant deux missions distinctes et complémentaires :

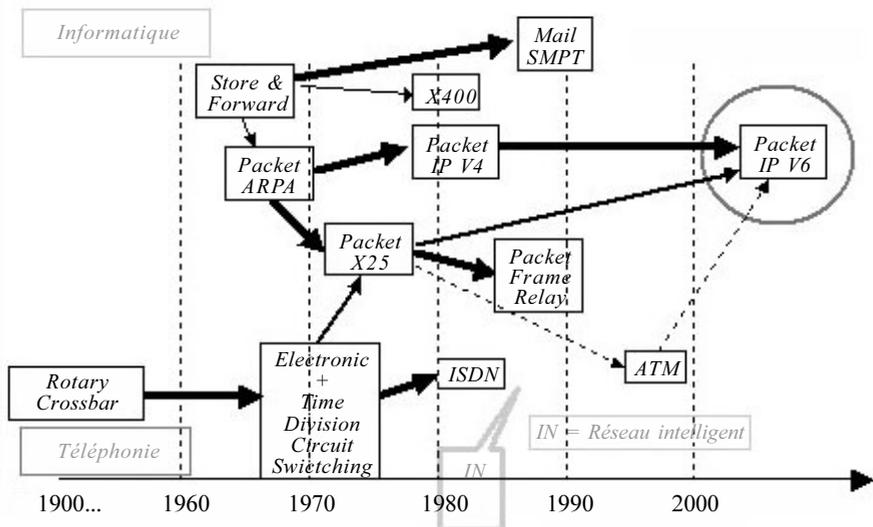
- l'aiguillage des communications obéissant au choix de l'émetteur (humain ou machine). Cet aiguillage se commande par l'émission d'une information dite de signalisation (le numéro de téléphone ou l'adresse informatique) ;
- la concentration du trafic, à la fois pour réduire la combinatoire (un réseau de N abonnés aurait besoin de $N \times (N - 1) / 2$ connections entre chacun d'entre eux) et aussi pour exploiter les aspects statistiques du trafic, avec une recherche d'optimisation des ressources.

Schématiquement, les machines de commutation (ou commutateurs) doivent donc :

- reconnaître et interpréter les informations de signalisation ;
- aiguiser les informations utiles (voix analogique, data, etc.) selon les instructions de la signalisation ;
- mesurer et retransmettre toutes les informations nécessaires, notamment celles liées à la facturation et à la qualité de fonctionnement.

Un élément indispensable au fonctionnement de la commutation est le plan de numérotation (ou d'adressage) cohérent (entreprise, national, mondial) inhérent à chaque famille de réseau et donc de commutation.

4. Panorama d'évolution des filières de commutation



Source : Auteur.

2.1. La filière de commutation téléphonique

La commutation téléphonique automatique venant remplacer les standards exploités par les « demoiselles du téléphone » a été jusqu'à la fin des années soixante basée sur les technologies à relais et établissait une continuité physique entre circuit entrant et sortant (d'où l'expression commutation de circuits). À noter que les commutateurs téléphoniques sont organisés selon une hiérarchie permettant l'optimisation de la concentration de trafic : commutateurs d'abonnés, à autonomie d'acheminement, de transit national ou international.

L'électronisation de la fonction de commutation s'est faite en plusieurs étapes :

- remplacement des principaux organes de commande à relais par des systèmes informatiques spécialisés ;
- passage à la commutation temporelle (l'aiguillage ne porte plus sur des circuits physiques mais sur des trames temporelles telles que vues précédemment). À noter que la France (le CNET puis Alcatel ont été très en avance sur cette technologie qui ne s'est généralisée qu'au début des années quatre-vingt ;
- introduction, grâce à l'informatique, d'une nouvelle classe d'applications plus sophistiquées utilisant largement les bases de données et autres outils logiciels. Il s'agit des réseaux intelligents (IN) exploitant par ailleurs une nouvelle architecture de signalisation dite par canal sémaphore et utilisant le code CCITT n° 7 (SS#7).

Cette technologie (IN et SS#7) a été indispensable pour la mise œuvre du RNIS (ou *ISDN*), ou de services tels le numéro vert ou la présentation du numéro de l'appelant. Elle s'est développée en France au début des années quatre-vingt-dix.

Elle a également été exploitée systématiquement pour la conception du GSM et est en particulier la technologie qui sous-tend la gestion de la mobilité : des bases de données centrale (HLR) et régionales (VLR) suivent en permanence la localisation des abonnés, à partir des informations transmises par chacune des cellules.

2.2. La filière de commutation informatique

Une des premières automatisations d'un service télécommunications, grâce à l'informatique, a porté sur les centres télégraphiques à bandes perforées en utilisant le mode dit de « *store and forward* », consistant à recevoir les messages, le ranger en mémoire et le retransmettre.

Au début des années soixante-dix a démarré la saga bien connue conduisant du réseau ARPA, le premier prototype validant le concept de commutation par paquets jusqu'à Internet et l'architecture IP.

La commutation par paquets emprunte au *store and forward* le principe de l'enregistrement en mémoire et réémission, mais en découpant les messages utiles en paquets de petite dimension : cela permet de bien meilleures performances en termes de temps de transfert.

Deux familles de commutation par paquets se sont concurrencées jusqu'à la mi-1990 :

- la famille datagramme, ancêtre de l'IP, consistant à émettre et acheminer chaque paquet de façon indépendante, laissant aux terminaux le soin de gérer les problèmes et incidents ;
- la famille circuit virtuel (définie dans la recommandation X25), hybride de commutation de paquets et de circuits, permettant une meilleure maîtrise des flux sur le réseau ; c'est cette technique qui a été adoptée dans les réseaux de données publics.

Depuis, la technologie IP (associée aux couches applicatives TCP) s'étend progressivement à l'ensemble des transmissions de données et systèmes informatiques (voir § 2.3 ci-après).

D'autres technologies dérivées de X25 sont apparues, dites « orientées connexion » :

- *frame relay*, un X25 rustique et simplifié ;
- l'ATM, à considérer comme un système de brassage et multiplexage sophistiqué empruntant certains principes de la commutation de paquets, permet d'organiser les réseaux de transport numériques et d'offrir des services de liaisons louées haute vitesse.

2.3. En conclusion : commutation et mobiles

Le GSM exploite au mieux les technologies de la commutation temporelle et des réseaux intelligents des années quatre-vingt-dix.

De même, l'UMTS utilisera progressivement l'ATM pour son *backbone* et les dernières versions de l'IP.

3. Les réseaux et architectures informatiques

Il y a de plus en plus de points communs entre les architectures informatiques (s'appuyant sur les réseaux et Internet) et les réseaux de télécommunications.

Au cours des années quatre-vingt, dans la foulée du succès de X25 (déjà contesté par les tenants de l'IP), l'ISO et l'IUT ont défini le célèbre modèle OSI (*Open Systems Interconnection*) en sept couches. Le modèle a eu le mérite de conceptualiser la séparation des fonctions en couches... et de donner une alternative idéologique à SNA d'IBM qui dominait alors le monde de l'informatique des entreprises.

L'OSI s'est « perdu dans les sables » et TCP/IP est devenu le système de référence sous la poussée de multiples facteurs, en particulier :

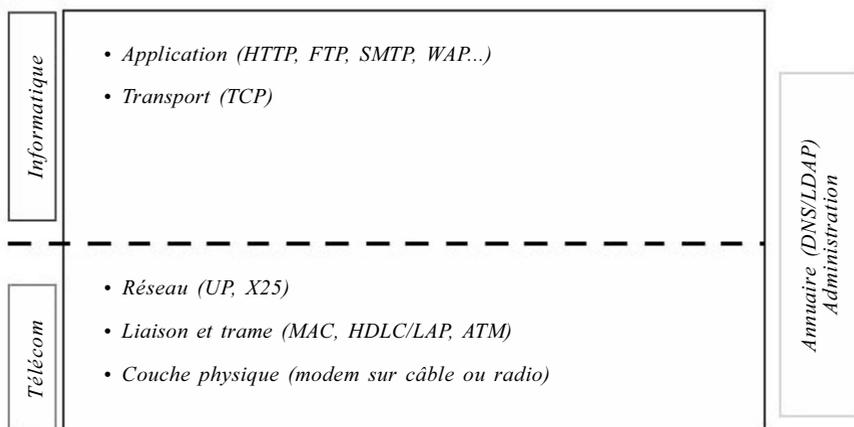
- les LAN's (en particulier Ethernet) se sont développés au début des années quatre-vingt : l'IP était clairement mieux adapté et les PTT de l'époque n'avaient aucune influence dans ce domaine ;
- la gestion de l'IP, ainsi que les premières applications de TCP/IP ont été installées en « natif » dans le système d'exploitation UNIX (FTP, SMTP, VTP).

L'IPv6 apportera des avantages décisifs mais tardifs (après 2005 pour l'UMTS) tels que l'extension de l'espace d'adressage, des outils de gestion de la qualité de service (notamment des performances) et de la sécurité.

Le graphique 5 résume les grandes fonctionnalités des réseaux informatiques, dont l'Internet fixe ou mobile. On notera les mécanismes les plus importants de cette architecture :

- IP : le mécanisme réseau (Internet Protocol) portant sur l'acheminement en fonction de l'adressage ;
- TCP : mécanisme de « transport » assurant une communication de « bout en bout » entre 2 machines et vérifiant l'intégrité des paquets et d'une manière plus générale la qualité de service ;
- les principales applications d'Internet :
 - les plus anciennes déjà citées (FTP, SMTP, VTP) ;
 - celles liées au WEB (HTTP, WAP la version développée pour les mobiles) ;
 - les protocoles de service notamment SNMP pour l'administration de réseau et le DNS, serveur de noms (ou annuaire).

5. Niveaux fonctionnels des réseaux informatiques TCP/IP



Source : Auteur.

4. Les modèles de trafic en télécommunications

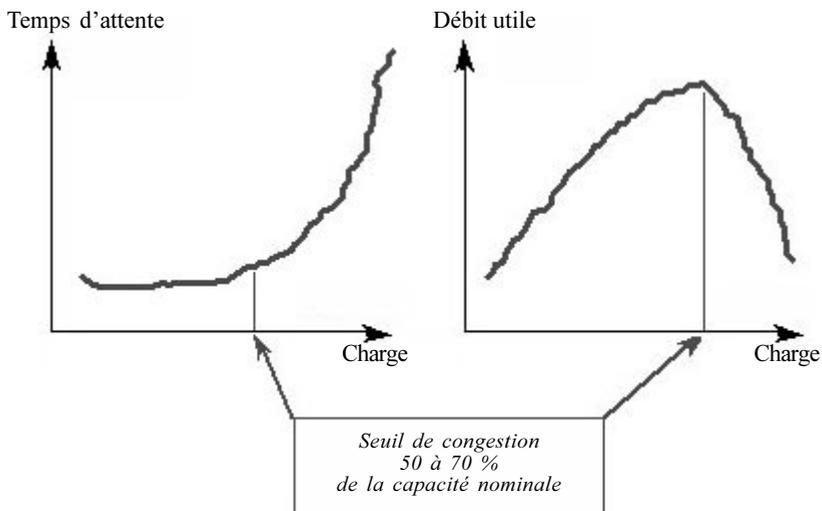
Tous les systèmes de télécommunications exploitent les propriétés statistiques des flux de trafic à acheminer et cela, dans un souci d'optimisation entre économie et seuil de qualité de service.

Une modélisation spécifique a été étudiée avec le développement de la commutation téléphonique automatique : en effet, contrairement aux opératrices, les autocommutateurs traitent les appels « avec perte » (un appel ne trouvant pas de ressource est rejeté et doit être relancé). C'est A.K. Erlang, ingénieur danois, qui a développé la théorie correspondante et qui a donné son nom à l'unité d'intensité de trafic. Jusqu'à la banalisation de l'informatique scientifique, tous les techniciens en télécoms travaillaient avec les abaques d'Erlang pour dimensionner les réseaux (commutateurs, faisceaux de lignes).

Les systèmes de la filière commutation de messages et par paquets fonctionnent selon le modèle des files d'attente.

Le graphique 6 schématise le comportement d'un système avec attente en fonction de la charge entrante. Cette charge est couramment exprimée en % de la capacité nominale (par exemple le nombre de paquets par seconde qu'un routeur IP peut traiter).

6. Les phénomènes de congestion des systèmes



Source : Auteur.

Au-delà d'un seuil qui dépasse 60 à 70 % de la capacité nominale, un système peut avoir de nombreux comportements :

- au mieux, le système devient saturé et se protège contre le trafic entrant (« fermeture des portes » vis-à-vis des générateurs de trafic, humains ou machines) ;
- au pire, le système mal protégé s'effondre (*crash*).

Les principes ci-dessus s'appliquent intégralement à l'Internet actuel qui ne permet pas aux opérateurs de s'engager sur une qualité de trafic (on parle d'engagement de *best effort*).

5. L'informatique opérationnelle

Enfin un domaine de plus en plus important pour les opérateurs est celui des systèmes d'information opérationnels nécessaires à la gestion des services de télécommunications et que l'on peut classer en deux grandes catégories :

- l'informatique dite commerciale : commandes/livraisons/facturation/service après vente (en anglais on parle de BSS ou *business support system* ;
- l'informatique technique : supervision des réseaux – activation des services (en anglais on parle d'OSS ou *operation support system*).

Les opérateurs ont défini ensemble le modèle fonctionnel des systèmes d'information dans le cadre d'un « club pré-compétitif », le TeleManagement Forum. Cela a certainement facilité l'éclosion de grands logiciels applicatifs spécialisés pour les opérateurs.

Les réseaux de mobiles ont nécessité la mise en place de systèmes d'information spécifiques indispensables, notamment dans le domaine de la facturation.

Glossaire

Les principaux termes utilisés dans le texte sont définis ici. On a retenu la version la plus utilisée (souvent la version anglaise). Lorsqu'elle est pertinente, leur version française est donnée dans la définition.

AMRF	Accès multiple par répartition en fréquence (voir FDMA)
AMRT	Accès multiple par répartition dans le temps (voir TDMA)
ATM	<i>Asynchronous Transfert Mode</i> : technologie de multiplexage et commutation par paquets inventée dans les années quatre-vingt, adaptée aux hauts débits et temps de transfert garanti
AMPS	<i>Advanced Mobile Phone Service</i> : service de téléphonie cellulaire analogique lancé aux États-Unis dans les années quatre-vingt, encore majoritaire
ARPA	<i>Advanced Research Project Agency</i> , agence de R&D avancée du ministère de la Défense américain, créée en 1957. L'ARPA a initié l'étude d'un réseau à commutation par paquets
<i>Backbone</i>	Littéralement épine dorsale : terme consacré par les opérateurs pour définir les infrastructures de transmission de haut niveau et longue distance (maintenant en fibres optiques)
Baud	Unité qualifiant la fréquence de changement d'état d'un signal. Du nom d'Émile Baudot, inventeur du code à cinq moments (ou code CCITT n° 2) utilisé en TELEX
BSS	<i>Business Support System</i> : applications d'informatique de gestion opérationnelle comme la facturation, les relations avec les clients (CRM)
CCITT	Comité consultatif international télégraphique et téléphonique : ancien nom du Comité de l'IUT édictant les recommandations techniques en télécommunications
CDMA	<i>Code Division Multiple Access</i> : méthode d'accès pour les mobiles 3G (autres méthodes d'accès : TDMA, FDMA)
CDMA2000	Version du CDMA utilisée aux États-Unis

CEPT	Conférence européenne des postes et télécommunications : organisme regroupant les administrations des vingt-six pays européens. Il agit auprès du CCITT pour appuyer les recommandations européennes.
CENT	Centre national d'études des télécommunications : ancien nom de FT R&D, centre de recherche de France Télécom
CODEC	Contraction de CODER/DECODER dans les transformations analogiques numériques
CSMA/CD	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection</i> : méthode d'accès organisant les communications sur un LAN en technologie Ethernet
Datagramme	Mode de communication par paquet utilisé notamment dans l'IP d'Internet : chaque paquet est acheminé de façon autonome
DNS	<i>Domain Naming System</i> : serveur de noms ou annuaire associé à TCP/IP
EDGE	<i>Enhanced Data Rates for Global Evolution</i> : système défini pour augmenter les performances du GSM en vitesse de transmissions de données (changement des
ETSI	<i>European Telecommunications Standard Institute</i> : organisme créé par les administrations des télécommunications des pays européens avec le soutien de la communauté européenne et chargé de proposer, de discuter et de mettre en œuvre des normes pour le compte de la CEPT
FDM	<i>Frequency Division Multiplexing</i> : multiplexage en fréquence
FDMA	<i>Frequency Division Multiple Access</i> : méthode d'accès multiple en fréquences partagées utilisée dans les réseaux mobiles cellulaires 1G et 2G
FTP	<i>File Transfer Protocol</i> : transfert de fichiers dans l'architecture TCP/IP
Full Duplex	(ou Duplex Intégral) : bande de fréquences est affectée à chaque sens de transmission simultanément. En mobiles 3G le FDD (<i>frequency division duplex</i>) permet des communications symétriques. Les réseaux européens commenceront par ce mode.
GSM	<i>Global System for Mobile Communication</i> : système de communication mobile cellulaire numérique

<i>Half Duplex</i>	(ou semi duplex) : communications à l'alternat, la même bande de fréquences étant alternativement affectée à chaque sens de communication : (par exemple, la CB). En mobiles 3G, le TDD (<i>time division duplex</i>) mieux adapté aux communications asymétriques, est promu par les normalisateurs des États-Unis dans le contexte des réseaux locaux sans fil
HLR	<i>Home Location Register</i> : base de données centrale des informations relatives aux abonnés d'un réseau de mobiles
http	<i>Hyper Text Transfer Protocol</i> : protocole d'échange de documents développés en XML, bien connus sur le Web
IMT2000	<i>International Mobile Telecommunication 2000</i> : initiative de l'ITU pour définir les systèmes de communications par mobiles 3G
IN	<i>Intelligent Network</i> : technologie introduite dans les années quatre-vingt dans les réseaux téléphoniques pour associer des applications informatiques aux fonctions de commutation (en Français : réseaux intelligents). Technologie associée à la signalisation par canal sémaphore dite CCITT n° 7 ou encore SS#7
IP	<i>Internet Protocol</i> : protocole de communication du niveau réseau en mode datagramme assurant en particulier les fonctions de routage (voir datagramme)
IPv6	<i>Internet Protocol Version 6</i>
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network</i> : extension du réseau téléphonique définie dans les années quatre-vingt, basé sur la transmission numérique et la commutation par circuits (en français, RNIS, Réseau numérique à intégration de services)
ISO	<i>International Standard Organisation</i> : organisme international dépendant de l'ONU chargé de la normalisation
ITU	<i>International Telecommunication Union</i> : agence de l'ONU définissant les normes (recommandations) en télécommunications. L'ITU comprend deux organisations : <ul style="list-style-type: none"> • ITU-T (l'ancien CCITT) qui définit les services de télécommunications • ITU-R (l'ancien CCIR) qui définit les services radioélectriques et la gestion du spectre de fréquences
JPEG	<i>Joint Photographic Expert Group Compression Standard</i> : norme de compression d'images développée par l'ITU et l'ISO

LAN	<i>Local Area Network</i> (en français réseau local) : connexion des composants de systèmes informatique à courte distance (par exemple, Ethernet, FDDI)
MIC	Modulation par impulsion et codage : système de transmission numérique en téléphonie (PCM en anglais)
MODEM	Contraction de modulateur/démodulateur : appareil permettant de transmettre des informations numériques binaires sur un canal analogique.
Moore	Gordon E. Moore : auteur en 1965 ! d'un célèbre papier prédisant le doublement de la densité des circuits intégrés tous les dix-huit mois. À l'époque, responsable de la R&D de Fairchild, il a depuis co-fondé Intel (1968)
MP3	Le MP3 ou MPEG-3 est un format pour la compression des fichiers de son de haute qualité
MPEG	<i>Moving Picture Expert Group Compression Standard</i> : norme de compression pour les images animées
NMT	<i>Nordic Mobile Telephon</i> : système 1G mobile développé en Scandinavie
OSS	<i>Operation Support System</i> : informatique opérationnelle pour la gestion technique des réseaux de télécommunications. Comprend par exemple la supervision des alarmes et de la qualité de service, l'activation des services, les bases de données de référence, etc.
PDH	<i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i> : système de multiplexage des trames numériques du MIC utilisé avec la première génération des systèmes numériques (câbles coaxiaux et faisceaux hertziens). Progressivement remplacé par le SDH.
RNIS	Réseau numérique à intégration de services (voir ISDN)
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i> : système de multiplexage numérique synchrone dérivé de SONET, bien adapté à la transmission sur fibres optiques. Est la technologie actuelle de la plupart des <i>backbone</i> longue distance.
SMTP	<i>Simple Message Transfert Protocol</i> : protocole de messagerie, l'une des applications de TCP/IP
SONET	<i>Synchronous Optical NETwork</i> : version américaine dont le SDH défini par le CCITT est dérivé
TCP	<i>Transport Control Protocol</i> : protocole définissant dans Internet la fonction dite de transport (en particulier, contrôle de séquençement des paquets)

TCP/IP	Modèle complet des couches utilisées dans Internet (réseau et applications)
TDM	<i>Time Division Multiplexing</i> : multiplexage par répartition dans le temps
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i> : méthode d'accès multiple par répartition dans le temps utilisée dans les réseaux cellulaires mobiles 2G
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication Service</i>
UNIX	Système d'exploitation multi-tâches développé par ATT au début des années soixante-dix. Aujourd'hui, UNIX est supporté par les principaux constructeurs informatiques (HP, IBM, SUN, IBM, COMPAQ) et est considéré comme le système d'exploitation le plus ouvert
VLR	<i>Visitor Location Register</i> : base de données régionale similaire au HLR
VTP	<i>Virtual Terminal Protocol</i> : une des applications d'origine de TCP/IP (en désuétude)
WDM	<i>Wavelength Division Multiplexing</i> : multiplexage en longueur d'onde utilisé en technologie optique (similaire au multiplexage en fréquences)
X25	Célèbre avis du CCITT datant de 1976 définissant le service de commutation par paquet en mode circuit virtuel

Complément B

L'UMTS et la gestion du spectre hertzien

Éric Fournier et Jean-Pierre Huynh

Agence nationale des fréquences (ANFR)

Le présent complément de l'ANFR comprend des éléments techniques qui permettent d'éclairer la problématique des normes et des bandes de fréquences utilisées pour l'UMTS⁽¹⁾ puis décrit la gestion nationale du spectre et les réaménagements du spectre effectués avec l'intervention du fonds financier de réaménagement du spectre.

1. Éléments techniques essentiels relatifs à l'utilisation des ondes radio et aux réseaux

1.1. Caractéristiques physiques du spectre hertzien

La fréquence des ondes radio physiquement utilisables pour la transmission d'information se situe entre 3 kilohertz (kHz) et 3 000 gigahertz (GHz), totalité des ressources disponibles.

Actuellement, les fréquences maîtrisées techniquement en laboratoire se situent en dessous de 1 000 GHz et l'exploitation courante du spectre a lieu entre 3 kHz et 65 GHz.

1. IMT 2000 (*International Mobile Telecommunications*) est une famille de normes reconnues par l'UIT. La norme UMTS, qui appartient à cette famille, a été retenue par l'Union européenne pour équiper au moins un réseau dans chacun des États membres.

1. Utilisation actuelle du spectre

3 ou 9 kHz	GHz 65	GHz 275	GHz 100	GHz 3000
		0		
Couramment exploité	techniquement		disponible	
Attribution par l'UIT des bandes de fréquences aux services				
Ressource totale disponible				

Source : ANFR.

Dans le cadre défini par l'Union internationale des télécommunications (UIT), seules les bandes de fréquences situées entre 9 kHz et 275 mégahertz (MHz) font l'objet d'une attribution à des services et la bande 275-1 000 GHz peut être utilisée par les administrations à des fins d'expérimentation.

Le spectre des fréquences ne possède pas des qualités homogènes. Les lois de la propagation, la présence de bruits parasites ou les phénomènes de réflexion, de diffraction ou d'absorption sont autant de facteurs qui affectent les propriétés d'une bande. Le choix d'une fréquence pour un service de radiocommunications dépendra donc des caractéristiques de l'usage final : couverture géographique, puissance requise, taille de l'antenne, etc.

Un signal qui se propage en espace libre subit deux atténuations fonction de la distance et de la fréquence. À ces deux effets qui s'appliquent à l'ensemble du spectre s'ajoutent les propriétés particulières à chaque bande :

- ainsi, entre 3 kHz et 30 MHz, les phénomènes de réflexion ionosphérique ou de diffraction permettent la transmission du signal sur de très longues portées, à l'échelle de la planète, avec très peu d'affaiblissement ;
- entre 30 MHz et 3 GHz, les phénomènes de réflexion ionosphérique deviennent négligeables. Ces bandes sont exploitées « en visibilité » en utilisant au mieux la diffraction autour d'obstacles présentant des arêtes vives (immeubles, murs ...), la réflexion sur les murs et la bonne pénétration des ondes dans les bâtiments. Cette bande se prête bien aux usages de télédiffusion et de télécommunications mobiles ou fixes ;
- au-delà de 3 GHz s'ajoutent les effets d'absorption, en particulier par la vapeur d'eau et l'oxygène ;
- le spectre des fréquences est traversé de toutes sortes de « bruits » d'éléments naturels tels que l'atmosphère et les galaxies (surtout entre 20 et 200 MHz) ;

- d'activités industrielles : moteurs, affichages lumineux, fours à micro-ondes, etc. ;

- du récepteur lui-même qui constitue une source de bruit thermique.

Ces bruits, lorsqu'ils atteignent des niveaux comparables au signal utile, brouillent totalement le signal.

Des interférences induisant des brouillages du signal utile peuvent se produire dans différents cas :

- le Règlement des radiocommunications peut attribuer une même bande de fréquences à plusieurs services et le partage de la bande entre ces services n'est pas toujours chose aisée du point de vue des interférences. La cohabitation dans la même bande n'est généralement possible que sur des zones de services géographiquement distinctes ;

- la réutilisation des mêmes fréquences par des relais différents peut provoquer des brouillages, lorsque ces relais opèrent dans des zones voisines ;

- un même équipement, traitant deux signaux à des fréquences différentes, peut produire par inter-modulation des interférences sur un troisième canal. La proximité de deux antennes peut produire les mêmes effets ;

- l'émission d'un signal dans un canal entraîne nécessairement une émission de puissance hors de ce canal, qui peut provoquer des perturbations indésirables sur les canaux adjacents. Il appartient donc au réglementeur de fixer le niveau maximal des émissions hors bande. Malgré l'emploi de filtres étroits, les canaux adjacents doivent parfois être séparés par une « bande de garde ».

En général, des études de compatibilité électromagnétique (CEM) permettent de résoudre les problèmes d'interférence qui provoquent des brouillages dommageables.

1.2. Le système de radiocommunications

Dans la théorie de l'information, le canal a pour fonction de transmettre à un destinataire (récepteur) un message (signal) émis par une source (émetteur). Le canal est le siège de phénomènes de propagation, défauts ou perturbations, dus à la précision limitée des mesures et à l'omniprésence du bruit thermique.

Le canal est principalement caractérisé par :

- sa largeur de bande, liée à des contraintes physiques ou réglementaires ;
- des bruits et perturbations, bruit thermique des récepteurs, affaiblissement de propagation, propagation par trajets multiples, non-linéarités, brouillages.

Pour être transmis, le signal subit deux sortes de codages :

- le codage de source (ou codage en ligne) qui remplace le signal par un message équivalent, mais plus bref et qui l'adapte au canal ;

- le codage de canal (ou modulation) qui protège le message contre les perturbations du canal.

Il peut s'y ajouter un codage correcteur d'erreurs (introduites par la transmission) et un codage de cryptographie qui transforme le message pour le protéger des indiscretions.

Le premier code normalisé, le MIC, permet de numériser la voix (pour le téléphone fixe) avec un échantillonnage à 8 kHz et un débit de 64 kilobits par seconde (kb/s). Les versions successives du MIC ont permis de descendre jusqu'à 16 kb/s. De nouveaux codes sont apparus et permettraient d'obtenir en téléphonie mobile une qualité sonore comparable à celle du téléphone fixe.

À titre de comparaison et dans les mêmes conditions, la numérisation d'un signal de télévision couleur (24 images par seconde, balayage de l'écran par 625 lignes, 370 pixels/ligne, 24 bits de couleur/pixel) se ferait avec un débit d'environ 140 mégabits par seconde (Mb/s).

Le codage canal se fait par des modulations analogiques (modulations d'amplitude, modulations angulaires) ou numériques (modulations par déplacement de phase, modulations par déplacement d'amplitude en quadrature, modulation par déplacement de fréquence dans le cas du GSM).

Le mode de communication entre les deux extrémités d'une liaison dépend de l'utilisation du canal radio.

Dans le mode « simplex », la même fréquence est utilisée alternativement par l'une et l'autre extrémité. L'échange simultané d'informations se traduit par un brouillage du canal.

Dans le mode « duplex », chaque élément du réseau est simultanément en émission et en réception. Le dialogue peut avoir lieu simultanément. Ce mode consomme deux canaux pour chaque liaison.

Pour obtenir deux canaux, on utilise deux fréquences différentes dans le cas de la méthode FDD (*frequency division duplex*) et l'écart duplex entre les deux canaux doit être suffisant pour écarter le risque de brouillage.

On utilise deux intervalles de temps différents dans chaque sens pendant des durées très courtes (1 ms) dans la méthode TDD (*time division duplex*).

Lorsque de nombreux utilisateurs désirent utiliser le spectre simultanément, le système doit s'assurer qu'ils ont un accès équitable et organisé à la ressource, sans se gêner les uns les autres. Il existe actuellement trois méthodes :

- méthode AMRF (accès multiple à répartition de fréquence) ou FDMA (*frequency division multiple access*). Cette méthode, la plus ancienne, consiste à diviser le spectre utilisable en canaux de fréquences ; chaque utilisateur occupe un canal pendant la durée de la communication ;

- méthode AMRT (accès multiple à répartition dans le temps) ou *TDMA* (*time division multiple access*). Dans cette méthode, les différents utilisateurs occupent le même canal à tour de rôle. Les mobiles et les relais doivent être synchronisés. Le TDMA permet de traiter plusieurs communications sur un même émetteur/récepteur et de réduire ainsi les coûts des stations de base. En outre, le débit offert à un mobile peut être modulé par concaténation de plusieurs créneaux temporels ;

- méthode AMRC (accès multiple à répartition de codes) ou *CDMA* (*code division multiple access*). Dans cette méthode, le découpage de la bande est à la fois spectral et temporel. On attribue à chaque utilisateur une séquence binaire qui lui est propre et qui est superposée dans le temps au signal émis : c'est le code d'étalement. Ce code est connu du récepteur. À la réception, une opération de corrélation sur le code permet de séparer le signal correspondant à un utilisateur des autres signaux qui apparaissent comme du bruit. Une augmentation du nombre d'utilisateurs se traduit par un niveau de bruit plus élevé et une qualité dégradée.

L'efficacité spectrale d'un système de radiocommunications mobile numérique est généralement évaluée en termes de kb/s/MHz par cellule. Par exemple, l'efficacité spectrale des systèmes UMTS a été évaluée à environ 70 kb/s/MHz par cellule, soit presque le double de celle du GSM.

Cette notion d'efficacité spectrale d'un système doit pourtant être maniée avec précaution, car l'efficacité réelle dépend du signal transmis (un système est optimisé pour un certain débit), de l'environnement (urbain, rural) ainsi que de la vitesse des terminaux. Des systèmes comme le GSM ou l'UMTS peuvent accueillir un plus grand nombre de communications « piétonnes » que de communications « voitures ».

Au-delà de l'efficacité spectrale du système, le métier de chaque opérateur est d'adapter la capacité du réseau à la demande locale en densifiant de façon appropriée son réseau, c'est-à-dire en multipliant le nombre de stations de base et en développant les petites cellules (micro-cellules, voire pico-cellules). Il existe des limites à cette densification, d'ordre économique (le coût des stations de base) et technique (les communications avec des voitures roulant à grande vitesse nécessitant des macro-cellules, l'uniformité de la couverture). Pour l'UMTS, le choix d'une quantité de spectre de trois blocs de 2 x 5 MHz est fondé sur le besoin de pouvoir déployer sur une même zone géographique trois niveaux de cellules (macro-cellules, micro-cellules, pico-cellules).

Le besoin en fréquence de chaque opérateur est donc une fonction complexe de l'efficacité spectrale du système, du trafic des abonnés (débit requis, mode circuit ou paquet, environnement et vitesse...) et des possibilités de densification.

1.3. Réseaux, asymétrie des liaisons

Dans un « réseau circuits », un même circuit physique est établi entre deux correspondants pendant toute la durée de la communication. Actuellement, ce type de réseau permet d'assurer la meilleure qualité de service pour la voix.

Toutefois, pour la transmission des données, on observe que les temps de silence représentent, dans beaucoup d'applications, une part notable des communications de données. D'où l'idée de transmettre les données « par paquets ».

La technique des paquets consiste, dans le cas du système Transpac, à découper des séquences de données en paquets de 500 à 2 000 éléments binaires et à doter les paquets d'informations de service permettant leur acheminement individuel.

Le transport des paquets met en œuvre la notion de circuit virtuel entre deux correspondants. L'autocommutateur de rattachement reçoit un paquet et le met en mémoire intermédiaire, en attendant de le passer au commutateur suivant par le chemin que le premier détermine. Le second fait de même jusqu'au commutateur final du correspondant. Chaque liaison est allouée à la demande pour chaque paquet. L'autocommutateur gère la file d'attente éventuelle des paquets. Entre les deux correspondants, la liaison emprunte le circuit virtuel composé de l'ensemble des liaisons instantanées. Le système préserve l'ordre des paquets.

L'intérêt de la technique des paquets est de partager les ressources disponibles entre plusieurs utilisateurs, de favoriser un acheminement adaptatif, c'est-à-dire tenant compte de la capacité des nœuds du réseau, enfin de permettre l'utilisation de liaisons simultanées, en communication multivoies sur un seul support.

Pour qu'un tel réseau puisse offrir un service téléphonique de qualité comparable à celle du réseau circuits, il faudrait qu'il soit capable d'acheminer tous les paquets, sans perte, dans un délai non perceptible pour l'oreille humaine.

On observe une asymétrie dans une liaison lorsque les débits respectifs de transmission d'information dans les deux sens sont très différents. C'est le cas par exemple lorsqu'un utilisateur consulte le minitel ou l'Internet :

- dans le sens utilisateur vers le réseau, le débit est fonction de la vitesse de frappe de l'utilisateur sur le clavier de saisie ;
- dans le sens réseau vers l'utilisateur, le débit peut être beaucoup plus important et ne dépend que du dimensionnement des équipements.

À titre d'exemple, avec l'ADSL (*asymmetric digital subscriber line*) proposé par France Télécom, un utilisateur raccordé à son réseau fixe peut transmettre vers le réseau avec un débit de plusieurs dizaines de kb/s et recevoir du réseau des informations avec un débit de plusieurs Mb/s (soit un programme de télévision avec les moyens actuels de compression d'image).

1.4. Les normes IMT 2000

Au-delà des questions relatives au spectre, l'Agence nationale des fréquences a été amenée, en tant que coordonnateur des positions françaises pour les réunions du secteur des radiocommunications de l'UIT (UIT-R), à suivre les questions de normalisation et notamment la longue bataille entre les industriels pour imposer l'une ou l'autre des solutions CDMA proposées.

L'objectif premier de l'IMT-2000 a été de définir un système mondial qui devait ainsi permettre une « itinérance » complète ainsi que des économies d'échelle significatives.

Pour réaliser cet objectif, l'UIT-R avait défini un processus complexe de soumission de proposition d'interfaces et d'évaluation de ces interfaces. Au départ, onze interfaces différentes ont été proposées et les discussions qui ont suivi ont permis de réduire ce nombre à cinq interfaces, dont deux pour le mode TDD (duplex temporel, c'est-à-dire que mobile et station de base émettent alternativement à la même fréquence), alors qu'idéalement une interface pour chaque mode aurait dû être obtenue.

Concernant le mode FDD (duplex fréquentiel, c'est-à-dire quand mobile et station de base émettent à des fréquences distinctes), le principal obstacle à un consensus a été le conflit entre les deux normes CDMA. La première norme, proposée par Qualcomm (et soutenue par Lucent), le CDMA-2000, est fondée sur la compatibilité avec la première norme CDMA, IS-95, utilisée par la majorité des réseaux PCS (*personal communications systems*) américains. La deuxième, le W-CDMA de Nokia et Ericsson et plus généralement de l'Europe, est présentée comme plus efficace et présente, mais dans une moindre mesure, une compatibilité avec le GSM (qui est un système TDMA, ce qui représente un saut technologique). Derrière la question de la compatibilité avec les systèmes 2G se trouvent bien entendu les droits sur les brevets et la politique agressive de Qualcomm quant à la gestion de ceux-ci. Qualcomm et Ericsson ont d'abord refusé toute utilisation réciproque des brevets. Puis cette affaire s'est terminée par un accord entre les deux industriels et la reprise par Ericsson d'une partie des activités industrielles de Qualcomm sur les équipements de réseau.

En pratique, l'UIT-R a donc dû accepter deux systèmes CDMA différents, obtenant tout de même une modification des paramètres « radios » du W-CDMA afin de la rapprocher du CDMA-2000, pour faciliter la conception de terminaux bi-modes. Au final, les différences entre les deux interfaces portent essentiellement sur le *chip rate* (3,68 Mchip/s pour le CDMA-2000 contre 3,84 Mchip/s pour le W-CDMA), la structure des trames, le multiplexage de la signalisation et la synchronisation des stations de base.

En plus de ces deux interfaces CDMA, le mode FDD de l'IMT-2000 comprend aussi une interface TDMA (UWC-136) originellement conçue comme une possibilité d'évolution des réseaux TDMA incluant une version améliorée du D-AMPS américain (autre norme PCS) ainsi que EDGE et une solution pour offrir un débit de 2 Mb/s.

Concernant le mode TDD, la principale difficulté a été de fusionner les propositions européennes (UTRA TDD) avec une proposition chinoise intégrant les techniques d'antennes actives. De plus, presque par défaut, la norme DECT a été elle aussi acceptée en tant que norme IMT-2000 pour l'environnement piéton.

Il faut souligner que le travail de normalisation proprement dit a été fait, pour ce qui concerne UTRA, au sein d'une nouvelle structure (le 3GPP, *3G Partnership Project*). Sur ce modèle, Qualcomm a rapidement construit une structure équivalente, le 3GPP2, qui s'est toutefois relativement peu affranchie de ses racines américaines.

Le concept européen d'UMTS ne se réfère au départ qu'aux seules normes du 3GPP pour les composantes FDD et TDD. Cela se justifiait par le souci d'assurer, comme avec le GSM, une itinérance complète entre les différents réseaux européens. Mais le gouvernement américain, poussé par Qualcomm a, au moment où les régimes de licences UMTS étaient en cours de définition, effectué d'énormes pressions sur la Commission européenne (CE) et les États membres afin de s'opposer à ce que ces licences soient limitées à l'UMTS. L'argument était tiré des règles de l'OMC qui demandent à ce que les normes internationales s'appliquent lorsque celles-ci existent. La CE, qui ne souhaitait pas un nouveau différend avec les États-Unis devant un panel de l'OMC, a fini par céder en interprétant la décision européenne sur l'UMTS comme exigeant des États membres le déploiement d'au moins un réseau UMTS, laissant donc la possibilité d'avoir d'autres réseaux utilisant une autre norme IMT-2000. Les États membres ont dû s'aligner sur cette position. Il s'agit toutefois pour les américains d'une victoire à la Pyrrhus puisque les opérateurs européens ont finalement fait le choix logique de la norme la plus compatible avec le GSM et qu'aucun n'a pris le risque de déployer un réseau incompatible avec les autres.

Technologiquement, les différentes interfaces IMT-2000 permettent d'offrir des débits supérieurs et devraient avoir une efficacité spectrale accrue, comparée aux systèmes de deuxième génération. Cela permettra donc aux opérateurs de fournir aux utilisateurs de nouveaux services. Clairement, ces nouveaux services sont orientés Internet, ce qui a permis de présenter l'IMT-2000 comme « l'Internet mobile » ou encore, comme la convergence entre deux révolutions des années 1990, le mobile et l'Internet.

L'approche Internet de l'IMT-2000 influe considérablement sur les travaux actuels de l'UIT sur l'IMT-2000. Ainsi, alors que l'IMT-2000 a, au départ, été défini comme un ensemble d'interfaces radio s'appuyant sur les deux cœurs de réseau mobile existant (GSM MAP et IS41), de nombreux travaux visent maintenant à adapter ces réseaux au mode paquet, envisageant au final un réseau tout IP qui serait compatible avec les contraintes liées à la mobilité.

De même, les projets d'évolution des spécifications des interfaces radios IMT-2000 portent essentiellement sur les possibilités de liaison descendante haut-débit et sur les possibilités d'utilisation des services IP en temps réel.

Cet axe dans le développement des interfaces IMT-2000 a donné lieu encore une fois à une lutte entre industriels avec en toile de fond la lutte pour la suprématie entre les deux normes CDMA. Qualcomm, soutenu par Lucent, a fait approuver par le 3GPP2 une première spécification de ce type de liaison, 1X EV-DO (*1X evolved data only*), commercialement appelé HDR (*High Data Rate*). Toutefois, cette spécification oblige les opérateurs à sacrifier une partie de leur capacité pour la voix au profit des données, ce qui est difficilement acceptable dans le cadre des pays utilisant les normes PCS qui sont pour l'instant fortement contraints par la rareté des fréquences. Il a donc été décidé de spécifier au sein du 3GPP2 les porteuses 1X EV-DV (*data and voice*) et au sein du 3GPP les porteuses HSDPA (*High Speed Data Packet Access*), ce qui a encore donné lieu à d'intenses conflits entre industriels liés aux brevets.

Cette effervescence dans le monde de la normalisation pose un problème de fond quant au devenir de l'IMT-2000. En effet, l'IMT-2000 est un projet de l'UIT qui seul peut décider de son évolution. Une telle évolution est bien entendu nécessaire mais doit, pour continuer à satisfaire l'objectif premier de l'IMT-2000, se faire dans la recherche de solutions communes, à la fois à l'intérieur de chaque interface, mais aussi entre ces interfaces. On retrouve là une contradiction habituelle entre harmonisation et neutralité technologique et une différence d'approche entre Européens, qui privilégient l'intérêt de l'harmonisation pour industriels, opérateurs et utilisateur final, et Américains qui craignent que l'effort d'harmonisation puisse fausser le jeu du marché.

Grâce à l'importance du label IMT-2000 pour les industriels, cette approche a abouti, à la fin de l'année de l'année 2001, à une nouvelle version des normes IMT-2000 conservant intacte la convergence déjà obtenue et intégrant les évolutions technologiques telles que les porteuse descendantes haut-débit.

2. Planification et gestion des fréquences IMT 2000

2.1. Au niveau international

L'IMT-2000, ou sa dénomination européenne UMTS, constitue depuis ces dernières années un enjeu majeur, pour les industriels qui doivent renouveler le succès du GSM afin d'assurer la continuité de leur marché, pour les opérateurs qui ont vu le mobile s'imposer comme un segment essentiel de leur marché et qui imaginent des services de plus en plus diversifiés, enfin, pour les administrations qui ont soutenu l'idée d'un GSM à l'échelle mondiale et qui, plus récemment, ont vu dans l'IMT-2000 une source directe de revenu, notamment par la vente de licences.

Dans ce contexte, le rôle de l'Agence nationale des fréquences a été de préparer au niveau européen (CEPT) et international (UIT) les conditions

d'introduction de l'IMT-2000 dans les bandes cœurs et aussi d'anticiper son développement, en identifiant des ressources spectrales supplémentaires pour l'IMT-2000. Ce deuxième point a été l'un des principaux enjeux de la Conférence mondiale des radiocommunications (CMR-2000) d'Istanbul, dont les décisions s'appuient essentiellement sur les propositions européennes.

La bande cœur de l'IMT-2000 (1885-2025 MHz et 2110-2200 MHz) a été identifiée par la Conférence administrative mondiale des radiocommunication de 1992 (CAMR-92), à une époque où le succès du GSM n'était pas encore affirmé et où l'IMT-2000 se présentait essentiellement comme un concept de système de radiocommunications mobiles permettant une itinérance mondiale. Au sein de cette bande de fréquences, 2 x 30 MHz (1980-2010 et 2170-2200 MHz) étaient plus spécifiquement désignés pour la composante satellite de l'IMT-2000.

À partir de 1997 et au sein de la bande cœur précitée, la CEPT a désigné des bandes de fréquences pour l'UMTS en définissant le plan de fréquence suivant : bande 1920-1980 MHz appariée avec la bande 2110-2170 MHz, et deux bandes non appariées 1900-1920 et 2010-2025 MHz.

Le Japon adoptait le même plan pour les bandes appariées tandis que les États-Unis restaient isolés avec le plan de fréquence PCS (bande 1850-1910 MHz appariée avec la bande 1930-1990 MHz) incompatible avec les bandes de fréquences identifiées par la CAMR-92.

Devant l'ampleur du succès du GSM, les administrations européennes réalisèrent rapidement que les 155 MHz disponibles pour l'IMT-2000, à comparer avec les 220 MHz du GSM, risquaient de s'avérer insuffisants pour permettre aux opérateurs d'offrir de nouveaux services hauts-débits et demandèrent, dès 1997, à inscrire un point de l'ordre du jour de la CMR-2000 pour identifier des bandes supplémentaires pour l'IMT-2000.

La meilleure solution pour l'Europe apparut comme étant la bande 2520-2670 MHz, utilisée en France par le réseau d'infrastructure du réseau mobile de la gendarmerie, Rubis. De plus, il fut décidé de proposer d'ores et déjà l'identification des bandes de fréquence GSM afin de permettre, dans le long terme, la transition du GSM vers les systèmes 3G. Après de difficiles discussions, avant et pendant la conférence, cette solution fut adoptée par la CMR avec l'idée que certains pays (notamment les pays utilisant les normes PCS ayant souvent dans la bande 2,5 GHz du MMDS, système de « réseau câblé sans câble »), utiliseraient d'abord, pour l'extension ou même l'introduction de l'IMT-2000, la bande 1,8 GHz.

La CMR-2000 a été aussi l'objet d'une intense bataille pour préserver le concept d'IMT-2000 en tant que système défini par l'UIT. En effet, les États-Unis qui avait fait, sous la pression de leurs industriels, volte face pour s'aligner, dans le choix des bandes, sur les propositions européennes, demandaient à ce que l'identification des bandes pour l'IMT-2000 soit étendue à toute « application de communication avancée ». Cette proposition, peut-

être anodine de prime abord, vidait de son sens cette identification dont l'objectif est d'amener les pays à utiliser un système harmonisé dans des bandes harmonisées.

En France, l'utilisation de fréquences plus élevées devrait permettre de commencer à dégager la bande 2,5 GHz, à partir de 2010 pour les grandes agglomérations. En Europe, les administrations évoquent une date de disponibilité variant de 2005 à 2012. Un processus similaire à celui de la bande cœur est en train de se mettre en place afin d'aboutir à une introduction harmonisée de l'IMT-2000 dans ces bandes.

L'enjeu, en termes de fréquences, est maintenant de définir un plan d'utilisation des nouvelles bandes de fréquences. Cela est notamment indispensable pour les utilisations de type FDD où il est nécessaire de définir la bande d'émission des mobiles, la bande d'émission des stations de base et leur relation (écart fréquentiel fixe ou variable). Avoir deux plans de fréquence différents nécessite un terminal bi-bande pour assurer une itinérance, comme pour les terminaux bi-bandes GSM900 et GSM1800. Or le développement de terminaux multi-bandes est un défi technique beaucoup plus difficile pour les terminaux CDMA que pour les terminaux TDMA en raison de l'importance plus grande (poids, taille, coût) des composants radios.

L'UIT discute donc actuellement de ces plans de fréquence. La solution naturelle, pour faciliter l'évolution ultérieure des systèmes 2G vers les systèmes 3G, est de conserver le même appariement pour les systèmes 2G et 3G, complété par un plan de fréquence à 2,5 GHz et par un plan de fréquence spécifique aux pays utilisant les normes PCS leur permettant l'utilisation de la partie de la bande cœur qui n'est pas occupée par le PCS. À noter que cette solution permet d'assurer, dans la bande 1,8 GHz comme dans la bande 2,5 GHz, l'existence d'un plan commun. Mais plusieurs difficultés restent à résoudre.

Ensuite, deux industriels, Nokia et Ericsson, ont tenté de définir un « grand plan » qui fait table rase de toutes les canalisations existantes en combinant les plans des bandes cœurs, GSM1800 et 2,5 GHz. L'intérêt évident pour les industriels était d'obtenir un plan de fréquence unique et harmonisé mondialement, facilitant ainsi la conception des terminaux. Toutefois, cette proposition s'est heurté à la réalité d'utilisation actuelle des bandes : la disponibilité des différentes bandes de fréquences ne suit pas le même calendrier dans les différentes régions du monde. De plus, il suppose un réaménagement complet des bandes GSM1800 qui devrait s'effectuer de manière simultanée par tous les opérateurs.

Ce danger de déstabilisation de l'utilisation de la bande GSM 1800 fait écho à l'inquiétude qui avait été exprimée par de nombreux opérateurs GSM lorsqu'ils ont réalisé, lors de la préparation de la CMR-2000, que la bande 1,8 GHz pourrait aussi être utilisée dans certains pays utilisant les normes PCS pour l'introduction initiale de l'IMT-2000, pouvant ainsi créer une pression pour l'utilisation rapide de cette bande pour l'IMT-2000 en Europe.

Des garanties suffisantes avait alors été obtenues sur l'utilisation prioritaire du 2,5 GHz en Europe pour écouler le trop plein de trafic. Mais ces propositions de « grand plan » ont réveillé à juste titre ces inquiétudes.

Ces plans de fréquence devront être approuvés à la fin de l'année 2002. Les réactions vis-à-vis de ce grand plan ont été suffisamment négatives, en Europe et dans le monde, pour qu'il ne soit finalement pas adopté.

2.2. À l'échelon national

Le spectre hertzien, propriété de l'État, doit être utilisé dans la perspective d'une maximisation du surplus collectif.

Le surplus collectif est constitué du surplus des consommateurs et des profits provenant, d'une part, de l'exécution d'activités d'intérêt général ou de missions de service public et, d'autre part, des activités marchandes. Un compromis optimal doit donc être recherché entre les parts de spectre dévolues respectivement aux missions régaliennes et à la sphère privée.

La ressource étant limitée et les disponibilités devenant rares dans certaines parties du spectre, sa répartition entre les utilisateurs doit être réaliste. Elle doit aussi prendre en compte les données d'un environnement évolutif à de multiples égards.

Dans un tel contexte, la maximisation du surplus collectif ne peut être obtenue que par une gestion dynamique des fréquences qui doit prendre en compte les éléments juridiques et économiques liés au spectre hertzien.

La gestion du spectre doit satisfaire aux droits et obligations issus du cadre juridique relatif aux fréquences. En France, on peut remarquer que les redevances d'utilisation des fréquences instituées par l'État s'appliquent à deux niveaux correspondant aux deux procédures d'attribution et d'assignation.

Ainsi, une entité administrative unique (ANFR) a la responsabilité de l'administration de l'ensemble du spectre (planification gestion et contrôle) et constitue, avec les bénéficiaires, le premier niveau de partage du spectre (attribution des bandes à des services et répartition du spectre entre les affectataires).

Les bandes de fréquences sont ensuite divisées en sous-ensembles pour lesquels des autorisations d'utilisation sont délivrées, soit par une administration (Défense, Intérieur, Aviation civile, Ports et navigation maritime, Météorologie, Activités spatiales ou Radio astronomie) soit par une autorité indépendante (Autorité de régulation des télécommunications (ART) pour les télécommunications et le transport audiovisuel et Conseil supérieur de l'audiovisuel (CSA) pour la radiodiffusion). C'est le second niveau de partage du spectre (assignation des fréquences).

Dans d'autres pays, une administration unique a la responsabilité du spectre radioélectrique pour les utilisations gouvernementales et une autorité unique

a la responsabilité du spectre radioélectrique pour des activités commerciales (télécommunications et audiovisuel). Le premier niveau comprend donc deux entités. Dans ces pays, l'autorité unique est normalement aussi responsable des procédures d'assignation ; une entité unique peut avoir des responsabilités aux deux niveaux.

Dans un cadre général, le spectre peut être divisé en trois parties correspondant respectivement aux usages gouvernementaux, aux télécommunications et à l'audiovisuel. Les tâches administratives peuvent aussi être divisées en deux catégories, les procédures d'attribution (répartition des bandes) et les procédures d'autorisation (assignation des fréquences). Il en résulte six configurations pour lesquelles l'État doit désigner une ou plusieurs entités, afin de préciser leurs droits et obligations relatifs au spectre radioélectrique.

2. Attribution et assignation des fréquences en France

	Fréquences utilisées par des ministères ou des administrations	Fréquences utilisées pour les télécommunications et le transport audiovisuel	Fréquences utilisées pour la communication audiovisuelle
Autorité effectuant les attributions	Premier ministre sur proposition ANFR dans le cadre du tableau national de répartition des bandes de fréquences		
Autorités effectuant les assignations (affectataires)	Ministères et administrations	ART	CSA

Source : ANFR.

La situation à deux niveaux décrite plus haut conduit à deux niveaux de redevance.

Le premier niveau correspond à la redevance « généralisée » à payer par les ministères et autorités affectataires pour l'ensemble des bandes qui leur sont attribuées par le tableau national de répartition des bandes de fréquences. Cette redevance généralisée qui devrait être payée par tous les affectataires, administrations comprises, reste à mettre en place bien que le décret correspondant ait été publié. Par analogie avec les structures des marchés, ce premier niveau peut être considéré comme un « marché de gros » qui est entièrement réglementé, les prix étant imposés par le ministère du Budget. Ce premier niveau, prévu en France mais pas encore mis en application, pourrait exister dans d'autres pays.

Le second niveau correspond à des redevances liées à la délivrance des autorisations et à l'utilisation des fréquences assignées. Ces redevances existent dans presque tous les pays pour les utilisations commerciales du spectre. Il est possible que de telles redevances n'existent pas pour les usages gouvernementaux.

3. Redevances applicables en France

	Fréquences utilisées par des ministères ou des administrations	Fréquences utilisées pour les télécommunications	Fréquences utilisées pour la communication audiovisuelle
Redevance relative aux attributions des bandes de fréquences (à mettre en place)	Redevance (à l'exception des bandes audiovisuelles et radioastronomie)	Généralisée Bandes audiovisuelles	À tout le spectre et radioastronomie)
Redevance relative aux fréquences assignées	Ministères et administrations : pas de redevance	Opérateurs de télécommunications : redevances fixées par service	Opérateurs d'audiovisuel : actuellement pas de redevance

Source : ANFR.

La mission de réaménagement du spectre des fréquences radioélectriques de l'Agence nationale des fréquences est définie par l'alinéa 9 de l'article R.52.2.1 du Code des postes et télécommunications (décret n° 96-1178 du 27 décembre 1996 relatif à l'ANFR). L'Agence évalue le coût des opérations de réaménagement du spectre des fréquences radioélectriques, en établissant un calendrier de réalisations, veille à sa mise en œuvre et gère les crédits qui sont destinés à ce réaménagement.

Dans ce cadre et avec l'appui de la commission consultative du fonds de réaménagement du spectre et, tout naturellement, des représentants des ministères et autorités affectataires à cette commission, elle est en mesure de travailler à l'évaluation du coût des réaménagements rendus nécessaires par le déploiement des nouveaux systèmes et à l'établissement du calendrier de réalisation de ces dégagements.

Elle instruit les dossiers au fonds de réaménagement du spectre, déposés à l'initiative et par les ministères et autorités affectataires. Le fonds de réaménagement du spectre, géré par l'ANFR est alimenté, conformément au 3° de l'article R.52-2-13 du code des postes et télécommunications, par « les contributions des personnes publiques ou privées versées à des fins de réaménagement du spectre » dans le cadre de la mission définie au 9° de l'article R.52-2-1.

Le fonds de réaménagement du spectre a notamment été utilisé pour faciliter le dégagement du spectre nécessaire aux opérateurs de mobiles de troisième génération (UMTS).

Les dispositions de l'avis gouvernemental du 18 août 2000 prévoient que les opérateurs de mobiles de troisième génération (UMTS) remboursent les contributions du FRS qui ont permis d'entreprendre les réaménagements nécessaires à l'introduction, puis au déploiement de l'UMTS.

Lors de la présentation des résultats du dépouillement de l'appel à candidature relatif aux réseaux 3G, le 31 mai 2001, les deux opérateurs (SFR et FT) qui avaient répondu à l'appel à candidature ont été proposés par l'ART pour obtenir une licence IMT-2000.

Initialement l'État pensait pouvoir attribuer quatre licences dès le premier appel à candidature. Bien que seules deux licences doivent être attribuées dans le cadre du premier appel à candidature, le montant de la contribution des opérateurs au fonds de réaménagement du spectre est maintenu au 1/4 du coût total des réaménagements.

Le financement par le FRS des opérations de dégagement de liaisons hertziennes à 2 GHz de la Défense, d'EdF et de France Télécom au profit de l'IMT-2000 correspond aux conventions passées par l'ANFR pour un montant total de 37,913 millions d'euros pour l'ensemble des dégagements au profit de l'IMT 2000 ; soit à 9, 478 millions d'euros par opérateur 3G.

Le versement de la contribution des opérateurs au FRS est prévu un mois après l'attribution premières fréquences par l'ART.

Références bibliographiques

- Les paragraphes 1.1 à 1.3 sont inspirés des deux ouvrages suivants :
- Castel, du, François (dir.) (1993) : *Les télécommunications*, France Télécom, mai.
- Mangian Jean-Pierre (1993) : *Les radiocommunications*, PUF, Coll. 'Que sais-je', juillet.

Complément C

La technologie UMTS

Philippe Lucas

3G Consulting

1. Retour en arrière : vingt années de développement GSM

Un petit retour en arrière permet d'illustrer le temps nécessaire à la mise en place des systèmes de télécommunications mobiles. Les fréquences GSM ont été attribuées au niveau européen en... 1979, par un petit groupe de visionnaires. La technologie GSM se développe dans les années quatre-vingt et ce n'est qu'en 1987 que les grands principes de l'accès radio GSM, telle qu'il est déployé aujourd'hui, sont adoptés. En 1991, les premières licences GSM sont attribuées en Europe ; les réseaux commerciaux s'ouvrent alors progressivement. Entre la réservation des fréquences GSM et le démarrage des premiers réseaux GSM, il se sera donc écoulé un peu plus de douze années.

En France ce n'est qu'en 1994 que les deux opérateurs, France Télécom et SFR, démarrent sérieusement le déploiement du GSM : trois années après l'octroi de leurs licences, valables quinze ans. Le GSM ne s'emballe qu'en 1997, avec l'arrivée des premières offres commerciales de Bouygues Telecom. Les années d'or du GSM resteront 1998 et 1999, avec l'exceptionnel mois de décembre 1999 où plus de 1,5 million d'abonnements a été vendu en moins de trois semaines pour les fêtes de Noël.

On peut affirmer que vingt années auront été nécessaires depuis l'attribution des fréquences pour que le GSM arrive à maturité et qu'il devienne un succès commercial. Néanmoins, entre les premiers déploiements de réseau GSM et le succès actuel, il n'aura fallu que cinq années – depuis 1996 –

pour que le GSM dépasse les 60 % de pénétration de la population en Europe. Ceci est sans précédent dans l'histoire des technologies. Ceci démontre la propagation possible de ce type de produit lorsque sont maîtrisés la technologie (permettant une production de terminaux dépassant le seuil psychologique d'achat des utilisateurs), la couverture territoriale (permettant une utilisation résolument mobile) et une offre concurrentielle (permettant une diffusion à grande échelle).

À ce jour, le marché GSM représente le plus grand succès industriel européen, fort d'une démarche européenne unie et concertée. À la fin de juin 2001, le GSM est déployé dans plus de 170 pays au monde (meilleure pénétration que Coca-Cola ou McDonald !), 540 millions d'utilisateurs l'utilisent sur un marché mondial estimé à plus de 780 millions d'utilisateurs toutes technologies confondues. Le GSM, à lui seul, représente plus de 65 % de part de marché mondial et plus de 70 % du marché des technologies mobiles numériques.

Les quatre des six plus grands fabricants télécoms sont européens : Ericsson (Suède) qui représente plus de 50 % du marché des infrastructures GSM ; Nokia (Finlande) qui représente plus de 37 % de part de marché des mobiles vendus dans le monde ; Alcatel et Siemens. Seuls Nortel Networks (Canada), dont les développements GSM sont basés en France) et Motorola (États-Unis) arrivent à s'immiscer dans le peloton de tête.

Le plus grands opérateurs mobiles sont aussi européens, avec Vodafone, représentant plus de 80 millions de clients, et Orange, avec plus de 30 millions de clients ainsi que T-Mobil. Dans ce contexte la prédominance européenne se doit d'être préservée dans le contexte de la troisième génération.

2. Au début de l'UMTS étaient les fréquences

L'étude des technologies de troisième génération débute dès la fin des années quatre-vingt, en plein développement de la technologie GSM. Les ingénieurs en charge de réfléchir aux nouvelles technologies d'accès radio développent alors le concept d'interface radio de troisième génération, chargée de répondre aux limites de capacité et de transmission de débit plus important que les systèmes analogiques (première génération) et les premiers systèmes numériques (GSM en Europe), dits de seconde génération.

En 1992, la Conférence mondiale des radiocommunications attribue au niveau mondial une *bande de fréquence* de 155 MHz dans la bande des 2 GHz réservée à l'utilisation des systèmes terrestres mobiles de *troisième génération*.

À partir de cet instant les travaux de développement de la troisième génération démarrent, principalement au Japon et en Europe. Nous verrons dans le chapitre suivant comment les Américains vont se trouver hors course pour la troisième génération.

1992 voit donc le début effectif des travaux de recherche d'interface radio de troisième génération. Les recherches se concentreront alors dans un premier temps à la définition de l'interface radio répondant aux contraintes imposées par les systèmes de troisième génération à savoir : meilleure efficacité spectrale et débit accru sur le segment radio.

L'UMTS démarre donc comme un projet radio et non pas comme un projet de services multimédia, même si ces derniers sont les esprits des ingénieurs en charge des spécifications UMTS. Ce ne sera que vers la fin des années quatre-vingt-dix avec l'arrivée de services multimédia sur Internet avec l'arrivée de la téléphonie et la visioconférence sur IP que ce concept évoluera pour proposer ces services sur les systèmes mobiles.

3. L'UMTS : un jeu à trois, l'Europe s'allie au Japon, les États-Unis perdent la bataille

Au début des années quatre-vingt-dix, la Commission européenne finance des travaux de recherche pour permettre aux industriels mobiles d'analyser les évolutions des interfaces radio de troisième génération. À cette période, une société américaine (Qualcomm) affirme que la technologie qu'elle développe, le CDMA¹, est supérieure au GSM en termes de capacité et de simplicité de déploiement. Les européens se dotent alors de moyens d'étudier de plus près cette technologie. Les industriels européens décident de développer une interface radio utilisant la même technologie en s'affranchissant au maximum des brevets détenus par Qualcomm. C'est ainsi que l'Europe développe les fondements de l'interface radio qui sera définie plus tard en utilisant la technologie *Wideband CDMA*, permettant d'avoir des débits plus importants que les techniques de seconde génération.

1995, les travaux de normalisation de l'UMTS débutent sérieusement sous la pression du Japon, qui souhaite développer un système de troisième génération avec un label international afin de réduire son isolement.

La volonté japonaise de développer un système de troisième génération s'amplifie vers 1996-1997. À cette période, les industriels japonais réalisent qu'ils ont perdu le marché de la deuxième génération. Leur système national ne s'exporte pas. Les Européens sont alors omniprésents dans le mobile avec le GSM. Les opérateurs japonais de leur côté ont de plus en plus de mal à faire face à la demande du marché des consommateurs et commencent à saturer leurs réseaux mobiles. Il est temps pour eux d'obtenir des fréquences supplémentaires. Le gouvernement japonais propose que les fréquences identifiées à la CAMR'92 soient utilisées par les opérateurs, mais avec une technologie disposant du label de troisième génération.

1. *Code Division Multiple Access*, technologie utilisant la même fréquence dans toutes les cellules et séparant les communications en utilisant des codes spécifiques.

En 1996-1997, les Japonais poussent les développements de la troisième génération de façon importante dans les différentes instances de normalisation. Les Européens sont à la traîne et les Américains quasiment inexistantes et peu structurés. C'est alors qu'Ericsson réalise la liaison entre l'Europe et le Japon au niveau normatif. Ericsson est présent au Japon et en Europe et tisse les liens d'une collaboration étroite entre le Japon et les Européens.

L'année 1997 voit des jeux politiques et subtils se dessiner dans le domaine de la troisième génération entre l'Europe, le Japon et les États-Unis. La volonté d'Ericsson de développer un marché de troisième génération s'explique par la recherche d'un relais de croissance pour le début des années 2000 où les investissements des opérateurs pour le développement du GSM vont commencer à diminuer fortement.

Les Américains font alors une erreur stratégique dont ils payent encore aujourd'hui les conséquences. En 1996, sous la pression du trésor américain, le régulateur américain (la *Federation Communication Commission*) vend aux enchères plus de 4 000 licences dans les bandes de fréquence 800 MHz et 1 900 MHz pour développer les systèmes numériques de seconde génération, alors que les Japonais et les Européens ne parlent alors plus que de troisième génération. Cette dernière bande coïncide en grande partie avec la bande UMTS. Les licences ainsi accordées n'impose aucun choix sur la technologie radio à l'inverse de l'Europe où les licences attribuées au début des années quatre-vingt-dix imposaient l'utilisation de la technologie GSM. La FCC se pose ainsi en régulateur neutre vis-à-vis des technologies en clamant que le marché décidera quelle norme sera la meilleure. Au regard des investissements nécessaires dans ce type de développement, ce choix est discutable et a conduit à une dérive technologique sans précédent dans le mobile américain. C'est ainsi que l'on trouve sur le marché américain une débauche de systèmes mobiles tous incompatibles entre eux et ne permettant pas à un utilisateur d'être certain de pouvoir utiliser son mobile dans toutes les villes des États-Unis. Cela a freiné le développement des industriels américains dans la troisième génération ; ces derniers, devant développer l'ensemble des technologies en présence, n'ont pas pu mettre les moyens suffisants en recherche et développement pour être prêt comme leurs homologues européens. Les rachats récents de Verizon par Vodafone (UK) et VoiceStream – le plus grand opérateur GSM aux États-Unis – par Deutsche Telekom (All) montrent la main mise de l'Europe sur le mobile même aux États-Unis.

En 1998, les Européens, aidés des Japonais, fixent les grands axes de développement de l'interface radio de la troisième génération. Les principales sociétés qui développent ces technologies sont le Suédois Ericsson, épaulé par le Finlandais Nokia. Seul Siemens en Europe essaye de résister et de créer un pôle industriel permettant de combattre l'hégémonie d'Ericsson. On constate que ni Motorola (États-Unis), ni Nortel (Canada), ni Alcatel (France) ne sont en position de contrôler ces développements.

Et les opérateurs dans tout cela ? Eh bien, hormis NTT DoCoMo (Japon) qui doit faire face à une concurrence accrue et une saturation manifeste de son réseau, aucun grand opérateur ne s'implique de façon significative. Rappelons qu'en Europe, la fin des années quatre-vingt-dix marque l'explosion des ventes de mobiles GSM. Les opérateurs se structurent et doivent faire face à une augmentation exponentielle des ventes, du trafic et des offres. La troisième génération n'est alors que pour eux qu'une promesse encore lointaine de revenus futurs. Alors que les services de transmission de données n'ont pas encore débuté sur le GSM, les industriels proposent aux opérateurs un système UMTS avec des services multimédia, sur lesquels ils n'ont pas du tout de visibilité.

On peut également rappeler, à la décharge des opérateurs, que les industriels proposent alors de nouvelles technologies tous les ans, ne permettant à aucune de s'installer durablement avec un marché bien identifié. C'est la prolifération des offres et des technologies de transmission de données dont on ne voit pas bien comment elles s'inscrivent les une par rapport aux autres. Par ailleurs, les quelques solutions développées comme le WAP² et le GPRS³ sont dans un premier temps des échecs, en grande partie dus à la difficulté de vendre les services aux clients et aux retards de développements qu'ont connus les constructeurs, en vendant trop vite des produits non conformes aux spécifications.

4. Le 3GPP : une nouvelle instance de normalisation UMTS au niveau mondial

L'année 1998 tourne une véritable page dans le développement de la troisième génération. Fort des accords de partenariat en cours de réalisation, les Européens et les Japonais décident alors de créer *ex nihilo* une nouvelle instance de normalisation le *3rd Generation Partnership Project*. Cette instance est chargée de définir au niveau *mondial* avec les instances de normalisation régionales (européenne avec l'ETSI, le Japon avec ARIB/TTC, la Corée avec le TTA, la Chine avec CWTS et les États-Unis avec le TTA) les spécifications de la norme UMTS.

Le 3GPP démarre officiellement ces travaux en décembre 1998 en reprenant les méthodes de travail que les européens avaient mis en place pour la normalisation du GSM. Notons que le siège administratif du 3GPP se situe à Sophia Antipolis, dans les locaux de l'instance de normalisation euro-

2. *Wireless Application Protocole*, permet d'avoir des services de type Internet sur les terminaux mobiles GSM.

3. *General Packet Radio Service*, permet la facturation en fonction du volume d'information transmis au terminal et non au temps passé comme le service vocal.

péenne ETSI.

Les travaux vont se faire sous la direction des industriels européens et japonais. On retrouve principalement les constructeurs européens (Ericsson, Nokia, Siemens, Alcatel) ainsi que Motorola et Lucent et du côté japonais NTT DoCoMo est l'interlocuteur principal.

Une fois encore les opérateurs européens ne sont pas représentés de façon massive. On peut affirmer alors que l'UMTS est avant tout un produit de constructeurs plutôt que d'opérateurs.

5. L'UMTS est avant tout une nouvelle technologie d'accès radio

L'UMTS : une nouvelle interface radio. Certes, cela se justifie par le fait que de nouvelles bandes de fréquences sont disponibles. Mais on a vu par le passé que de nouvelles bandes de fréquences n'impliquent pas systématiquement une nouvelle technologie, le DCS 1 800 déployé par Bouygues Telecom en France en est l'exemple frappant.

Rappelons que la construction d'un réseau GSM en France est estimée entre 20 et 30 milliards de francs, avec un retour sur investissement sur une période de huit à dix ans en fonction des opérateurs. Le réseau capillaire (sous-système radio) représentent à lui seul plus de 60 % de ces investissements. Remplacer cette technologie permet aux industriels d'aborder l'avenir sereinement, dans la mesure où les opérateurs sont capables d'investir aussi massivement.

Les investissements dans le déploiement de stations émettrices GSM diminuant vers la fin des années quatre-vingt-dix, les principaux industriels et en particulier Ericsson, fort de sa position dominante dans les infrastructures, vont pousser l'industrie à changer de sous-système d'accès radio et imposer une nouvelle norme radio pour l'UMTS. Les arguments techniques et commerciaux sont bien évidemment ceux avancés pour convaincre l'industrie.

D'un point de vue technique, cette technologie devrait permettre le déploiement de services innovants. Néanmoins, un certain nombre de points fondamentaux relatifs à cette nouvelle interface radio doivent être présentés afin de ne pas propager des idées fausses qui ont été à l'origine des aberrations que nous pouvons regretter et qui ont eu lieu en 2000 à propos de la troisième génération.

Premièrement, le spectre UMTS utilisable (2 x 60 MHz) est moins important que le spectre GSM/DCS représentant 2 x 25 MHz + 2 x 75 MHz. Ceci peut paraître surprenant dans la mesure où cette technologie est amenée à proposer plus de débit que la seconde génération. Sachant que le GSM utilise une technologie radio optimisant le débit par unité de fréquence (de ce côté là aucune amélioration n'était attendue), à débit plus important le spectre nécessaire doit être plus important. Or ce n'est pas le cas! Les

technologies utilisées permettent de faire passer environ 1 bit/Hz.

Peut-on donc s'attendre raisonnablement à utiliser en tant que client un service à 2 Mb/s ? La réponse est oui, mais dans des conditions drastiques :

- être seul dans la cellule radio ;
- être en situation de quasi immobilité. Par ailleurs, les facteurs de durée de vie des batteries ne permettront pas avant quelques années le support de ce type de services pour le grand public.

Alors qu'attendre de l'interface radio UMTS ? Les clients peuvent s'attendre, dans une première version, à disposer d'un débit moyen plus important que celui proposé par le GSM. Non pas 2 Mb/s, mais quelques dizaines de kb/s, débit beaucoup plus proches des débits offerts par les réseaux télécoms avec des modems connectés au PC.

Quelles conséquences en termes de déploiement des stations émettrices ? Premièrement, du fait de la fréquence utilisée, la propagation des ondes radio est moins performante lorsque la fréquence est haute ; or l'UMTS utilise la bande des 2 GHz, alors que le GSM utilise la bande des 0,9 GHz ; ce dernier est donc bien plus favorisé. Le nombre de stations de base nécessaires pour atteindre une couverture nationale sera donc beaucoup plus important. Par ailleurs, les débits utilisés étant *a priori* plus importants, la couverture d'une station radio sera inférieure. Les experts radio UMTS estiment le nombre de sites radio nécessaires pour couvrir la France entre 15 000 et 20 000, alors que l'ordre de grandeur en GSM est de 10 000 sites. La réutilisation des sites GSM existants sera probablement la première solution pour réaliser un déploiement rapide. Cela ne couvrira évidemment pas les besoins en couverture et pour cela il conviendra de veiller au déploiement des réseaux UMTS par les opérateurs, pour assurer une couverture la plus large. Le recours au partage d'infrastructure radio entre opérateur est alors une solution à étudier, afin d'assurer la viabilité économique d'un déploiement national, nécessaire au succès commercial des réseaux UMTS. Il convient ici de rappeler que les opérateurs GSM n'ont vu le parc de leurs clients exploser qu'avec une couverture du territoire décente.

L'expertise existe-t-elle pour le déploiement d'un nouveau système radio à la norme WCDMA ? En Europe, hormis une bonne maîtrise théorique, l'expertise dans le déploiement des systèmes radio CDMA est inexistante. Dans ce domaine, l'expérience de terrain est déterminante pour la réalisation d'un système radio à grande échelle et permettant la maîtrise de la qualité de service nécessaire en capacité et en qualité. Il est donc à prévoir un certain retard dans le déploiement maîtrisé à grande échelle des systèmes UMTS en Europe.

La technologie est-elle mûre ? Nous pouvons affirmer que la technologie permettant de déployer un système cellulaire WCDMA est aujourd'hui mûre. En revanche, les technologies permettant de déployer des terminaux à grande échelle et des stations émettrices à des coûts raisonnables est

encore en développement. Même si certains constructeurs annoncent la disponibilité de matériel, cela n'est pas envisageable pour un démarrage commercial avant 2003. Nous verrons par la suite que, hormis la composante radio des terminaux, les services que ces derniers devront supporter seront l'élément clé du succès commercial de l'UMTS. Et sur ce sujet, il manque aujourd'hui dans l'industrie une certaine maturité.

L'UMTS, une sur-couche au réseau GSM/GPRS : on ne peut concevoir le déploiement d'un réseau GSM sans le support du réseau GSM/GPRS, dans les zones où la couverture UMTS ne peut être assurée. Aucun client ne pourra accepter que sa communication s'arrête par défaut de couverture UMTS. Il est donc indispensable que les terminaux UMTS soient bi-modes. Or cela complexifie singulièrement la réalisation de ces terminaux. Les dernières années ont montré combien la conception et mise au point d'un terminal mobile sont de plus en plus délicates et provoquent des retards de développement de services (*cf.* WAP et GPRS).

Cela amène à avoir un regard pragmatique sur la disponibilité des terminaux de troisième génération et, comme vient de le montrer Chris Gent (*Chief Executive Officer* de Vodafone), l'UMTS ne pourra démarrer la commercialisation qu'à partir de 2003 dans le meilleur des cas.

6. Des nouveaux services

Toute cette débauche de technologie n'explique pas encore les services que les clients sont en droit d'attendre. Cet aspect, il est vrai a été assez négligé par les opérateurs GSM pour une raison simple : les services font partie intégrante du GSM. Dès lors, l'offre de services entre opérateurs est peu différenciée et seule l'offre tarifaire permet de départager les opérateurs (ce qui n'est pas toujours évident pour les clients finals!).

Les concepteurs de l'UMTS ont souhaité le démarquer du GSM par une offre de services définie par l'opérateur et non plus par la norme. Les points d'interconnexion entre réseaux font l'objet d'une normalisation, afin de garantir une interopérabilité entre les réseaux au niveau national et international. En revanche, la volonté des ingénieurs en charge du développement de l'UMTS ont tenu à ce que l'offre de services soit laissée à la charge de l'opérateur.

C'est ainsi que la technologie UMTS va normaliser un certain nombre d'outils nécessaires à la mise en œuvre de services développés et commercialisés principalement par les opérateurs.

On peut citer ainsi les fonctionnalités réseaux que les opérateurs peuvent intégrer afin, par exemple, de permettre de localiser un abonné de façon plus ou moins fiable, d'offrir la possibilité de connecter un terminal mobile muni d'un navigateur Internet adapté au mobile, d'utiliser Internet sur le terminal, de permettre l'achat en ligne sur un téléphone portable, etc. Toutes ces fonctionnalités et tous ces services sont à la charge de l'opéra-

teur pour lui permettre de construire une offre permettant de valoriser l'utilisation de son infrastructure.

On peut remarquer que l'UMTS a d'ailleurs été développé en tenant compte de la possibilité de séparer en deux entités juridiques distinctes les structures de déploiement, gestion et administration du réseau d'infrastructure, et les structures de développement et de commercialisation de services.

L'UMTS fournira quelques avantages notables par rapport à la génération actuelle. Citons par exemple la possibilité de faire un appel de vidéo-téléphonie, de réaliser une visioconférence utilisant les techniques Internet pour partager un tableau blanc, voir son interlocuteur et lui parler en même temps, envoyer des messages courts multimédia, envoyer la photo de ces vacances en temps réel, etc.

Néanmoins, à ce jour la première offre de service UMTS n'est guère que la possibilité d'utiliser un terminal radio pour obtenir des débits supérieurs au GSM. Les services réellement multimédia ne semblent pas encore être disponibles, ni au niveau des réseaux UMTS, ni dans les terminaux.

7. Une évolution du réseau UMTS tourné vers les techniques Internet

L'UMTS comprend à ce jour trois phases, nommées *Release '99*, *Release '4* et *Release '5*. La *Release '99* sera la première version de l'UMTS ; elle comprend un cœur de réseau de type GSM voix, aussi nommé connexion de circuit, allusion au fait qu'une communication vocale nécessite l'établissement d'un circuit permanent entre les deux interlocuteurs, ainsi qu'un cœur de réseau orienté paquet, pour permettre l'interopérabilité avec les réseaux de type Internet.

Il est intéressant de constater que le réseau GSM associé au réseau GPRS, qui est un réseau distinct du réseau GSM voix – serviront de base à l'infrastructure du réseau UMTS, avec des évolutions spécifiques en particulier l'adaptation à la transmission de débits plus important.

Cela étant, pour un opérateur GSM/GPRS, évoluer vers l'UMTS nécessitera une mise à jour de son réseau de transport et une refonte complète du sous-système d'accès radio.

En ce qui concerne les *release '4 et 5*, l'objectif majeur est l'intégration totale des techniques Internet permettant la mise en place de services multimédias résolument innovants, favorisant la complémentarité de la voix, de l'image et du texte. L'étape majeure est aujourd'hui la *release '5*, mais il faut noter que cette étape marque une véritable révolution technologique dans le monde du mobile. Les spécifications sont en cours de réalisation au sein du 3GPP et ne seront achevées qu'au plus tôt en juin 2002. Lorsque l'on sait que, entre la disponibilité des normes et la disponibilité des produits,

il se passe en moyenne deux à trois ans, dans le meilleur des cas, on peut émettre des réserves quant aux développements commerciaux à court terme de ces innovations. Il faut savoir attendre et se contenter de la première version de l'UMTS, dont l'objectif principal sera de fournir un peu plus de débit aux clients finals avec, on l'espère, une offre de services développés par les opérateurs ou bien des tiers, si ces derniers en ont la capacité.

8. Alors, l'UMTS, à quelle échéance ?

L'UMTS est d'abord une nouvelle interface radio fonctionnant dans de nouvelles bandes de fréquences. Cette nouvelle interface radio permettra la disponibilité de plus de débit pour les clients, tout en restant très raisonnable. La complexité et l'inexpérience européenne de cette nouvelle technologie devrait retarder le développement commercial à grande échelle de l'UMTS.

Le modèle de services est beaucoup plus ouvert que celui du GSM et permet d'imaginer des développements d'affaire plus complexes que ceux bien réglés du GSM. C'est probablement la partie la plus importante de l'UMTS, qui permettra le développement d'une industrie des services mobiles avec des offres diversifiées et avec des modèles économiques plus contrôlés que l'Internet fixe.

L'offre de services multimédias ne sera effective que lorsque les réseaux UMTS intégreront les services de type Internet. Or, cela n'est envisageable qu'à un horizon de 2005 au plus tôt.

Les développements du monde des télécommunications sont toujours plus lents que prévus. Rappelons qu'il n'y a même pas dix ans que les fréquences UMTS ont été identifiées. La technologie mûrit mais elle doit se propager dans les organisations des constructeurs, comme des opérateurs. Les technologies visées sont très différentes de celles utilisées aujourd'hui et les modèles économiques devraient également évoluer. Ces modifications sont profondes et nécessitent des années avant de pouvoir voir le jour commercialement dans le grand public.

L'UMTS verra le jour, cela ne fait pas de doute, même s'il doit accoucher dans la douleur. L'industrie a beaucoup trop investi pour pouvoir désormais reculer. La question de fond reste de savoir à quelle échéance le marché UMTS peut décoller, comme le fit le GSM à la fin des années quatre-vingt. Rappelons les règles du succès du GSM : couverture suffisante (ceci ne sera pas atteint avec l'UMTS avant 2005), offre de services permettant au client de faire le pas et offre concurrentielle suffisante afin de s'assurer de prix raisonnablement attractifs pour le plus grand nombre.

Complément D

Le Japon à l'avant-scène de l'UMTS

Patrice Geoffron

Université Paris 13, CEPN-CNRS

Le Japon est aujourd'hui un laboratoire de la téléphonie mobile de troisième génération (3G). DoCoMo a procédé à partir de mai 2001 à une expérimentation pré-opérationnelle à Tokyo, Yokohama et Kawasaki auprès de 3 000 « usagers amicaux » sélectionnés parmi 150 000 volontaires. Cette expérimentation a été suivie d'une ouverture commerciale en octobre 2001. Ce calendrier place DoCoMo en avance sur l'ensemble des opérateurs occidentaux et, parmi eux, les Européens. Cette avance nipponne est d'autant plus remarquable qu'elle n'est pas limitée à cet opérateur historique. Les deux autres titulaires de licences 3G envisagent également un déploiement rapide : KDDI début 2002, tandis que J-Phone juge préférable d'attendre la fin 2002 pour se conformer à la même définition de la norme 3G que les Européens. Cette volonté d'aller rapidement de l'avant est partagée par les équipementiers qui profiteront de la vague 3G pour sortir de l'isolement dans lequel ils étaient confinés sur la génération précédente et pour aborder la concurrence sur les marchés externes en position avancée sur leur courbe d'expérience.

Les acteurs japonais de la téléphonie gardent ainsi, contrairement aux Européens, une plus grande maîtrise de leur destinée, conséquence à la fois de leur expérience unique dans l'Internet mobile (au travers en particulier du *i-mode* de DoCoMo), mais également d'un choix public de ne pas taxer lourdement l'accès au spectre hertzien. En optant pour une redevance modeste et proportionnée au nombre d'abonnés, l'État nippon a choisi d'associer la collectivité aux incertitudes liées à ce projet industriel. Il faut voir là

une volonté de pousser un modèle original de développement d'Internet : le Japon ne se caractérise pas par un dynamisme particulier en matière d'Internet par liaisons fixes de bas ou de haut débit¹, mais les accès à Internet par mobile sont supérieurs à ceux par un PC fixe et 80 % des usagers au monde sont japonais. La réussite de la 3G conditionne donc largement le développement du commerce électronique et, dans une certaine mesure, la dynamique future d'un secteur des services encore assez archaïque. L'enjeu est important à la fois d'un point de vue sectoriel – pour la modernisation des services bancaires par exemple – et au plan macroéconomique pour envisager des voies de sortie à la crise décennale de l'économie japonaise.

Ces évolutions dans l'Archipel doivent être observées avec attention par les firmes européennes car s'amorce une interpénétration d'espaces de télécommunication jusqu'alors étanches, phénomène symbolisé par les participations de Vodafone dans J-Phone et de DoCoMo dans KPN ou par les accords de partenariat qui s'esquissent entre équipementiers. L'activité des firmes nippones a de plus valeur de test de la validité des technologies, services et modèles économiques de l'UMTS. Cette dernière fonction est cruciale et, avant de considérer une éventuelle menace concurrentielle, il faut former le vœu que le Japon fasse la démonstration de la viabilité de l'UMTS. Un échec japonais serait de bien mauvais augure pour des firmes européennes déjà handicapées par la campagne d'attribution des licences dans l'Union.

1. Une expérience unique de l'Internet mobile à bas débit...

En rupture avec ses « pratiques », le Japon a introduit rapidement de la concurrence dans le domaine de la téléphonie mobile, au point de se placer au premier rang de l'OCDE pour ce qui concerne le nombre d'opérateurs. Le Japon a été le premier pays à compter cinq exploitants sur un même marché (dans la région de Tokyo)². Cette concurrence explique le développement d'une offre novatrice et de modèles de tarification qui aboutiront à un taux de pénétration comparable à celui du nord de l'Europe. Avec 70 millions d'abonnés, le chiffre d'affaires total des communications cellulaires a atteint 44 milliards d'euros en 2000. Cette concurrence a cependant – jusqu'à une période récente – été limitée à des intérêts japonais et a produit une structure largement dominée par l'opérateur historique NTT DoCoMo qui occupe près de 60 % du marché mobile (le groupe disposant par ailleurs de 90 % du marché de la téléphonie fixe).

1. Le Japon comptait en 2001 100 000 abonnés à l'Internet haut débit (ADSL ou câble) contre 4 millions en Corée du Sud.

2. OCDE (1999) : « L'ouverture du marché et des échanges dans le secteur des télécommunications », *DSTI/ICCP/TISP*, (99)5 ; OCDE (2000) : « Prix des communications mobiles cellulaires : structures et tendances », *DSTI/ICCP/TISP*, (99)11.

La croissance des activités mobiles s'est opérée dans un enchevêtrement de normes de deuxième génération. Trois sont en vigueur, dont deux exclusivement japonaises, ce qui explique le cantonnement local des opérateurs et des équipementiers. Le cellulaire numérique à commutation de circuit est à la norme PDC (*Personal Digital Cellular*) exploitée par DoCoMo et J-Phone, alors que le réseau à fréquence radio non cellulaire est à la norme PHS (*Personal Handyphone System*). Ce dernier système offre une mobilité réduite, mais permet un débit allant jusqu'à 64 kilobits par seconde (kb/s) contre 9,6 pour kb/s le PDC et le GSM européen³. Enfin, le réseau cellulaire à commutation de circuit de KDDI est à la norme CDMA One de Qualcomm

1. Parts de marché des opérateurs de téléphonie mobile en 2001

Opérateurs	Part de marché (en %)	Date de création	Caractéristiques du réseau
NTT DoCoMo	56,6	Août 1991	Cellulaire / PHS
J-Phone	16,1	Juillet 1991	Cellulaire
KDDI	27,2	Octobre 2000	Cellulaire / PHS

Sources : Opérateurs japonais et Lilli G. et D. Taveira (2001) : « Téléphonie et Internet mobile au Japon », *PEE de l'Ambassade de France au Japon*.

La spécificité des opérateurs et équipementiers nippons tient à leur expérience dans l'accès à des services d'Internet mobile, expérience qui réduit les incertitudes techniques et commerciales à l'abord de la 3G. Avec 46 millions d'abonnés à de tels services, les acteurs japonais de l'UMTS ont d'ores et déjà obtenu certaines des réponses que les Européens espèrent recueillir via le GPRS sur les attentes de leurs consommateurs.

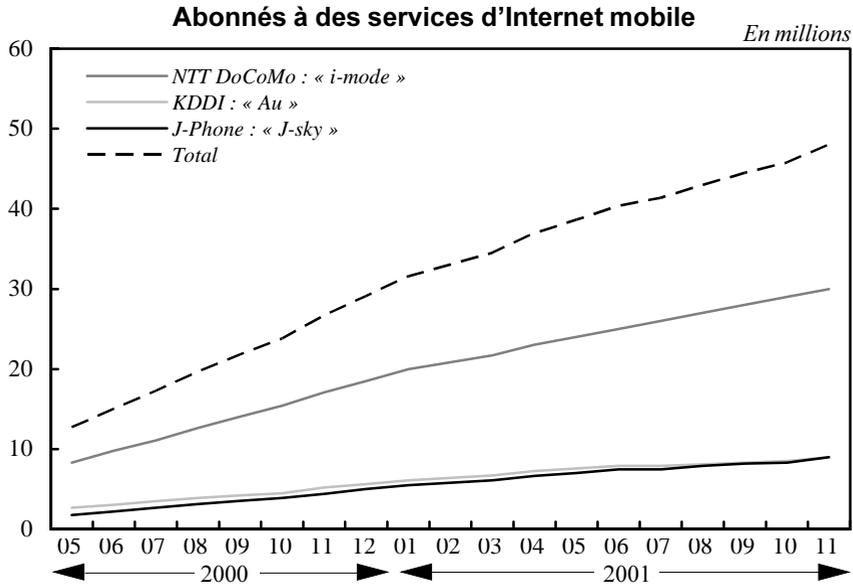
Fort de 30 millions d'abonnés à *i-mode*, DoCoMo a acquis une expérience unique en ce domaine, alors que l'ouverture du service ne remonte qu'à février 1999. *I-mode* n'est pas un protocole, comme le WAP, mais une marque⁴ et fonctionne sur la commutation par paquets, à un débit de 9,6 kb/s. Le succès tient de toute évidence moins aux potentialités offertes par ce débit, qu'aux 1 500 accords de partenariat signés par DoCoMo avec des fournisseurs de contenu et aux 50 000 sites accessibles. L'essor d'*i-mode* induit, en amont, des effets d'entraînement importants sur la conception de composants, de logiciels et les intégrateurs système en amont, mais aussi, en aval, sur la publicité et le marketing⁵.

3. Ce débit permet à DoCoMo d'offrir la possibilité de visionner de la vidéo au format Mpeg-4 depuis décembre 2000.

4. Le *i-mode* est basé sur le c-HTML.

5. Voir Delapierre M. et alii (2001) : « À l'aube d'une mutation du système industriel japonais », *OSI, Secrétariat d'Etat à l'Industrie*.

Dans un premier temps, les usages ont été essentiellement ludiques, mais au début de l'année 2001, 30 % des abonnés avaient plus de 40 ans et l'adoption d'un système de sécurisation des paiements devrait élargir son usage vers des services commerciaux. La modicité du coût des transferts de données sous *i-mode* (0,3 yen par paquet de 128 bits) est un facteur à un tel développement.



Source : opérateurs japonais.

Les autres opérateurs japonais ont suivi la voie ouverte par DoCoMo, mais sur une base technologique différente : J-Phone utilise le WAP pour son service *J-Sky*, ainsi que KDDI pour son *Ezweb*. Ces deux opérateurs disposent d'environ 9 millions d'abonnés chacun, ce qui démontre que l'adhésion du public est affaire de contenu et que les déboires du WAP en Europe n'étaient pas prédéterminés par les limitations du débit. Toutefois, malgré cette concurrence montante, *i-mode* reste la référence en raison du volume de sites accessibles. Pour preuve, J-Phone permet depuis août 2001 à ses abonnés d'accéder à certains sites de *i-mode*, cet opérateur n'offrant en effet qu'une base de moins de 1 000 sites spécifiques à ses abonnés.

DoCoMo tente également de tirer parti de cette avance pour introduire le *i-mode* en Europe notamment via KPN⁶. Les difficultés financières de l'opérateur néerlandais créent cependant une incertitude sur l'exportation de *i-mode* hors de l'Archipel. Néanmoins, l'intérêt manifesté par Deutsche Telekom pour le modèle économique de *i-mode* est une preuve supplémentaire de l'avance prise par le Japon sur l'Internet mobile via les technologies de deuxième génération⁷.

6. Telecom Italia Mobile pourrait aussi être un partenaire en Europe, ainsi que AT&T Wireless aux États-Unis.

7. L'opérateur allemand a lancé en août 2001 un paquet de services d'Internet mobile pour un abonnement de 10 euros par mois. Les revenus seront partagés par moitié avec les fournisseurs, incitation à produire des contenus qualité.

2. ...qui conduit les opérateurs japonais à une introduction volontariste de la 3G

La procédure d'allocation des fréquences hertziennes nécessaires à la 3G n'a pas suscité au Japon le même débat qu'en Europe. Une soumission comparative a été organisée entre avril et mai 2000 mettant en présence les trois opérateurs 2G pour trois licences. Le Japon n'a pas tenté d'accroître la concurrence en offrant une licence supplémentaire pour une structure de marché à 4 opérateurs. Le coût de licence est de 5 euros par an et par terminal, taux unitaire qui se traduirait, selon les prévisions des opérateurs, en une redevance de 2 millions d'euros en 2002 et de 7 millions en 2003 (cf. tableau 3). À cette redevance, s'ajouteront des coûts globaux d'investissement de 9 milliards d'euros pour DoCoMo.

Cette taxation de l'accès au spectre est conforme aux prescriptions du Conseil de stratégie technologique du Premier ministre (pilote par le Président de Sony) recommandant à l'État de prendre en charge une partie des coûts pour la construction d'infrastructures de haut débit. Notons au passage que ce mode de tarification prend en compte l'état du marché 2G : DoCoMo aura rapidement plus d'abonnés que ses concurrents compte tenu de sa position de force sur la 2G et devra donc assez logiquement payer plus cher pour utiliser la bande de spectre nécessaire à ses services 3G.

DoCoMo a retenu la norme W-CDMA, de même que J-Phone, tandis que KDDI se singularise avec la CDMA 2000 1X de Qualcomm. KDDI supportera des coûts d'infrastructures moindres, mais pourrait, en s'isolant de la norme dominante, affronter des problèmes de production de masse de ses terminaux⁸. Notons qu'on retrouve cette césure dans les normes retenues en Corée : SK Telecom et Korea Telecom ont adopté la W-CDMA tandis que LG a choisi la CDMA2000 1X.

On ne sera pas surpris d'observer que DoCoMo, compte tenu de sa position prédominante sur le marché 2G⁹, s'est engagé en tête pour l'expérimentation de la 3G en procédant à des tests préliminaires courant 2000 (avec des équipements fournis par NEC) de son nouveau service *FOMA*¹⁰. Malgré cette volonté d'aller rapidement de l'avant, DoCoMo est soucieux de préserver son image de marque. L'ouverture commerciale a donc été repoussée à octobre 2001, pour ne procéder à partir de mai qu'à un test à grande échelle auprès de 3000 usagers. Ce report est lié à des défaillances des logiciels de gestion des stations de base, mais d'autres facteurs doivent être mentionnés car ils révèlent la « frontière » de la maîtrise technique, ainsi que certaines contingences commerciales.

- Certains fournisseurs de terminaux ont rencontré des problèmes pour produire les volumes commerciaux *ad hoc*, notamment en raison d'une pénu-

8. KDDI ne sera pas dans l'obligation de fournir des terminaux bi-mode, alors que DoCoMo et J-Phone devront assurer la compatibilité PDC/W-CDMA.

9. Mais également en raison de la saturation croissante de son réseau 2G.

10. *Freedom Of Mobile multimedia Access*.

rie de composants (en particulier les afficheurs à cristaux liquides de haute définition).

- DoCoMo disposant d'une version ancienne de la norme W-CDMA a estimé qu'un délai supplémentaire lui permettrait de réduire les problèmes de retro-compatibilité¹¹. L'opérateur a d'ailleurs profité de ce délai pour signer en novembre un accord avec Nokia pour l'établissement d'une norme ouverte.

- Enfin, DoCoMo a voulu tirer partie de l'exploitation de ses services 2,5G, ses terminaux 503i *i-apply* dotés de la technologie Java rencontrant un grand succès auprès du public. Les fournisseurs de terminaux souhaitent également optimiser cette source de revenus.

2. Caractéristiques et déploiement des offres 3G des opérateurs nippons

	DoCoMo	KDDI	J-Phone
Démarrage de l'offre	Octobre 2001 (après test mai 2001)	Début 2002	Fin 2002
Zone couverte fin 2001	Tokyo, Tokai, Kansai	Tokyo, Tokai, Kansai	
Standard	W-CDMA	CDMA2000 1x	W-CDMA
Débit	384 kb/s flux descendant, 64 kb/s montant	144 kb/s flux descendant, 64 kb/s montant	384 kb/s flux descendant, 64 kb/s montant
Fréquence	2GHz	800 M/2GHz	2GHz
Couverture des grandes villes	Avril 2002	Juin 2002	Octobre 2002 ?
Couverture totale	Mars 2004 (> 97 %)	Fin 2002 (99 %)	Mars 2004 (> 90 %)

Source : D'après Nihon Keizai Shimbun.

Pour l'entrée en vigueur du service commercial, la tarification du paquet de 128 bits a été fixée à 0,05 yen, soit une réduction sensible par rapport à la tarification du *i-mode* (0,3 yen). Comme le contenu en informations des services sera plus lourd, il est cependant difficile d'anticiper l'impact tarifaire réel. Le leader n'est pas incité à développer une politique de prix agressive dans les premières années au risque de faire face à un afflux d'abonnés difficile à gérer dans une période montée en puissance du réseau. Cette prudence est nécessaire. Pour preuve, il a fallu rappeler 1 500 téléphones 3G en décembre, en raison d'un problème de logiciel pouvant conduire à des pertes de données.

11. DoCoMo amorce son offre sur la base de la norme définie en 1999, mais en incluant certaines spécifications de la norme de mars 2001. Les opérateurs européens, ainsi que J-Phone, se baseront sur la norme 2001.

KDDI prévoit un lancement étalé sur un an jusqu'à la fin 2002. L'utilisation de la norme MC-CDMA2000 1X autorisera un déploiement plus rapide, de sorte qu'à cet horizon 99 % de la population devrait bénéficier d'une couverture. KDDI fait l'hypothèse que, dans une première phase, un débit de 144 kb/s sera suffisant pour le bon fonctionnement des services existants. Quant à J-Phone, il est difficile de mesurer le handicap d'un départ plus tardif à la fin 2002. Comme la technologie utilisée sera analogue à celle de DoCoMo, J-Phone n'affrontera pas les difficultés initiales, point de vue défendu par la direction de Vodaphone. Mais J-Phone ne bénéficiera ni de l'avantage d'un investissement en réseau allégé comme KDDI, ni d'un « effet de parc » comme DoCoMo qui fera migrer une proportion importante de ses abonnés au *i-mode*, au fil du temps, vers ses services 3G.

3 Évolutions abonnés 2G/3G

	2002	2003	2004	2005	2006
Abonnés cellulaires (M)	70	77	83	88	92
Taux de croissance (en %)	15	11	8	6	4
Abonnés 2G	69	73	70	64	58
Taux de croissance (en %)		6	-5	-8	-10
Abonnés 3G	0,4	3,5	13	23	33
Taux de croissance		685	269	82	41
Ratio 3G (en %)	1	5	16	27	36
Parts de marché					
• DoCoMo (en %)	44	58	61	61	56
• KDDI (en %)	56	31	29	27	30
• J- Phone (en %)	0	11	11	13	14

Sources : Opérateurs et Goldman Sachs (2001) : « The Impact of 3G Mobile Phone Services in Japan », *Goldman Sachs Global Equity Research*.

Selon les prévisions des opérateurs, les réseaux seront déployés en totalité au début de 2004, ce qui permettra d'offrir un service à l'ensemble de la population japonaise à un moment où seuls les Européens des grandes villes accéderont à de tels services. À cette période, les opérateurs anticipent 13 millions d'abonnés à des services 3G. Mais ces prévisions ne donnent qu'une perception partielle des usages qui pourront être fait du haut débit mobile à terme. DoCoMo prévoit qu'en 2010, 570 millions « d'objets » électroniques seront connectés à des réseaux mobiles, soit plus de 4 par habitant. Les opérateurs se situent ainsi dans la perspective d'un élargissement des utilisations du spectre, au-delà des téléphones portables : automobiles, téléviseurs, organiseurs, appareils photo et vidéo... DoCoMo s'attache d'ailleurs directement à l'élargissement des usages. À titre d'exemple, depuis septembre 2001, les abonnés à *i-mode* peuvent payer grâce à leur portable dans des distributeurs de boissons. Si le test est concluant, cette fonction de porte-monnaie électronique sera étendue à d'autres types de transactions.

3. Le Japon sort de son autarcie en s'intégrant à l'oligopole des télécommunications

Le passage à la 3G intervient dans le prolongement d'un déplacement de frontières dans l'industrie japonaise des télécommunications. KDDI est issu de la fusion en octobre 2000 des opérateurs DDI, KDD et IDO, J-Phone étant le produit du rapprochement de Digital Tu-Ka et de Digital Phone à la même période.

DoCoMo pourrait être détachée des activités filaires de NTT, si le démantèlement envisagé par le Gouvernement est conduit à son terme, mais tout indique que cette firme restera durablement le centre de l'industrie des télécommunications. Le succès d'*i-mode* est tel qu'il fait de DoCoMo la locomotive de NTT. Cette dernière a même lancé un service *l-mode*, équivalent fixe du *i-mode*... et sans doute lointain cousin du *minitel*. L'augmentation du chiffre d'affaires de NTT de 26 % en 2000 et du bénéfice net de NTT s'expliquent en quasi totalité par l'activité mobile. Autre signe de cette dépendance. Mais les résultats de 2001 montrent le caractère « versatile » de cette contribution de DoCoMo dont les comptes ont été largement dégradés (pertes de 2,5 milliards d'euros sur le premier semestre) du fait de ses participations dans KPN et Verio. Cependant, comme KDDI et J-Phone subissent la même tendance en 2001, la position du leader ne semble pas sérieusement contestée.

Nonobstant ces difficultés, DoCoMo anticipe que la 3G devrait prolonger sa dynamique sur le marché intérieur : grâce à la force de sa marque et à son parc d'abonnés, DoCoMo envisage la rentabilité de ses activités 3G dès 2004. Pour ses concurrents directs, la rentabilité devrait être moindre et plus tardive en raison de leur base initiale plus fragile sur la 2G. DoCoMo bénéficiera également de liens de longue date avec les équipementiers dominants comme Matsushita et NEC, la stratégie de ses concurrents, comme J-Phone, étant alors d'essayer de se rapprocher de fournisseurs plus marginaux comme Sharp. La proximité opérateurs-équipementiers est un point essentiel car la différenciation des terminaux devrait constituer un levier stratégique important¹².

Le passage à la nouvelle génération induit aussi une nouvelle concurrence internationale entre opérateurs qui accroît ces déplacements de frontières. Vodafone a pris une participation dominante dans J-Phone (45 %) et choisi d'engager sa réorganisation profonde en fusionnant en une seule entité les trois filiales régionales de J-Phone, J-Phone Est, J-Phone Ouest et J-Phone Central, l'objectif étant de devenir numéro deux sur le marché 3G, ce que les prévisions ne laissent cependant pas entrevoir (*cf.* tableau 3).

DoCoMo, en revanche, a pris des participations mineures réparties en Asie (20 % chez KG Telecom, 19 % chez Hutchison), aux États-Unis (16 %

12. Goldman Sachs (2001), *op. cit.*

de Wireless) et en Europe (16 % de KPN)¹³. DoCoMo a donc choisi de prendre différentes options sur les marchés étrangers, mais les effets de cette stratégie sont encore très incertains. En dehors de l'Archipel, l'opérateur sort d'un cadre protégé où les conditions de son développement ont été réunies et est soumis à des facteurs exogènes très chaotique. Pour preuve, le report de sa cotation sur le New York Stock Exchange et le London Stock Exchange, qui était envisagée pour septembre 2001, à cause de la baisse des valeurs technologiques. DoCoMo affiche cependant la volonté d'introduire la 3G en Europe d'ici la fin 2002 via Hutchison UK.

Cette ouverture internationale touche également les équipementiers jusqu'alors entravés sur leur marché intérieur. Certains procèdent en établissant des partenariats, comme Sony avec Ericsson, dans les terminaux ou encore NEC avec Siemens dans les réseaux. Pour les outsiders, comme Sony, le passage à la 3G est une occasion pour intégrer le centre du jeu. C'est ainsi que doit se comprendre son association à Ericsson. Mais, si les équipementiers japonais disposent d'atouts de par leur expérience dans l'Internet mobile, ils en affrontent également les écueils techniques, ce qu'illustrent les nombreux rappels de terminaux depuis le début 2001. Matsushita en a rappelé 100 000 fournis à DoCoMo. Sony a fait de même avec 560 000 batteries destinées au réseau de KDDI, tandis qu'un défaut logiciel rendait également défectueux 420 000 de ses appareils fournis à DoCoMo. Le coût pour Sony de ces opérations aurait été de 200 millions d'euros.

4. Le Japon : pionnier ou leader ?

L'avènement d'une téléphonie mobile de troisième génération replace les firmes japonaises dans le jeu international des télécommunications. Jusqu'alors, l'adoption de normes nationales spécifiques les en avait laissé en marge, même si ce choix leur a permis de développer *in vivo* l'expérience originale d'Internet mobile à bas débit qui fait leur force.

Le Japon donne en la circonstance à l'Europe une leçon de pragmatisme en ayant placé ses opérateurs dans les conditions de transférer vers la 3G certains avantages acquis dans la 2G en ne les surchargeant pas pour l'accès au spectre. Par une telle politique, l'État japonais s'est gardé de tout « courtermisme » budgétaire, attitude héroïque pour une économie dont la dette publique brute représente environ 130 % du PIB. L'occasion n'a pas été perdue de faire de la politique industrielle pour contribuer à sortir de la crise.

Reste à savoir si cette base confère au Japon le statut de pionnier ou, au-delà, de futur leader dans la téléphonie mobile de haut débit. On ne peut sur ce point que formuler quelques observations sans prétendre trancher :

- le Japon est sans nul doute un pionnier qui se confronte avec 12 ou 24 mois d'avance à des difficultés que rencontreront ensuite les Européens :

13. Des négociations ont été entreprises en Malaisie (Telekom Malaysia), en Corée du Sud (SK Telecom) et au Canada (TIW).

gestion des réseaux, conduite de la transition 2G-2,5G-3G, émergence des contenus, définition de modèles de tarification, etc. La base du *i-mode* et de ses concurrents *J-Sky* et *Ezweb* facilite considérablement cette démarche pionnière. Si la gestion technique du haut débit induit des problèmes nouveaux, les clients et les fournisseurs de contenu sont déjà là, avantage dont les opérateurs européens peuvent mesurer toute la valeur ;

- pour autant, ces avantages spécifiques acquis par les firmes japonaises seront-ils transférables sur les marchés étrangers ? Pour les opérateurs, seul DoCoMo semble en mesure de traduire à l'étranger son avantage local, KDDI et J-Phone, en position de suiveurs, ne pouvant s'appuyer sur une base aussi forte. Surtout, en dehors de leur marché local, les opérateurs nippons ne bénéficient plus d'un microclimat particulièrement favorable au développement de leurs activités. Pour preuve, les difficultés rencontrées même par DoCoMo dont KPN est le principal relais en Europe ;

- opérateurs aussi bien qu'équipementiers sont fortement incités à cette ouverture vers les marchés étrangers. Le Japon reste aujourd'hui une économie malade qui, au mieux, entrera prochainement en convalescence. Le succès des firmes japonaises sur la 2G n'est pas reproductible dans les mêmes conditions d'autarcie sur la 3G. C'est la raison pour laquelle les feux sont poussés : les premières spécifications de base pour la technologie de 4^e génération de téléphonie mobile ont déjà été développées par NTT DoCoMo, KDDI, J-Phone et certains équipementiers, en coopération avec le ministère des télécommunications. L'ambition est de commercialiser la norme en 2005 avec pour projet – hypothétique à ce stade – de proposer des services 4G en 2006, perspective qui n'est pas envisagée en Europe avant 2010.

Quoi qu'il en soit, gardons à l'esprit qu'en conduisant avec succès le développement de l'UMTS dans l'Archipel, les firmes japonaises produiraient une « externalité positive » pour l'industrie mondiale des télécommunications : faire au Japon la démonstration que la téléphonie mobile de haut débit n'est pas une chimère confèrera du crédit aux projets de l'ensemble des opérateurs mondiaux.

Complément E

Les principales données statistiques sur le secteur des télécommunications

Michel Martinez

Rexecode

Ce complément présente quelques données sur l'état des télécommunications (équipement et services) dans le monde et précise la place de la France. Il s'appuie sur les données publiées par des organisations internationales comme l'OCDE, l'UIT ou l'OMSYC (Observatoire mondial des systèmes de communication) ou éditées en France par l'ART et l'INSEE. Malgré les efforts d'harmonisation de ces organisations, la comparabilité des chiffres n'est pas toujours assurée mais les tendances révélées par ces rapprochements sont significatives. Bien entendu, une large part est consacrée à l'analyse du rôle et de la place de la téléphonie mobile.

Ces dernières années, les marchés des télécommunications ont largement évolué sous les effets conjugués des nouvelles technologies et des changements réglementaires. La vitesse de changement dans les marchés des télécommunications est une réalité telle qu'on peut sans conteste affirmer que peu d'activités ont jamais été bouleversées aussi fortement et en aussi peu de temps.

En matière de changement réglementaire, les évolutions entamées depuis près de quinze ans aux États-Unis, au Japon et au Royaume-Uni se sont étendues aux autres pays et on a assisté dans les années récentes (depuis 1998 en Europe) à un processus général de libéralisation des marchés des services de télécommunications, qui devrait se prolonger avec le dégroupage effectif de la boucle locale. Le processus de libéralisation s'est déroulé plus rapidement dans la téléphonie mobile où le dernier monopole

parmi les pays de l'OCDE a disparu en 1998. Les conséquences de ces changements sur l'organisation des marchés se manifestent par une augmentation du nombre d'intervenants sur les marchés, qui s'est révélée favorable à l'emploi et à l'investissement, et par une diversification des offres d'équipements et de services, enfin par des baisses de prix qui ont suscité la croissance tant en volume qu'en valeur. Sur le marché des équipements, la concurrence s'est aussi intensifiée avec le relâchement des liens privilégiés entre fournisseurs de matériels et opérateurs historiques des télécommunications.

En matière de changement technologique, l'impact de la téléphonie mobile, notamment numérique avec le GSM, est majeur et explique en grande partie l'essor des télécommunications depuis 1997. Les services de données – dont l'Internet – et de multimédia n'occupent encore qu'une position limitée dans l'économie des télécommunications. Mais leur croissance est très vive et ils devraient probablement servir de relais à la croissance du secteur dans les années à venir, avec la généralisation du haut débit dans le fixe comme dans le mobile avec l'UMTS. Dans l'accès au haut débit sur le fixe, ce développement pourrait être favorisé par une concurrence vive entre des technologies comme le câble, la boucle locale radio et le DSL sur le réseau téléphonique fixe.

1. Le marché mondial des télécommunications

Selon l'OMSYC, le marché mondial des télécommunications (recettes des entreprises productrices d'équipement et de services) s'établissait en 1999 à 968 milliards de dollars (+ 7,3 % l'an de 1993 à 1999). Les services de communications représentaient 809 milliards de dollars et les équipements de télécommunications 159 milliards de dollars, soit plus de 16 % du total. Aussi bien pour les services (225 milliards de dollars en 1999 et 288 milliards de dollars en 2000) que pour les équipements (49,8 milliards de dollars en 1999), le marché des mobiles représente désormais entre un quart et un tiers des ventes totales de télécommunications et cette part croît rapidement.

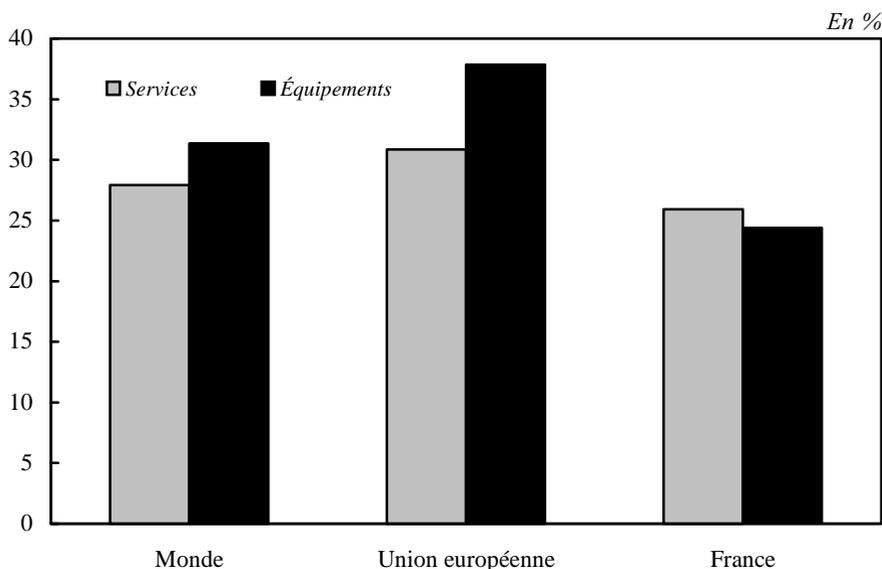
1. Le marché des télécommunications en 1999

En milliards de dollars

	Monde	Union européenne	France
Services de télécommunications, dont	809,1	197,7	31,1
• Services avec les mobiles	225,8	61,0	8,1
Équipements de télécommunications, dont	158,6	35,4	5,8
• Équipement pour mobile	49,8	13,4	1,4
• Infrastructure pour mobiles	11,4	4,2	0,7
• Terminaux	38,3	9,2	0,7

Source : OMSYC.

1. Poids de la téléphonie mobile dans les marchés des télécommunications



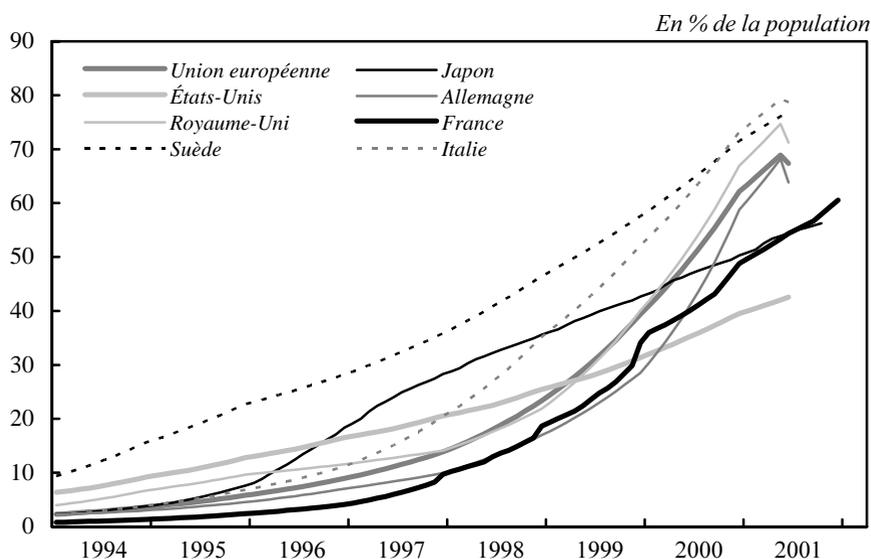
Source : Calculs Rexecode, d'après OMSYC.

1.1. Le fait marquant de la dernière décennie est l'essor de la téléphonie mobile

Le développement de la téléphonie mobile s'est prodigieusement accéléré à compter de 1997-1998. Cet essor tient à la combinaison de multiples facteurs. Gruber et Verboven (2001) montrent que l'élément déterminant de la diffusion de la téléphonie mobile en Europe a été la transition technologique de la téléphonie analogique à la téléphonie numérique au début des années quatre-vingt-dix. La technologie numérique (GSM 900) a accru de façon considérable l'efficacité de la bande passante¹ et l'intensité du trafic téléphonique (trois à quatre fois plus de consommateurs), améliorant ainsi la qualité des services mobiles et permettant une réduction significative des coûts des communications. L'UMTS devrait permettre un nouveau saut technologique de même nature. À partir de 1996, l'arrivée de la concurrence bénéficiant de nouvelles technologies numériques encore plus performantes (DCS 1 800) s'est traduite par des baisses de prix très significatives. La miniaturisation, la simplicité, le *design* et les prix des nouvelles générations de terminaux mobiles ont pu ensuite donner corps au besoin latent de liberté des consommateurs.

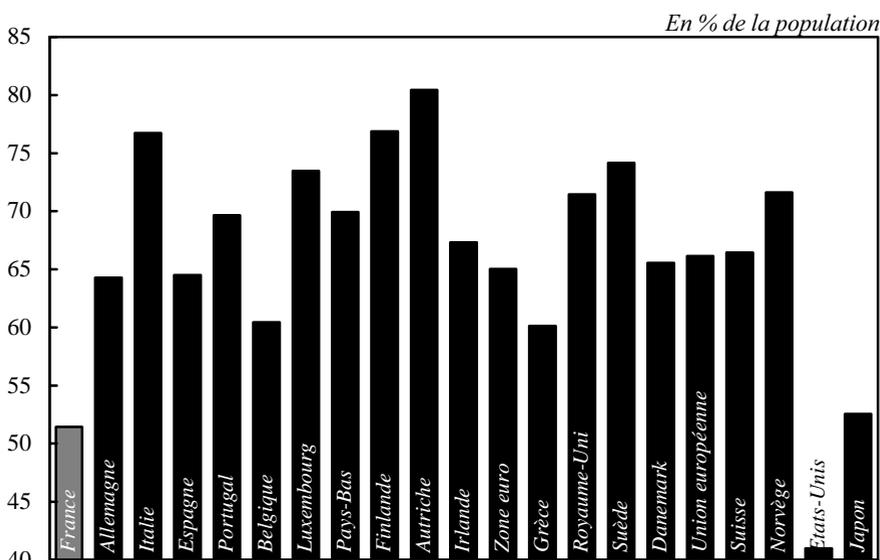
1. L'espace de fréquence de signaux transmis sans affaiblissement. Pour les technologies numériques, cet espace est proportionnel au débit (Kbit/s).

2. Taux de pénétration du téléphone mobile



Source : Rexecode.

3. Taux de pénétration de la téléphonie mobile en mars 2001



Sources : Rexecode d'après Global Mobile, TCA et CTIA.

Fin 2000, le nombre d'abonnés à la téléphonie mobile dans le monde était estimé par l'OMSYC à 690 millions (12 % des habitants de la planète), soit un triplement en trois ans. Certains analystes estiment que le milliard de téléphones mobile sera atteint avant 2003 ou 2004. Depuis 1997, le nombre

d'abonnés à la téléphonie mobile dans l'Union européenne s'est accru de plus de 61 % par an. Il est ainsi passé de 54 millions en janvier 1998 à 255 millions en juin 2001, supplantant ainsi largement la pénétration du téléphone fixe (170 millions de lignes d'accès et près de 210 millions de canaux d'accès²).

L'Europe devance tous les autres pays avec un taux de pénétration de 67 % en mars 2001, devant le Japon (52,6 %) et les États-Unis (41 %).

En Europe, la France figurait, en mars 2001, en dernière position (51,4 %), loin derrière les pays scandinaves (75 %), mais avait tendance à rattraper son retard.

1.2. Le succès foudroyant du *i-mode*

Malgré un taux de pénétration de la téléphonie mobile faible au regard des normes européennes, le Japon se caractérise par le succès foudroyant des services de données mobiles. En octobre 2001, les services de données mobiles (*i-mode* de NTT DoCoMo, mais aussi EzWeb et JskyWeb pour ses concurrents) comptaient plus de 46 millions d'abonnés (36 % de la population) contre moins de 22 millions un an plus tôt. Le succès de l'*i-mode* japonais repose sur le modèle « kiosque », où l'opérateur centralise toutes les facturations et les reverse aux fournisseurs de services. Ce modèle économique, basé sur une répartition entre paiement du service et paiement de l'accès au réseau, pourrait servir de référence à l'UMTS.

Le marché américain reste étonnamment en retard en matière de mobiles. Les États-Unis vivent encore avec un parc de mobiles analogiques de 31 % fin 2000 contre moins de 1 % en Europe, et les multiples normes qui se font concurrence ne facilitent pas son développement. À cela s'ajoute un mode de tarification complètement désincitatif. Comme pour le *roaming*³ en Europe, l'abonné américain au téléphone mobile doit payer une part non négligeable du coût des communications qui lui parviennent. D'autre part, la mosaïque de technologies non compatibles entre elles empêche le développement des transferts de données en communication mobile (les SMS restent quasiment inexistantes outre-Atlantique).

1.3. La pénétration de l'Internet reste encore modeste

Lorsqu'il s'agit de l'UMTS, la comparaison entre le marché de l'Internet fixe et des mobiles reste très utile pour envisager les nouveaux services mobiles multimédias. Les données statistiques illustrant la percée de l'Internet restent malheureusement encore peu nombreuses. Les organismes internationaux comme l'OCDE, l'OMSYC ou l'UIT ne fournissent pas encore d'information sur les revenus générés par l'accès à Internet ou les services de transferts de données. En tout état de cause, ceux-ci demeurent encore modestes : selon l'ART, les revenus générés par l'accès à Internet en France et le transport de données ont représenté respectivement 4,7 et 3,6 milliards de francs en 2000 contre un chiffre d'affaires des services mobiles de plus de 76 milliards de francs.

2. Une même ligne physique d'accès peut conduire plusieurs canaux.

3. Le *roaming* consiste à pouvoir continuer à recevoir des appels à l'étranger, c'est à dire en dehors du réseau de l'opérateur habituel. Dans un tel cas, l'appelé paye une partie des communications qu'il reçoit.

Des chiffres existent sur le nombre d'abonnés à l'Internet, mais ils ne reposent pas sur une définition commune de « l'utilisateur », ce qui en rend l'interprétation difficile. Malgré ces problèmes de mesure, les classements des pays selon le nombre d'abonnés à l'Internet à domicile pour 100 habitants indiquent que la diffusion est forte dans les pays scandinaves, en Amérique du Nord et au Royaume-Uni et que le Japon ne bénéficie pas d'un taux de pénétration de l'Internet exceptionnel. Comme dans le marché mobile, l'avance scandinave et le retard français semblent se répéter.

2. Taux de pénétration de l'Internet à domicile en juillet 2001

En % de la population

	Source	
	Nielsen NetRatings	NetValue
Allemagne	30,5	17,8
Danemark	54,2	41,1
Espagne	—	9,1
France	—	15,4
Royaume-Uni	31,5	23,3
Irlande	31,3	—
Italie	32,5	—
Norvège	53,2	35,5
Pays-Bas	33,5	—
Suède	61,9	—
Japon	34,5	—
États-Unis	59,2	—

Sources : Nielsen NetRatings et Net Value.

2. Le marché des équipements de télécommunications

Selon l'OMSYC, depuis 1993, le marché mondial⁴ des équipements de télécommunications a progressé en valeur de 6,6 % l'an pour s'établir à 161,2 milliards de dollars en 2000. L'industrie mondiale des équipements de télécommunications demeure une industrie très dépendante des opérateurs de télécommunications. Si l'on excepte les terminaux (qui sont d'ailleurs subventionnés par les opérateurs), plus de 80 % des achats finals sont le fait des opérateurs. Malgré la crise qui secoue aujourd'hui le secteur et l'incertitude que représente la mise en œuvre de la troisième génération de téléphone mobile, cette industrie reste confrontée aux deux phénomènes majeurs que sont la forte expansion des télécommunications mobiles dans les pays les moins avancés (le taux de pénétration n'était que de 7 % en Chine à la fin de l'année 2000) et l'essor des réseaux et services de transmission de données à haut débit sous protocole Internet.

4. Il s'agit des ventes finales, hors ventes intermédiaires.

2.1. Le marché mondial des équipements pour réseaux mobiles atteint 58 milliards de dollars

Au niveau mondial, la contribution du marché des équipements pour mobile au marché des équipements apparaît légèrement plus forte que celle des services de téléphonie mobile au marché des services de télécommunications. Selon l'OMSYC, le marché mondial des équipements pour réseaux mobiles (terminaux et infrastructures réunis) a atteint près de 58 milliards de dollars en 2000 (+ 19 % l'an), soit près du tiers du marché mondial des équipements de télécommunications, dont près de 45 milliards de dollars ont été consacrés à l'achat de terminaux (+ 21 % l'an). Dans l'Union européenne, le marché annuel en équipement d'infrastructure pour les réseaux mobiles atteignait 5,4 milliards de dollars en 2000 (+ 18 % sur un an), alors que le marché des terminaux mobiles représentait 13,5 milliards de dollars (+ 36 %).

3. Marché mondial des équipements de télécommunications

En milliards de dollars

	1993	1995	1997	1998	1999	2000	2006
Ensemble	103,1	130,0	147,7	152,2	158,6	161,2	204,8
Équipements de téléphonie mobile, dont	17,3	31,1	41,8	45,7	49,7	58,0	74,4
• Équipements d'infrastructures	5,3	8,0	9,9	10,8	11,4	13,1	19,0
• Terminaux	12,0	23,2	31,9	34,9	38,3	44,9	55,4
Équipements hors téléphonie mobile	85,8	98,9	105,8	106,6	108,9	103,2	130,4

Source : OMSYC.

Les équipements de télécommunications autres que ceux liés à la téléphonie mobile ont connu une croissance plus modérée (+ 2,7 % l'an) partout dans le monde, à l'exception notable des États-Unis (6,2 % l'an). Dans ce pays, de nouveaux opérateurs sont arrivés qui ont choisi d'investir massivement dans les équipements haut-débit en fibre optique ou DSL. Selon l'OMSYC, à horizon 2006, les équipements à haut-débit dans la téléphonie fixe devraient prendre le relais de la croissance du marché des équipements de télécommunications et ce d'autant plus que les ventes de terminaux mobiles ralentiraient fortement (moins de 5 % l'an) en raison de la saturation des marchés européen et japonais, puis américain.

La France représentait en 1999 un marché des biens d'équipements en télécommunications de 5,8 milliards de dollars, soit 16 % du marché de l'Union européenne. Hors téléphonie mobile, le marché français des équipements de télécommunications a augmenté de 3,6 milliards de dollars en 1996 à 4,3 en 1999, profitant de l'ouverture à la concurrence de la téléphonie fixe et de l'essor de la commutation privée (réseaux d'entreprises). Mesurées en volume, ces évolutions positives seraient d'autant plus importantes si l'on tenait compte de l'appréciation du dollar sur la période. Selon les données du SESSI,

la production française en matériel de télécommunications a atteint un chiffre d'affaires de 110,4 milliards de francs et dégagé une valeur ajoutée de 31,1 milliards de francs, soit 3 % de la production industrielle française.

2.2. L'emploi dans les équipements de télécommunications est resté stable dans les années quatre-vingt-dix

L'emploi dans la fabrication de matériel de télécommunications n'est pas toujours aisément identifiable dans les statistiques nationales ou internationales. Au sens strict, il faut inclure les entreprises qui fabriquent des appareils d'émission et de transmission et celles qui fabriquent des appareils de réception, d'enregistrement et de reproduction du son et de l'image. Mais, en Amérique du Nord, certaines entreprises, comme CISCO, sont issues du monde informatique et sont recensées comme telles dans les statistiques nationales.

À l'exception notable de la Norvège et de la Suède, qui ont bénéficié de la dynamique de la téléphonie mobile, l'emploi s'est au mieux stabilisé (États-Unis), au pire a décliné fortement. Dans cette industrie, les gains de productivité sont tels que la croissance de la demande mondiale ne suffit pas à stabiliser l'emploi.

4. L'emploi dans la fabrication de matériel de télécommunications en 1998

En milliers

Allemagne	107,9	Japon	492,0
Autriche	20,7	Corée	82,3
Finlande	26,9	Espagne	17,5
France	79,6	Suède	38,4
Allemagne	87,5	Royaume-Uni	74
Italie	75,8	États-Unis	531

Sources : OCDE et Rexecode.

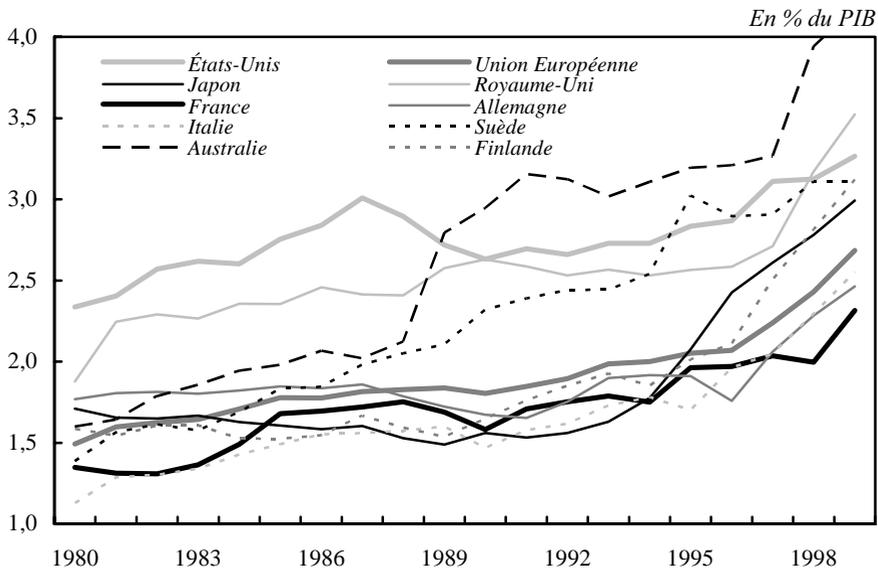
Conséquence de ces gains de productivité exceptionnels, l'emploi dans la fabrication d'équipement de télécommunications représentait moins de 1,7 million de personnes dans les pays de l'OCDE en 1998 et continuait de décroître significativement. Ce chiffre, qui correspond à environ 0,3 % de l'emploi salarié de la zone OCDE, montre que l'impact macroéconomique sur l'emploi et le chômage de la crise qui frappe actuellement le secteur ne peut qu'être d'ampleur limitée.

Dans la fabrication de matériels de télécommunications, les trois zones régionales que sont les États-Unis (530 000), l'Europe (560 000) et le Japon (490 000) occupent des volumes d'emploi comparables.

3. Le marché mondial des services de télécommunications

Selon l'OMSYC, en 1999, le total des recettes de services de télécommunications⁵ pour l'ensemble du monde a été de 809 milliards de dollars (+ 10,4 % sur l'année). La France représentait 3,8 % du total mondial de recettes de télécommunications. Selon l'OCDE, le chiffre d'affaires total du opérateurs des télécommunications de la zone OCDE s'est établi à 756,3 milliards de dollars en 1999. Au sein de la zone OCDE, l'Union européenne réalisait un chiffre d'affaires de 228,3 milliards de dollars. Avec 33,2 milliards de dollars, la France représentait 4,4 % du chiffre d'affaires total de l'OCDE et 14,5 % de l'Union européenne. Il est donc inférieur au poids de la France dans le PIB (agrégé aux taux de change courants) des deux zones qui est de 5,9 % dans l'OCDE et de 16,8 % dans l'Union européenne.

4. Recettes des services de télécommunications



Sources : OCDE et Rexecode.

On retrouve un constat similaire si l'on raisonne en termes de part des recettes de télécommunications dans le PIB (en valeur). Avec 2,3 % du PIB contre 2,7 % pour l'Union européenne, la France figure parmi les pays

5. Les recettes totales des services de télécommunications comprennent :

- les recettes téléphoniques (sur réseaux filaires, câblés et boucles locales sans fil) ;
- les recettes des réseaux télégraphiques et télex ainsi que les recettes des liaisons spécialisées des réseaux de données ;
- les recettes des services de communication avec les mobiles.

Sont en principe exclues du marché des services de télécommunications les recettes provenant de la vente et de la location d'équipements terminaux, les activités audiovisuelles des opérateurs (redevances radio, location et/ou exploitation de réseaux câblés) et les recettes provenant des participations chez les opérateurs étrangers. Par contre, les recettes d'interconnexion sont incluses, notamment celles versées par les opérateurs de téléphonie fixe pour la terminaison des appels sur les réseaux mobiles.

où le poids des télécommunications est le plus faible. Le graphique ci-dessus met clairement en évidence une envolée des recettes de télécommunications à partir de 1997-1998, période qui correspond à l'explosion de la téléphonie mobile.

3.1. Les recettes de téléphonie fixe stagnent mais restent prédominantes

Dans l'ensemble des pays, le marché des services de télécommunications reste toujours très largement dominé par les recettes des réseaux téléphoniques commutés (RTC) aux téléphones fixes. Le marché mondial des recettes des RTC s'élevait à 519 milliards de dollars en 1999 selon l'OMSYC et n'avait augmenté que de 2,7 % sur les six dernières années. Sur la même période, la croissance des recettes des services de télécommunications s'explique pour les deux tiers par celle des recettes de téléphonie mobile⁶ qui représentent désormais plus du quart des recettes des opérateurs de télécommunications (288 milliards de dollars en 2000).

5. Répartition des recettes mondiales de services de télécommunications

En milliards de dollars

	1993	1999	Taux de croissance annuel moyen
Téléphonie fixe	443,2	519,2	2,7
Téléphonie mobile	40,6	225,8	33,1
Autres services de télécommunications	41,4	64,1	7,6
Recettes totales	525,1	809,1	7,5

Source : OMSYC.

Aux États-Unis et au Japon, les recettes totales de téléphonie mobile représentaient respectivement 57,7 milliards et 48,4 milliards de dollars en 2000. Dans l'Union européenne, les recettes sont à la mesure du succès du téléphone mobile (106,7 milliards de dollars). Une part importante (de l'ordre de 8 à 10 %) provient désormais des services hors voix (SMS ou services annexes).

Selon l'OMSYC, la part de la France dans les recettes de téléphonie mobile de l'Union européenne est très faible (10 %). Cette faible position s'explique, on l'a vu, par un taux de pénétration qui témoigne d'un retard de pénétration, mais aussi par une faible recette moyenne par abonné (ARPU) de 35,3 dollars par mois. Par rapport aux États-Unis (48,9 dollars par mois), au Japon (67,7 dollars par mois) ou même à la moyenne de l'Union européenne, ce chiffre montre que le marché français de la téléphonie mobile s'est développé dans des conditions fort différentes des autres pays.

6. Y compris les recettes d'interconnexion versées par les opérateurs de téléphonie fixe pour la terminaison des appels vers les réseaux mobiles.

6. Recettes totales de téléphonie mobile en 2000

	Recettes totales (en milliards de dollars)	Abonnés (en millions, moyenne annuelle)	ARPU (en dollars par mois)
Monde	288,4	687,4	35,0
États-Unis	57,7	98,3	48,9
Japon	48,4	59,6	67,7
Union européenne	106,7	192,4	46,2
France	10,6	25	35,3
Allemagne	22,4	35,5	52,6
Italie	16,3	36,3	37,4
Royaume-Uni	21,8	32	56,8

Sources : OMSYC et Rexecode.

L'ART propose pour la France des chiffres qui diffèrent quelque peu de ceux de l'OMSYC. Les factures acquittées par les abonnés au téléphone mobile se sont élevées à 55,2 milliards de francs en 2000 ce qui représente une facture moyenne par abonné de 27,8 euros par mois. En additionnant les recettes d'interconnexion (21,2 euros par mois), les données de l'ART indiquent que l'ARPU serait de 38,5 euros par mois et baisserait de près de 15 % l'an.

3.2. La valeur ajoutée ou la production nette finale

Cependant, en matière de services de télécommunications, les données comparées portant sur le chiffre d'affaires doivent être examinées avec le plus grand soin. La nouvelle organisation des services de télécommunications rend l'évaluation statistique des marchés plus complexe. Avec la disparition des monopoles et la multiplication des réseaux de télécommunications, l'acheminement des communications téléphoniques ne s'effectue plus nécessairement sur un seul et unique réseau géré par un opérateur. Lorsqu'une communication téléphonique transite ou se termine sur le réseau d'un opérateur différent de celui du départ, des charges d'interconnexion doivent être payées par l'opérateur de l'abonné appelant aux opérateurs de réseaux utilisés. L'addition des chiffres d'affaires des opérateurs concernés est alors une source de double comptabilisation. Les charges d'interconnexion peuvent conduire, si l'on n'y prend pas garde, à une surévaluation du marché des services, la somme des chiffres d'affaires des opérateurs devenant supérieure à la valeur réelle du marché qui correspond à la valeur nette facturée aux clients finals.

Compte tenu des limites des systèmes d'information statistiques, les données actuelles comptabilisent généralement les recettes des services en y incluant les recettes d'interconnexion, à l'exception des États-Unis où les

recettes sont déclarées nettes des revenus d'interconnexion. Les données recueillies par l'ART pour la France permettent d'estimer les facturations d'interconnexion à environ 17 % en 2000, alors qu'elles étaient de 8 % en 1998. Bien évidemment, le poids des charges d'interconnexion dans un pays est fonction de nombre d'intervenants et donc du degré d'ouverture à la concurrence, ce qui pose des problèmes de comparabilité entre de nombreux pays.

En toute rigueur, une bonne définition du poids des télécommunications dans l'économie nationale devrait reposer sur la mesure de la valeur ajoutée réalisée par les entreprises du secteur. Un tel choix n'est pas anodin dans les comparaisons entre pays. Alors que les recettes brutes de télécommunications représentaient respectivement 2 et 3,2 % du PIB en 1998 en France et au Royaume-Uni, soit un écart de 1,2 % du PIB, l'écart en termes de valeur ajoutée n'est de fait que moitié moindre.

7. Poids des services de télécommunications dans le PIB en 1998

	<i>En %</i>	
	Valeur ajoutée	Recettes brutes
France	1,4	2
Allemagne	1,8	2,3
Royaume-Uni	2	3,2
États-Unis	1,8	3,1

Source : Rexecode.

3.3. Les acteurs

Selon l'Idate, les revenus cumulés des cinquante premiers opérateurs s'élèvent à 815 milliards de dollars en 2000, soit une progression de 15 % sur un an à périmètre constant. Si les nouveaux opérateurs gagnent du terrain, ce sont encore les opérateurs historiques qui réalisent les profits les plus importants. Les mouvements de consolidation se poursuivent à grande échelle, aussi bien aux États-Unis (création de Verizon par regroupement de Bell Atlantic et de GTE, et rachat de US West par Qwest) qu'en Europe (rachat de Mannesmann par Vodafone, Orange par France Télécom) et au Japon avec la fusion de DDI, KDD et IDO au sein de KDDI. Avec les conséquences que l'on connaît sur le niveau d'endettement qui atteint désormais en Europe deux à trois fois le chiffre d'affaires annuel.

Si certains opérateurs se spécialisent dans les communications mobiles, les opérateurs n'offrant que des services mobiles sont de plus en plus rares car les entreprises de communication s'efforcent d'internationaliser leurs activités. Le poids des mobiles dans l'activité des opérateurs est variable selon les régions : élevé au Japon (entre 40 et 75 % du chiffre d'affaires), il ne représente qu'entre un quart et un tiers pour les autres pays.

3.4. L'emploi dans les services de télécommunications

Selon l'OCDE, 2,7 millions de personnes travaillaient chez les opérateurs de télécommunications, dont plus de 360 000 parmi les opérateurs de téléphonie mobile (13,4 %). Le secteur des services de télécommunications dépasse rarement 1 % de l'emploi total. Dans tous les pays de l'OCDE, l'emploi dans les activités des services de télécommunications a reculé au cours de la première moitié des années quatre-vingt-dix (jusqu'à 2,5 millions) puis augmenté de nouveau pour retrouver un niveau identique à celui de 1990. Cette évolution masque en général des évolutions divergentes entre les effectifs des opérateurs historiques, qui baissent sensiblement, et ceux des nouveaux entrants. Ces derniers se développent rapidement sur les toutes dernières années et cela coïncide avec l'essor de la téléphonie mobile. Du fait d'une meilleure couverture de réseau et de l'arrivée sur le marché de produits de hautes technologies, les services de télécommunications réalisent d'importants gains de productivité, favorables notamment à des baisses de prix. Ces gains sont encore plus nets dans les réseaux sans fils, qui nécessitent des frais d'entretien bien moindres que les réseaux filaires. Ceci explique qu'en dépit d'un poids important des services mobiles dans les recettes des opérateurs de télécommunications, les effectifs dans la téléphonie mobile ne représentent que 13,4 % des effectifs des opérateurs de télécommunications.

8. Effectifs dans les services de télécommunications en 1999

En milliers

	Ensemble	Services mobiles	Services mobiles (en % du total)
Finlande	21,6	2,6	12,0
France	155,3	12,0	7,7
Allemagne	223,0	28,3	12,7
Italie	99,9	17,8	17,8
Japon	245,3	24,7	10,1
Corée	87,0	10,0	11,4
Nouvelle-Zélande	7,0	1,0	14,5
Norvège	23,7	2,5	10,4
Espagne	52,0	9,0	17,2
Suède	27,9	4,2	15,1
Royaume-Uni	173,3	24,1	13,9
États-Unis	1047,4	161,4	15,4
OCDE	2722,9	364,9	13,4
Zone euro	691,5	90,7	13,1
Union européenne	935,2	125,4	13,4

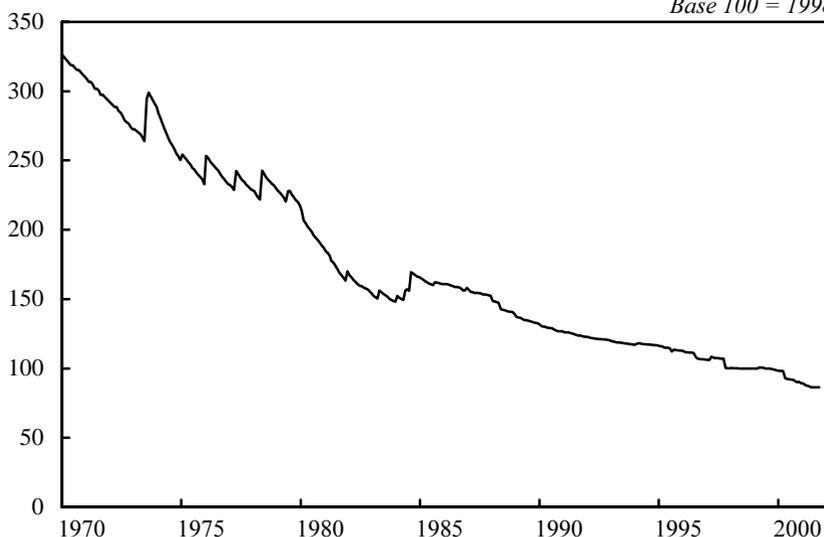
Sources : OCDE et ART pour la France.

4. les dépenses des ménages en services de télécommunications ont augmenté sensiblement ces cinq dernières années

En France, si le premier client de la branche télécommunications est de loin le secteur des entreprises, les ménages consomment de l'ordre de 35,4 % de la demande finale. En France, comme aux États-Unis, les ménages consacrent une partie de plus en plus importante de leurs dépenses aux services téléphoniques.

5. Prix relatif des services de télécommunications, France

Base 100 = 1998



Source : Rexecode, d'après INSEE.

En France, les dépenses de télécommunications se sont élevées en 2000 à 4,2 milliards pour les matériels et à 96,1 milliards de francs pour les services, soit une dépense annuelle de services de télécommunications par habitant de 1 585 francs. L'ensemble des dépenses de télécommunications représentait 1,6 % de la consommation nationale en 2000 contre seulement 0,4 % en 1970 et 1 % en 1980. Aux États-Unis, la part que les ménages consacraient aux services téléphoniques atteignait 2,1 % des dépenses en 2000 contre 1,3 % en 1960 et 1,6 % en 1980. Au cours des deux dernières décennies, le poids des télécommunications dans la consommation nationale s'est ainsi accru de plus 0,5 % en France comme aux États-Unis.

Le Bureau of Economic Analysis (BEA) fournit des données détaillées sur la nature de la consommation de services de télécommunications. Malgré la faible pénétration de la téléphonie mobile, les services de téléphonie mobile représentent le quart des dépenses en services de télécommunications (0,5 % de la consommation des ménages américains). Les dépenses liées à Internet n'occupent qu'encore une place très modeste (0,13 %) dans la consommation des ménages.

9. Dépenses de services de télécommunications des ménages américains en 2000

En % de la consommation totale

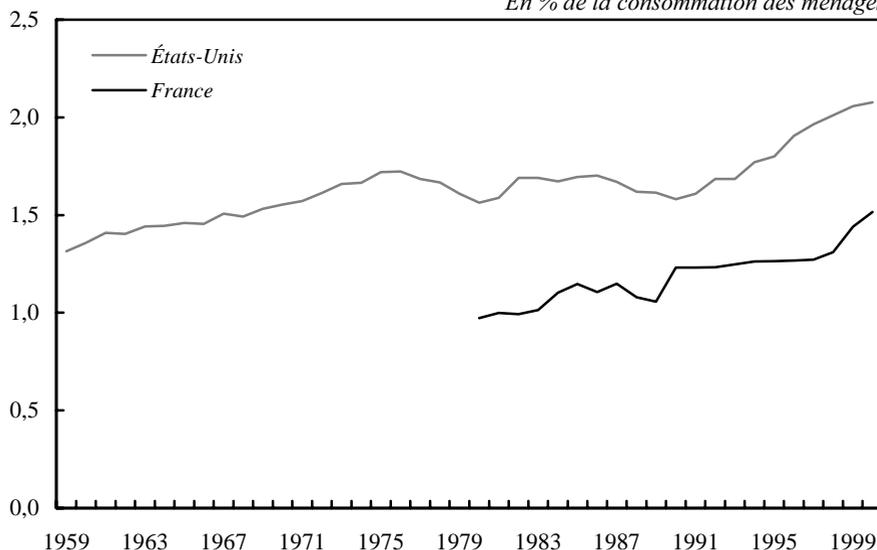
Services de télécommunications, dont :	2,077
• Téléphonie mobile	0,50
• Appels locaux	0,70
• Appels longue distance	0,74
• Accès Internet	0,13

Source : BEA.

À la lumière des données françaises et américaines, on distingue deux périodes majeures dans l'évolution de la consommation de téléphonie par les ménages. Des années soixante au début des années quatre-vingt, on assiste à la diffusion de la téléphonie fixe qui vient peu à peu relier tous les foyers au réseau commuté public. Dans la seconde moitié des années quatre-vingt-dix, c'est la téléphonie mobile qui prend le relais et l'évolution est très rapide. Ces évolutions s'expliquent largement par les baisses de prix. En France, le prix relatif des services de télécommunications a diminué de 2,5 % l'an de 1990 à 1996 puis cette baisse s'est accélérée à compter de 1997 (- 4,4 % l'an).

6. Dépenses de consommation des ménages en services de télécommunications en France et aux États-Unis (coefficient budgétaire)

En % de la consommation des ménages



Source : Rexecode.

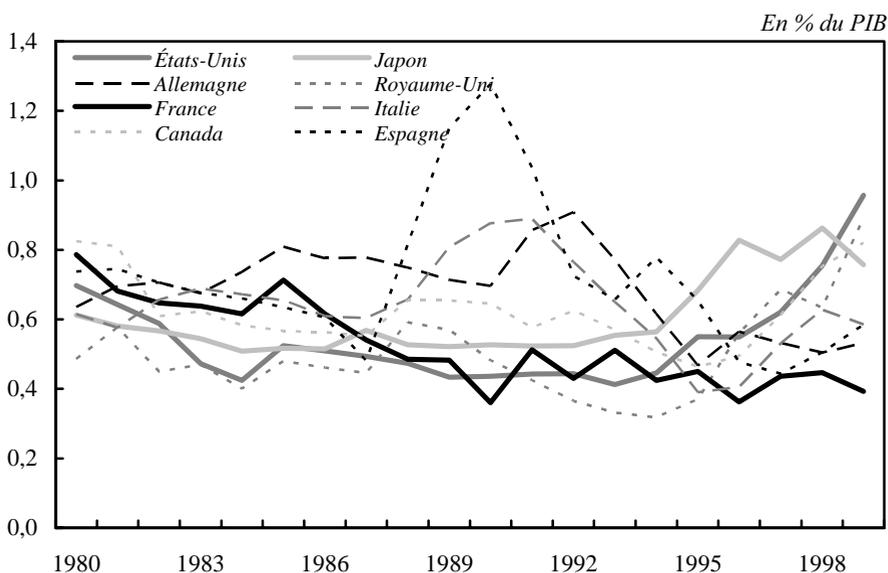
5. Les investissements des opérateurs de télécommunications

Les dépenses d'infrastructures des opérateurs de télécommunications de l'OCDE ont atteint 201,4 milliards de dollars en 1999 (contre 109,8 en 1994). À cette date, ces montants représentaient en moyenne 0,7 % du PIB dans les huit plus grands pays de l'OCDE, ce qui est considérable au regard de la contribution de ces opérateurs à la valeur ajoutée nationale (entre 1,5 et 2 % du PIB). En France, les opérateurs de télécommunications ont investi pour 46,6 milliards de francs en 2000, soit 0,5 % du PIB.

Ces quatre dernières années, l'augmentation des dépenses d'infrastructures des opérateurs de télécommunications dans les pays de l'OCDE a été considérable et provenait pour 35 % des nouveaux entrants. Aux États-Unis, les dépenses ont doublé en seulement trois ans, passant de 44,6 milliards en 1996 à 88,4 en 1999 et le mouvement s'est prolongé en 2000. Cette tendance était également particulièrement marquée au Royaume-Uni et au Japon.

Dans les autres pays, la tendance à la baisse depuis la mise en œuvre des réseaux commutés publics à la fin des années soixante-dix ou au début des années quatre-vingt s'est infléchie. Même si certains opérateurs réduisent apparemment leurs dépenses depuis l'éclatement de la bulle technologique, il est probable que l'intensification de la concurrence et la mise en place de l'UMTS ou des boucles locales radio généreront de nouveaux investissements.

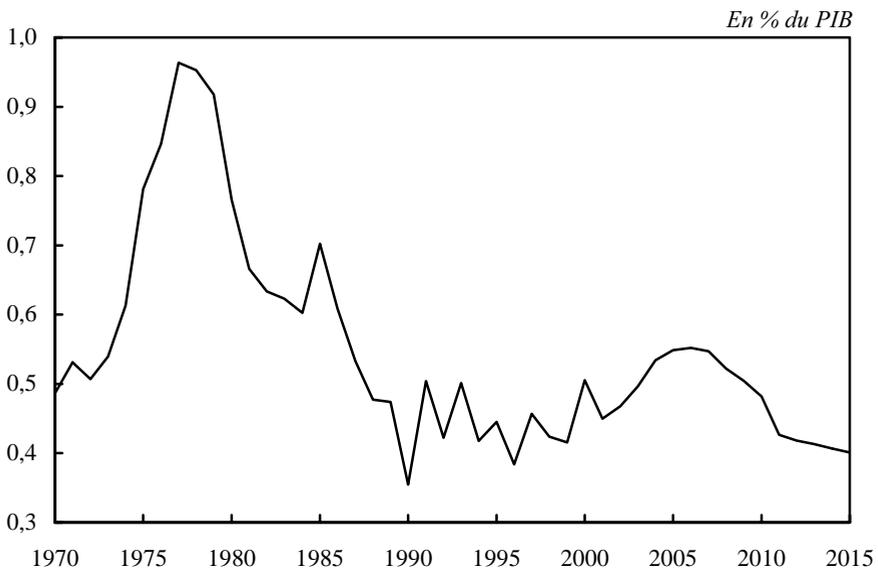
7. Investissement des opérateurs de télécommunications dans les pays de l'OCDE



Source : Rexecode.

Dans l'Union européenne, les dépenses d'immobilisations des opérateurs de télécommunications ont représenté 52,5 milliards de dollars en 1999 (soit 0,6 % du PIB) dont plus du tiers a été consacré aux infrastructures de téléphonie mobile, soit environ 18 milliards de dollars. À l'aune de ces chiffres, les ordres de grandeurs des investissements envisagés dans le projet UMTS (hors prix des licences), entre 130 et 180 milliards d'euros sur quinze ans, soit près de 10 milliards d'euros par an, semblent donc soutenables.

8. Investissement des opérateurs de télécommunications en France (hors licences)



Source : Rexecode, d'après INSEE.

Rappelons qu'en France chaque opérateur titulaire d'une licence UMTS devrait probablement investir plus de 40 milliards de francs sur quinze ans. Si quatre opérateurs se lancent dans l'UMTS, cela signifie que ces opérateurs dépenseront près de 11 milliards de francs par an pour ce projet, soit environ le quart des investissements annuels des opérateurs. Sans être marginal, l'UMTS représente un effort d'investissement qui est loin d'atteindre les montants déployés pour raccorder l'ensemble des foyers français au réseau fixe dans les années soixante-dix.

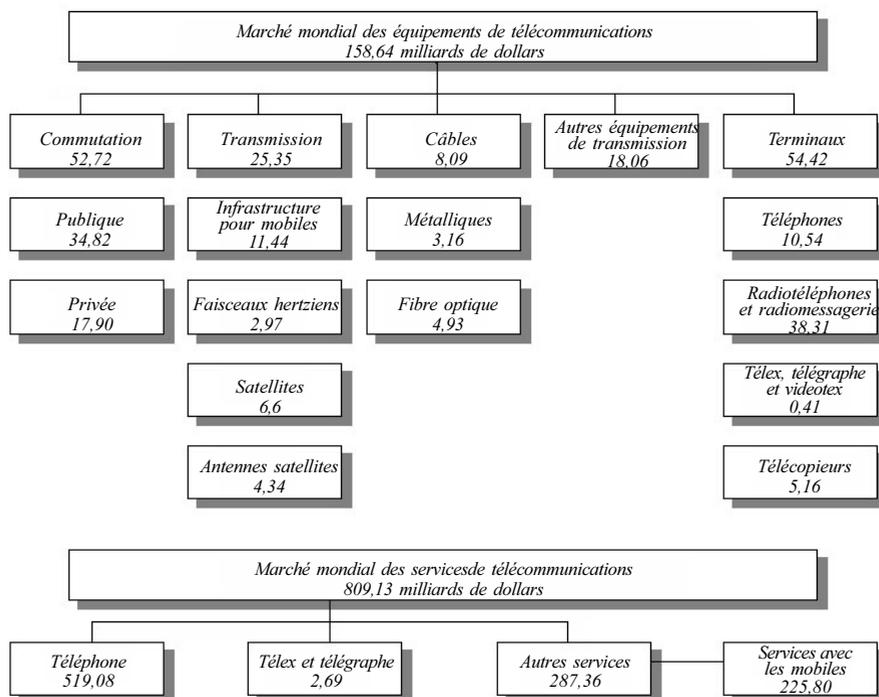
10. Classement mondial des opérateurs de télécommunications en 2000

	Opérateur	Pays	CA ^(*)
1	NTT	Japon	103 274
2	AT&T	États-Unis	65 981
3	Verizon	États-Unis	64 707
4	SBC	États-Unis	51 476
5	WorldCom	États-Unis	39 090
6	China Telecom	Chine	38 000
7	Deutsche Telekom	Allemagne	37 718
8	France Télécom	France	31 025
9	BT	Royaume-Uni	30 213
10	Telecom Italia	Italie	26 636
11	Telefónica	Espagne	26 244
12	BellSouth	États-Unis	26 151
13	Sprint	États-Unis	23 613
14	Vodafone	Royaume-Uni	22 192
15	KDDI	Japon	20 527
16	Qwest	États-Unis	16 610
17	Japan Telecom	Japon	13 259
18	Cable & Wireless	Royaume-Uni	11 979
19	Telmex	Mexique	10 833
20	Telstra	Australie	10 083
21	KPN	Pays-Bas	9 724
22	Korea Telecom	Corée	9 127
23	BCE	Canada	8 908
24	Swisscom	Suisse	8 345
25	Alltel	États-Unis	7 067
26	Chunghwa Telecom	Taiwan	6 899
27	AOL Time Warner	États-Unis	6 054
28	Telia	Suède	5 901
29	Nextel	États-Unis	5 710
30	Tele Danmark	Danemark	5 502
31	SK Telecom	Corée	5 094
32	Vivendi Universal	France	4 855
33	Portugal Telecom	Portugal	4 741
34	Belgacom	Belgique	4 737
35	STC	Arabie saoudite	4 400

Note : (*) En millions de dollars.

Source : Idate.

11. Le marché mondial des télécommunications en 1999 967,77 milliards de dollars



Source : OMSYC.

6. Conclusion

L'examen des données statistiques disponibles, malgré leur hétérogénéité, montre que la France ne figure pas parmi les plus avancés en matière de services de télécommunications. Cela est vrai pour l'ensemble des recettes de télécommunications, mais on retrouve ce constat dans la téléphonie mobile, où la France se distinguerait à la fois par un retard de pénétration, mais aussi par un revenu moyen par abonné sensiblement inférieur aux pays les plus avancés. Une telle situation mériterait des recherches complémentaires qui n'entrent pas dans le cadre de cette contribution. La position de la France dans la fabrication d'équipements de télécommunications semble plus conforme à son poids international.

Avec l'UMTS, les opérateurs de télécommunications devraient accroître leur investissement d'infrastructure (hors licences) d'environ 25 à 30 % pendant quinze à vingt ans. L'UMTS est donc un projet technologique considérable, légèrement supérieur aux efforts déployés pour la mise en service de la téléphonie mobile, mais qui arrive loin derrière le raccordement de l'ensemble des foyers français au réseau de téléphonie fixe.

Références bibliographiques

Gruber Harald et Frank Verboven (2001) : « The Diffusion of Mobile Telecommunications Services in the European Union », *European Economic Review*, 45, pp. 577-588.

IDATE (2000) : *L'atlas mondial des mobiles*.

OCDE (2001) : *Perspectives de communications*.

OMSYC (2000) : *Les chiffres clés et indicateurs des télécommunications*.

OMSYC (2001) : *The World Mobile Market 1994-2006*.

Complément F

UMTS : régulation et attribution des autorisations

Gilles Crespin

Autorité de régulation des télécommunications (ART)

Le terme de « régulation » est parfois défini comme étant l'art de maintenir en équilibre un système plus ou moins complexe.

Appliquée au cas particulier des systèmes de radiotéléphonie mobile, cette définition pose une première difficulté opératoire, consistant à déterminer le périmètre du système en question : s'agit-il du mobile en général, ou d'un sous-ensemble, limité par exemple à une technologie ou à ce qu'il est convenu de qualifier de « génération technologique » ?

Une deuxième difficulté tient à l'aspect temporel de l'action de régulation, que l'on appréhende plus facilement dans son déroulement *ex post* que dans sa dimension *ex ante*. Or, s'agissant de l'UMTS, seule la dimension *ex ante* a pour le moment trouvé à s'exercer, étant entendu que cet exercice a posé les jalons d'une régulation *ex post*, à travers la séquence : définition des conditions d'accès au marché/élaboration de la méthode de sélection/publication de la règle du jeu/annonce par les candidats de leurs engagements/inscription des engagements dans les autorisations/vérification du respect de ces engagements.

Un troisième écueil consiste bien entendu à cerner le concept d'équilibre, au centre de nombreux travaux de la science économique depuis un siècle et demi au moins.

Avant d'examiner successivement ces trois points, il convient de rappeler brièvement la manière dont le processus de délivrance des autorisations s'est déroulé en France.

1. La genèse du processus d'autorisation et son cadre juridique

À partir des réflexions d'un groupe d'experts réuni à partir de janvier 1998 a été élaborée une consultation publique destinée, d'une part, à mieux cerner les enjeux attachés à l'avènement des systèmes mobiles appelés à succéder au GSM et, d'autre part, à réfléchir aux conditions et modalités d'attribution des autorisations.

De cette consultation, conduite au premier semestre 1999, se sont dégagées trois grandes lignes de force, qu'il est utile de garder à l'esprit pour comprendre la situation actuelle :

- une perception – déjà – des incertitudes dont était porteur le passage 2G/3G, sur le plan des usages, des perspectives de marché et sur certains aspects techniques liés à la normalisation. Le schéma économique sous-jacent faisait donc sans surprise l'objet d'une perception encore indéterminée ;
- une assez bonne confiance, malgré des incertitudes, sur les chances de succès des systèmes mobiles appelés à « marier » le monde de l'Internet et celui du mobile ;
- des attentes assez précises vis-à-vis de la réglementation, avec comme point commun un appel à la souplesse et une invitation à se montrer présente et active dans le processus de transition. Des attentes pourtant contradictoires dans leur expression, avec une ligne de partage très nette entre, d'un côté, la préoccupation de protéger les investisseurs (donc les opérateurs) et, de l'autre, la volonté de favoriser l'émergence d'acteurs nouveaux (fournisseurs de services pour l'essentiel).

En s'appuyant sur ces travaux préparatoires, l'Autorité de régulation des télécommunications a pu formaliser les termes de l'appel à candidatures lancé par le Gouvernement en août 2000, selon les dispositions prévues par la loi ; les dispositions fonctionnelles reprenaient pratiquement celles inscrites dans un premier dossier en mars 2000.

Le risque de rareté des fréquences ayant été établi à travers à la fois les réponses à la consultation publique (outre les trois opérateurs GSM autorisés, plusieurs autres sociétés avaient formellement manifesté un intérêt pour l'obtention d'une autorisation sur le marché français) et les expériences étrangères (15 demandes pour 4 licences en Finlande, 13 pour 5 au Royaume-Uni), les dispositions prévues par le code des postes et télécommunications en matière d'appel à candidatures (art. L. 33-1 V) trouvaient à s'appliquer, selon la séquence suivante :

- l'Autorité propose au ministre chargé des télécommunications les conditions de l'appel à candidatures (modalité de sélection). Celui-ci les publie au Journal officiel, en même temps qu'il fait connaître le montant des redevances de fréquences qu'il a fixé ;
- l'Autorité conduit la procédure d'examen des dossiers de candidatures qu'elle a reçus, et en publie le résultat motivé ;

- elle prépare les projets d'arrêtés d'autorisation et de cahiers des charges à la signature du ministre ;
- elle procède, une fois les autorisations délivrées, à l'attribution des blocs de fréquences choisis par les lauréats en fonction de leur rang de classement.

2. La troisième génération de systèmes mobiles : quel périmètre ?

Une phase de transition 2G/3G semble inéluctable, même si elle se révèle plus linéaire et plus lente que ce qui était annoncé, tant sur le plan de la technologie que de la disponibilité des services. La chronique annoncée est celle d'un passage GSM/GPRS/UMTS, avec un large recouvrement de ces trois composantes. Le GPRS, expression d'une génération intermédiaire, est une émanation directe du GSM auquel il se rattache (norme) et représente l'amorce, pour les réseaux mobiles, de l'adaptation à la transmission en mode paquets, préfigurant l'intégration du monde IP dans les réseaux mobiles.

Le passage à la 3G s'inscrit à la fois dans une certaine continuité par rapport à la 2G, mais apparaîtra le moment venu comme une rupture avec elle. Cette situation rend complexe l'action du régulateur, qui doit tout à la fois ménager la transition et accompagner, en la facilitant, la rupture annoncée.

Sur le premier point (transition), il aurait pu être envisagé de délivrer des autorisations 3G aux opérateurs déjà titulaires d'une autorisation 2G, ceci de manière quasi automatique, que ce soit par délivrance d'une nouvelle licence « au fil de l'eau » ou par modification des licences GSM, avec dans tous les cas une attribution de fréquences 3G. Une telle manière de faire, au demeurant retenue au Japon, n'a pas été envisagée en France ni ailleurs en Europe, dans la mesure où elle aurait conduit à reconnaître une organisation du marché autour d'acteurs déjà établis, sans perspective d'évolutions. Il convient de noter que la règle non écrite mais partout appliquée en Europe consistant à avoir $n+1$ licences, n étant le nombre de licences GSM, rendait difficile une éventuelle délivrance « automatique », pour des raisons évidentes d'équité concurrentielle avec le nouvel entrant.

L'évolution vers la 3G n'est toutefois pas sans heurts et plusieurs lignes de fracture peuvent être distinguées.

Une première rupture est de nature technique et se traduira par le déploiement d'un réseau radioélectrique entièrement nouveau par rapport aux réseaux de deuxième génération, avec le déploiement d'une interface radio différente de celle du GSM, fonctionnant en CDMA (TDMA pour le GSM).

Une deuxième rupture tient à la nature des services qui vont être déployés et qui devraient marquer l'avènement de services de données en mobilité, à des débits relativement élevés. Cette rupture, contrairement à la

précédente, risque bien d'intervenir à l'occasion d'une évolution de la norme GSM elle-même, c'est-à-dire avant le passage à la 3G. C'est tout l'enjeu du GPRS, qualifié de « 2,5G ».

On perçoit là toute l'ambiguïté de l'évolution en cours avec, sur un plan technique et industriel, une vraie rupture 3G/2G (i.e. UMTS/GSM) et, sur un plan commercial, une rupture plus en amont, 2,5G/2G (i.e. GPRS/GSM).

Il en résulte assez naturellement que :

- sur un plan réglementaire, la rupture se place aussi entre 3G et 2G, puisque le développement du GPRS ne nécessite ni adaptation des autorisations GSM ni attribution de nouvelles fréquences ;
- s'agissant du développement de nouveaux services, la rupture est davantage entre GPRS et GSM qu'entre UMTS et GSM, puisque le GPRS va permettre de tester en vraie grandeur les services non vocaux en situation de mobilité.

On voit donc que le périmètre du mobile de troisième génération n'est pas aisé à définir, et qu'il dépend assez largement de la perspective dans laquelle on se place.

3. La régulation dans sa dimension *ex ante* : application au cas de l'UMTS

L'action du régulateur est évidemment encadrée par les textes réglementaires, européens et nationaux, et sa nécessaire neutralité par rapport à l'émergence et au développement d'un marché est un exercice redoutable, à l'évidence, pour une régulation *ex ante*.

Il est utile à ce stade de réfléchir aux outils dont celle-ci dispose, à partir des missions générales assignées par la loi au régulateur, étant entendu que « la fonction de régulation du secteur des télécommunications [...] est exercée au nom de l'État [...] par le ministre chargé des Télécommunications et par l'Autorité de régulation des télécommunications » (art. L. 32-1. 3° du Code des postes et télécommunications).

Schématiquement, ces missions sont à la croisée de deux grands courants de pensée, l'un se rattachant à une approche économique de type plutôt keynésienne, l'autre, complémentaire de la précédente, procédant d'une conception du rôle de l'État « aménageur », garant à la fois d'équilibres sociaux et géographiques.

La fonction de régulation recouvre en particulier (art. L. 32-1 II) :

- le « développement de l'emploi, de l'innovation et de la compétitivité [...] » ;
- « [...] la prise en compte de l'intérêt des territoires et des utilisateurs dans l'accès aux services et aux équipements. »

Ces préoccupations transparaissent sans surprise dans la structure même des règles du jeu définies pour l'accès au marché mobile de troisième génération, c'est-à-dire dans l'appel à candidatures UMTS, lancé le 18 août 2000.

Dans son introduction présentant les enjeux des systèmes mobiles de troisième génération, l'Autorité rappelait les objectifs poursuivis :

- promouvoir le développement du marché du multimédia mobile, dans un sens conforme aux attentes du plus grand nombre ;
- assurer une compatibilité avec les systèmes mobiles existants ;
- permettre l'optimisation de la ressource spectrale disponible ;
- répondre aux préoccupations liées à l'investissement, à l'emploi et à l'aménagement du territoire.

Mais faut-il ajouter que la maximisation de la recette budgétaire n'y figurait pas ? On ne peut sur ce sujet que noter, pour s'en féliciter, la décision prise par le Gouvernement d'ajuster à la baisse les conditions financières liées à l'attribution des autorisations 3G (619 millions d'euros pour la part fixe de la redevance) et de choisir une logique de prélèvement plus conforme à la croissance de l'activité des opérateurs et à son rythme (1 % du chiffre d'affaires pour la part variable de la redevance).

La déclinaison de ces principes s'est logiquement traduite dans le choix des critères du « concours de beauté », parmi lesquels on peut citer :

- l'ampleur et la rapidité de déploiement du réseau (100 points sur 500 en termes de pondération) ;
- le dimensionnement du réseau (15/500) ;
- l'offre de services (50/500) ;
- l'offre tarifaire (15/500) ;
- l'emploi (aspects qualitatifs et quantitatifs) (25/500).

Tous les acteurs du marché consultés (opérateurs, équipementiers, financiers) ont approuvé cette démarche.

4. Équilibre et régulation *ex ante* : l'exercice impossible ?

Les choix de régulation, prédéterminés par le cadre réglementaire existant, ont bien entendu un caractère très structurant par la place plus ou moins importante donnée aux objectifs propres de l'action publique. Il est souvent admis qu'on ne régule pas contre le marché, mais comment faire lorsque le marché n'est pas « révélé », au sens où les économistes l'entendent (révélation des préférences individuelles) ?

Dans les différents États membres de l'Union européenne, le processus de délivrance des autorisations mobiles de troisième génération a soulevé de

nombreuses interrogations, en particulier sur la méthode de sélection des candidats, avec un débat centré sur les mérites respectifs des procédures dites de soumission comparative, d'une part, et d'enchères, d'autre part. Ce débat sort du cadre de la présente réflexion, mais deux observations peuvent cependant être formulées.

Premièrement, le choix des enchères peut être guidé – entre d'autres considérations – par la crainte des pouvoirs publics d'avoir à déterminer le « juste prix » d'une ressource rare. En d'autres termes, les opérateurs demandeurs de ces fréquences seraient mieux à même d'en établir la valeur économique correspondant à un prix de marché, dont le montant de l'enchère serait le révélateur. Le recours à une procédure d'enchères peut donc s'analyser comme une implication minimum des autorités publiques dans un processus avec lequel elles se sentent peu à l'aise.

Deuxièmement, il va sans dire, comme l'a montré le déroulement du processus partout en Europe, que la fixation d'un prix pour l'usage des fréquences, que ce soit d'ailleurs à l'issue d'une enchère ou de manière administrative, peut perturber considérablement le développement des projets.

La soumission comparative n'est autre qu'une forme d'enchère non monétaire, dès lors que, comme en France, elle impose certaines obligations minimum, invitant les candidats à proposer mieux pour augmenter leurs chances d'être retenus à l'issue du processus d'appel à candidatures.

L'équation économique des lauréats se trouve dans tous les cas étroitement structurée par les conditions définies *ex ante* par les pouvoirs publics : le plan d'affaires devra intégrer le coût de la licence, jusque, assurément, dans les offres tarifaires envisagées.

Il n'est dès lors pas surprenant de voir surgir des questions aussi importantes – mais qui auraient semblé hors de propos il y a un an – que la chronique de paiement des redevances attachées aux autorisations 3G ou encore les modalités du traitement comptable et fiscal de ces mêmes redevances. Régulation *ex ante* et régulation *ex post* forment ainsi un continuum indissociable, teinté d'un déterminisme qui peut s'avérer très contraignant lorsque la conjoncture se retourne, comme cela s'est produit.

Sans rechercher le paradoxe, il convient de rappeler, à tout le moins dans le cas de l'UMTS, que la régulation, dans sa dimension *ex ante*, a pour finalité d'organiser l'entrée sur un marché, en prédéterminant le nombre d'acteurs appelés à y évoluer, au motif d'une rareté de la ressource disponible nécessaire à l'essor des projets.

Mais les conditions mêmes mises par les pouvoirs publics peuvent, involontairement bien sûr, faire disparaître le caractère de rareté de la ressource, en élevant de dissuasives barrières à l'entrée, sachant que les conditions d'entrée fixées dans un contexte d'euphorie générale comme cela a été le cas pour l'UMTS peuvent se révéler dissuasives lorsque la conjoncture se retourne. L'évolution du nombre de candidats au fil des enchères en témoi-

gne (Royaume-Uni, Allemagne, Italie, Autriche, Suisse, Belgique). Ce ne sont plus les ressources qui sont rares, mais les candidats à leur utilisation. Les économistes reconnaîtront au passage des débats très anciens autour du concept de la valeur-utilité, avec la question toujours lancinante de la formation d'un prix : un bien est-il cher parce qu'il est rare ou est-il rare parce qu'il est cher ?

* * *

Le principal enseignement qui peut d'ores et déjà être tiré de cette première étape d'attribution des autorisations UMTS est que l'action de régulation, encadrée par les textes, ne peut pas être neutre, quelles que soient les précautions prises, surtout lorsqu'elle est appelée à s'exercer en amont.

Elle peut ne pas recevoir de la part du marché, non dans son principe mais bien par certains de ses choix, l'écho favorable à l'émergence, qu'elle cherche pourtant précisément à faire naître. Ceci est particulièrement vrai en période de retournement durable de la conjoncture, la « vérité » de la mi-2001 n'étant plus, loin s'en faut, celle de la mi-2000.

Il est pourtant très difficile, voire dangereux, de changer les règles du jeu en cours de partie, quand bien même la tentation de le faire est forte. À titre d'illustration, chacun avait pris conscience, une fois les dossiers de candidatures déposés, de la précarité de certains engagements, dont le respect est lié à des facteurs quasi exogènes (retards dans la disponibilité des terminaux 3G en particulier). La date d'ouverture commerciale des réseaux (figurant au nombre des critères de sélection) avait dès lors peu de chances d'être tenue, mais la règle du concours empêche tout ajustement du contenu des dossiers après leur dépôt. Il en est de même du débat sur le partage des réseaux, ouvert en janvier 2001, alors que dans tous les pays les règles étaient établies.

Les règles du jeu ne sont pas pour autant figées à jamais. Elles peuvent être révisées, comme en témoigne le changement des conditions financières attachées aux autorisations, ou précisées, comme vient de le faire l'Autorité à propos des conditions de partage des infrastructures. L'essentiel est bien que ce changement de règles puisse s'appliquer à tous les acteurs de manière identique.

Le régulateur doit donc instruire les dossiers avec discernement et porter sur chacun une appréciation lucide, intégrant les dernières évolutions, mais sans déroger à la règle fixée tant par lui-même que par l'autorité réglementaire. Il eût été pour le moins discutable d'ignorer, dans une analyse conduite au premier trimestre 2001, le fait que le contenu des dossiers avait été mis en forme dans le courant de l'année 2000, donc dans un tout autre contexte.

L'action de régulation est un exercice indispensable mais parfois difficile, car elle est par nature structurante et souvent déterminante pour la

stratégie des entreprises évoluant dans une économie de marché. Le déroulement du processus UMTS en est une bonne illustration.

Dans sa dimension *ex post*, la régulation du domaine des systèmes mobiles de troisième génération ne manquera pas de trouver de nouveaux espaces à explorer et de nouveaux défis à relever. L'UMTS verra s'instaurer de nouveaux schémas de partage de la valeur, par la cristallisation de nouvelles compétences et de nouveaux acteurs (concepteurs et fournisseurs de services et de contenu, concepteurs de systèmes d'information et de facturation...) au sein de l'économie traditionnelle du secteur des télécommunications. Pour le régulateur, cette nouvelle complexité de l'élaboration et du partage de la valeur, posera la question du déplacement du centre de gravité de son action, aujourd'hui très centrée sur les réseaux et les services vocaux.

Complément G

Faut-il oublier l'UMTS ?

Yves Gassot

*Institut de l'audiovisuel et des télécommunications en Europe
(IDATE)*

1. Bref retour en arrière

Les mobiles ont représenté au cours de la décennie passée un indiscutable succès pour l'industrie européenne. On atteint en Europe des taux de pénétration qui dépassent largement ceux dont peuvent faire état les États-Unis ou même le Japon (graphique 1). Cela s'est fait dans un premier temps sur la base d'une concurrence propre à chaque marché national. Mais plus récemment, on a assisté à l'émergence d'opérateurs à vocation paneuropéenne et/ou internationale tels que Vodafone, Orange, T-Mobile ou Telefonica (tableau 1). Ce succès est également vrai pour les fournisseurs d'équipement avec notamment les positions de n° 1 pour les équipements de réseaux cellulaires et de n° 1 pour les terminaux mobiles qu'occupent respectivement Ericsson et Nokia. Ce succès est d'autant plus remarquable qu'il intervint au cours d'une longue période de renforcement du leadership nord-américain dans le domaine des technologies de l'information, qu'il s'agisse des microprocesseurs, des ordinateurs ou des progiciels et bien sûr de l'Internet. En termes de taille et de dynamisme de son marché intérieur, de puissance de ses firmes, d'innovation et de profondeur dans les outils de financement, d'effort d'investissements dans la recherche et développement (R&D), les États-Unis ont globalement creusé l'écart.

Dans ce contexte, dans lequel encore une fois les mobiles constituent une certaine singularité, la voie européenne semblait toute tracer : il s'agissait schématiquement de s'appuyer sur la dynamique du marché européen des mobiles et de compter sur le basculement de ces derniers dans le monde

du paquet et de la donnée pour reprendre l'initiative dans la galaxie Internet. Avec un nombre de terminaux mobiles appelé à dépasser le nombre des PC et l'avènement des mobiles de nouvelle génération (3G), les Européens devaient passer à l'offensive. En fait, ce discours était peu apprécié des opérateurs mobiles européens qui, s'ils voyaient bien pour certains la nécessité de disposer de nouvelles fréquences, considéraient globalement que les infrastructures GSM dans lesquelles ils continuaient d'investir lourdement à la fin des années quatre-vingt-dix étaient loin d'être amorties. Mais les leaders de la fourniture des équipements et des mobiles s'inquiétaient trop du risque d'une chute brutale de leur chiffre d'affaires. Ils s'inquiétaient aussi au cours de ces dernières années de la nécessité pour l'opérateur japonais NTT DoCoMo, qui a fait l'impasse sur le GSM, de déployer une nouvelle génération de réseau. Car il était alors probable que cette fois-ci l'industrie japonaise saurait utiliser son marché domestique pour constituer une vraie concurrence aux manufacturiers européens en particulier dans le domaine des terminaux mobiles.

1. Position et nombre d'abonnés des principaux opérateurs mobiles en Europe de l'Ouest, au 30 juin 2001

En millions

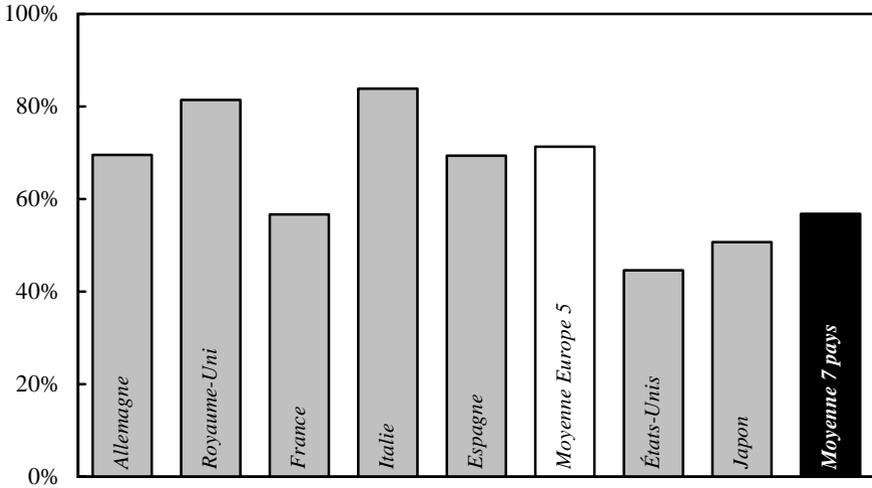
Opérateur	Pays de présence en Europe de l'Ouest	Nombre d'abonnés proportionnels
Vodafone	Royaume-Uni, Allemagne, France, Italie, Espagne, Pays-Bas, Suède, Portugal, Belgique, Grèce, Suisse, Irlande, Malte	59,6
T-Mobile	Royaume-Uni, Allemagne, Pays-Bas, Autriche	34,4
Orange	Royaume-Uni, France, Allemagne (SCS), Italie, Pays-Bas, Suède (licence UMTS), Portugal, Belgique, Suisse, Danemark	33,5
BT Wireless	Royaume-Uni, Allemagne, France, Italie, Pays-Bas, Irlande, Île de Man	26,1
TIM	Italie ^(*) , France, Espagne, Grèce, Autriche ^(*)	25,4

Note : (*) Telecom Italia, la maison mère de TIM, détient en outre des participations directes dans Auna en Espagne, la holding coiffant Amena, et dans Telekom Austria, maison mère de Mobikom Austria.

Source : IDATE.

Il était ainsi difficile pour la Commission européenne, qui n'avait pas toujours su avec ses programmes de R&D être à l'initiative des technologies et services clé en matière de télécommunication (le GSM est d'abord né d'une coopération entre des opérateurs), de ne pas être sensible aux raisonnements des industriels. Quoi qu'il en soit, un calendrier pour le lancement des mobiles 3G était arrêté dans une décision du 14 décembre 1998 du Parlement européen et du Conseil. Au terme de celui-ci, les États membres devaient préparer leur méthode d'autorisation pour le 1^{er} janvier 2000, en vue de l'introduction effective et simultanée des services au 1^{er} janvier 2002.

1. Comparaison des taux de pénétration cellulaire (à fin août 2001)



Source : IDATE.

2. Enchères ou « concours de beauté » ?

Bien qu'il y ait eu, à la publication d'un « livre vert » de la Commission, l'occasion d'un débat, les États membres n'ont pas pu s'accorder sur la nécessité d'une approche globale ou harmonisée de la gestion du spectre. La décision communautaire laissait donc le soin à chaque pays de définir ses modalités, sous réserve qu'elles respectent les principes essentiels figurant dans la législation communautaire des télécommunications (procédures ouvertes, transparentes et non discriminatoires et sélection sur la base de critères objectifs définis par avance).

Dans ces conditions, le débat sur les perspectives de l'UMTS se résuma vite à l'opposition entre deux types de mécanisme d'attribution : les enchères et la sélection comparative (« concours de beauté »). Les partisans des enchères pouvaient mettre en avant l'indépendance de la méthode dans la sélection des opérateurs, une valorisation du spectre par ceux qui semblent finalement le mieux placés pour apprécier la rentabilité de l'usage qui peut en être fait. Les partisans de la seconde approche soulignaient la complexité des choix à opérer pour définir un type d'enchères qui évitent réellement les phénomènes de collusion ou autres risques de contentieux.

Mais surtout, de façon plus ou moins explicite, se posait la question de la continuité du marché du GSM avec celui de la 3G. À cette époque et pour diverses raisons, le 3G était présenté comme une plate-forme sans réelle continuité avec le marché de la 2G, même si on imaginait des mécanismes d'« itinérance nationale » qui permettraient aux opérateurs ne disposant pas de licences GSM de bénéficier d'une couverture globale pour la voix.

On feignait de croire qu'il n'y avait pas de logique fondée à voir les opérateurs GSM en place disposer des nouvelles fréquences 3G. En fait, cette ambiguïté et l'interprétation des positions de la Commission se sont traduites, dans tous les pays, par la définition d'un nombre de licences UMTS qui dépassait le nombre d'opérateurs GSM en activité, engageant une fragmentation excessive du marché européen : plus de soixante licences UMTS pour les quinze pays membres...

Rétrospectivement, le débat entre enchère et soumission comparative – qui est un sujet parfaitement légitime – apparaît un peu secondaire au regard d'un autre phénomène qui a un impact considérable sur la situation que l'on connaît aujourd'hui. Il s'agit des valeurs astronomiques données aux abonnés mobiles au cours des transactions très nombreuses des années 1999 et 2000. Face à l'émiettement mentionné du marché européen et devant la remarquable vigueur du développement des mobiles, tous les acteurs un peu significatifs ont cherché à acquérir des parts de marché à l'international. Cela a déclenché une hausse inconsidérée des prix, particulièrement bien illustrée par l'extraordinaire opération de Vodafone sur Mannesmann, suivie par le rachat d'Orange par France Télécom (tableau 2).

2. La valorisation des abonnés mobiles lors des principales fusions/acquisitions réalisées entre octobre 1999 et août 2000

Opération	Date	Valeur de l'abonné (en euros)
Mannesmann Orange	Octobre 1999	9 189
AT&T ACC	Octobre 1999	5 829
Vodafone Mannesmann	Novembre 1999	6 128
KPN E Plus	Décembre 1999	3 269
Vodafone Airtel	Janvier 2000	5 872
France Télécom Orange	Juin 2000	5 720
NTT DoCoMo KPN	Juillet 2000	11 848
Deutsche Telekom Powertel	Juillet 2000	9 002
BT Viag	Août 2000	7 389
Deutsche Telekom VoiceStream	Août 2000	26 768

Source : IDATE.

Naturellement, ces prix largement surévalués pour les abonnés mobiles s'inscrivent dans le contexte de ce qui est clairement apparu ultérieurement comme la bulle TMT¹. Cette bulle était explicite dès la fin du premier trimestre 2000 pour les valeurs de l'Internet. Elle était toutefois encore largement masquée au cours de l'été 2000 lorsque, tour à tour, les enchères sur les deux premiers marchés d'Europe débouchèrent sur un prix de 630,5 euros par habitant (37,5 milliards d'euros) pour cinq licences au Royaume-Uni et de 609,9 euros (50,5 milliards d'euros) pour six licences en Allemagne. Pour ce qui concerne les pays qui avaient opté pour la soumission comparative, on observa deux cas de figure. Certains décidèrent d'attribuer les licences aux opérateurs ayant fourni les meilleurs dossiers avec un prix très bas d'accès aux licences. Ils furent parfois fortement attaqués : ne laissaient-ils pas une rente indue aux investisseurs ? D'autres décidèrent de fixer un prix qui tiendrait compte des niveaux atteints par les enchères, avec une décote. C'est le choix fait dans un premier temps par le gouvernement français au cours du mois d'août 2000 en arrêtant un prix de 4,95 milliards d'euros pour chacune des quatre licences disponibles (soit 19,8 milliards de recettes escomptées, ou 329,5 euros par habitant). En fait, tout a été une question de *timing*. Il est fort probable que si la décision avait été d'entrée prise en France de procéder sans délai par enchères, les niveaux de prix auraient avoisiné ceux atteints au Royaume-Uni ou en Allemagne. Si les enchères s'étaient effectuées tardivement dans l'année ou au cours du premier trimestre 2001, les prix seraient restés très raisonnables à l'instar de ce qui a pu être observé dès le mois d'octobre en Italie (où BT a contraint Blu à sortir des enchères), puis en Autriche, en Suisse, jusqu'à récemment les enchères danoises qui n'ont pas dépassé 95 euros par habitant pour quatre licences.

Au final on constate une hétérogénéité très grande des conditions d'accès au marché dans les quinze pays membres, selon le prix payé, le calendrier des versements, le nombre de licences, la durée d'usage des fréquences, les ressources spectrales attribuées, les exigences de couverture, la vitesse de déploiement, les obligations de R&D, etc. Cette hétérogénéité peut être la source de distorsions des règles de concurrence au sein du « grand marché européen ». Même si c'est avant tout les conséquences des prix atteints sur les trois principaux marchés – Allemagne, Royaume-Uni et France – qui aujourd'hui nous préoccupent.

1. Technologie des télécommunications.

3. La montée des incertitudes sur la technologie et les marchés de l'UMTS

La question du prix des licences a pris une ampleur considérable quand on commença à découvrir les risques très sérieux qui pesaient sur les opérateurs 3G. D'abord, la crise des firmes Internet commençait à s'étendre aux valeurs des télécommunications. On a compris que le caractère physique des actifs des opérateurs de télécommunication (au regard du caractère « virtuel » attribué aux valeurs de l'Internet) ne mettait pas à l'abri les nouveaux opérateurs qui avaient investi dans d'énormes réseaux optiques souvent redondants entre les continents et les capitales économiques, pas plus qu'il n'épargnait les nouveaux opérateurs de boucles locales dont le *cash burning* allait de pair avec la croissance des abonnés. À ces premières alertes d'une consolidation, somme toute logique après la phase d'effervescence qui avait suivi la libéralisation, s'est ajoutée une sensibilité nouvelle des grands opérateurs de télécommunication à la dette. Les marchés financiers avaient été très friands des valeurs télécoms, particulièrement en Europe où ils leur accordaient des multiples qui allaient au-delà de ce que connaissaient les firmes du secteur outre-Atlantique. Le retournement très brutal des cours s'est traduit par une prise en compte cruelle des survaleurs, découlant d'acquisitions souvent en actions, mais parfois aussi en cash. Il a mis provisoirement fin aux procédures de cotation de filiales qui assuraient une source aisée de financement. Il a fait peur aux banques qui sont apparues surexposées aux risques du secteur des télécoms et se sont montrées plus hésitantes à financer les opérateurs. Les quelque 130 milliards d'euros ponctionnés par les Trésors publics européens au titre de l'attribution des licences UMTS ne pouvaient pas, dans ce contexte, passer inaperçus. Ils ont, naturellement, amplifié le phénomène de défiance qui s'amorçait vis à vis des télécommunications en général et des mobiles 3G en particulier.

Il est cependant juste de reconnaître que le prix des licences n'est pas la seule composante de ce scepticisme. Les fournisseurs d'équipements sont apparus un peu présomptueux quant à leur capacité à mettre sur le marché, à des prix raisonnables et avec des garanties de fiabilité et de stabilité, des infrastructures réseaux et des terminaux 3G. Le challenge était d'autant plus difficile qu'il leur fallait répondre à une demande simultanée de dizaine d'opérateurs. De plus, les commandes pour les stations sont multipliées au regard du GSM, dans la mesure où la couverture des cellules UMTS est moins importante. Les mises au point sont apparues complexes. À ce jour, les fournisseurs n'ont pas pu livrer aux opérateurs de véritables plateformes de test. Quant aux terminaux, il est probable que ce ne soit qu'au cours du dernier trimestre 2002 que les constructeurs soient en mesure d'opérer les premières livraisons en quantité (d'autant qu'il faut pouvoir compter sur des terminaux compatibles 2/3G).

Ces retards dans la disponibilité des matériels 3G au regard du calendrier initial sont, somme toute, assez peu surprenants. Ce fut le cas pour le GSM, qui connut aussi de grosses difficultés au départ. Pour les opérateurs, les

délais ne poseraient pas en eux-mêmes de problèmes s'ils ne devaient par ailleurs payer sans possibilité de report la totalité ou une première partie des licences acquises. Ainsi tandis qu'en France Orange et SFR devaient (avant le revirement de novembre dernier) verser dès cette année et en deux fois, le 30 septembre et le 31 décembre, 1 230 millions d'euros chacun, en Allemagne les six bénéficiaires de licences UMTS ont déjà dû verser chacun plus de 8 milliards d'euros. Pour les constructeurs, ce retard qui a conduit les opérateurs un peu méfiants à différer ou à étaler les commandes, aggrave leur situation. Car logiquement les commandes d'équipements de réseaux GSM se sont quasiment arrêtées en Europe et ce n'est pas les commandes d'équipements GPRS qui peuvent les pallier. Pour les terminaux, la situation n'est pas beaucoup plus brillante. Le ralentissement du rythme de croissance des abonnés GSM (singulièrement en Europe), combinée avec la faiblesse du renouvellement des terminaux sous l'effet de l'échec du WAP et du retard dans le lancement du GPRS, devraient se traduire par un nombre de terminaux vendus pour la première fois depuis longtemps en retrait par rapport à l'année passée.

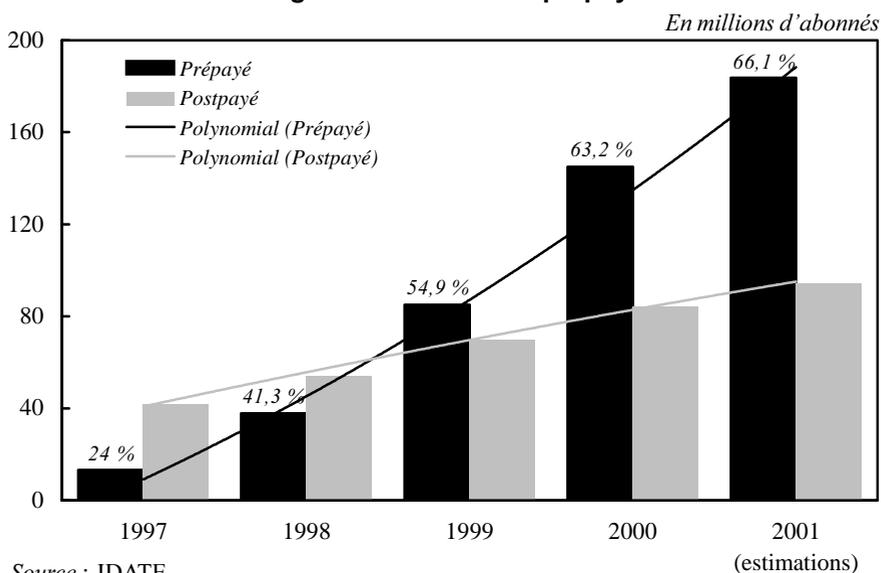
On voit là que les incertitudes techniques rejoignent les incertitudes du marché. Initialement, là aussi, un cheminement était tracé pour préparer les consommateurs, comme les opérateurs, à ce que l'on appelait encore l'« Internet mobile ». La première étape était associée à l'introduction de la technologie WAP. Il s'agissait d'équiper progressivement les terminaux GSM d'un *mini-browser* à même de leur permettre de dialoguer avec un serveur *ad hoc* pour afficher sur leur mini-écrans des informations. Le lancement fut plutôt catastrophique car précipité et trahissant une absence de réelle réflexion sur les services qui pouvaient supporter l'ergonomie assez fruste des terminaux. Si une part significative du parc des abonnés mobiles en Europe est composé de terminaux WAP, les utilisateurs des services sont très minoritaires² et le temps passé en connexion – et donc générant des ressources pour les opérateurs – par ces derniers très limité³. La deuxième étape programmée par les constructeurs et les opérateurs, consistait à introduire, toujours sur les réseaux GSM, un mode paquet dédié aux applications de données. L'objectif est d'offrir un débit notablement plus élevé que les 9,6 kbits par seconde (kb/s) des accès autorisés aujourd'hui sur GSM, mais surtout de proposer un mode *always on* qui permet un accès immédiat au service et une tarification indépendante de la durée, alors que le WAP, tel qu'il est accessible actuellement, est en mode circuit. Échaudés par l'échec du WAP et tirant argument des retards des fournisseurs de terminaux, les opérateurs n'ont pas encore lancé en vraie grandeur leurs services GPRS en Europe, bien que leurs réseaux soient équipés. Si l'on met de côté des opérations limitées à des cibles restreintes, ce lancement est aujourd'hui attendu courant 2002, soit avec plus d'un an de retard.

2. À la fin 2000, l'Europe de l'Ouest comptait seulement 5,8 millions d'utilisateurs réguliers des services WAP sur un total de 243 millions d'abonnés GSM.

3. Orange en France annonce un temps moyen de connexion de 10 minutes par mois.

Ne pouvant compter avant 2003 sur des recettes significatives de l' « Internet mobile », les opérateurs européens ont dû faire face, non pas à une stagnation de leur nombre d'abonnés, mais à un taux de croissance beaucoup moins important : quelque 8,2 % pour les cinq principaux marchés européens au cours du premier semestre de cette année, contre 28 % un an plus tôt. Il leur a fallu baisser les frais d'acquisition et stimuler le trafic de leurs abonnés facturés, pour limiter la baisse de l'ARPU (recette moyenne par abonné) qui est depuis plusieurs années tirée à la baisse par le poids croissant de leurs abonnés utilisant des cartes prépayées (graphique 2). Finalement, la seule source de recette nouvelle est venue de la messagerie SMS qui connaît un très grand succès chez les jeunes et représente aujourd'hui entre 5 et 10 % des recettes totales des opérateurs.

2. Progression des cartes prépayées



Alors, au regard de ces efforts et de ces succès plus modestes, la technologie UMTS et les marchés de l' « Internet mobile » constitueraient-ils des chimères héritées de l' « exubérance excessive » des marchés ? Ce n'est pas notre point de vue. On voit mal pourquoi, dès lors que de nouvelles fréquences sont attribuées, il faudrait s'en tenir aux caractéristiques techniques du GSM conçues il y a près de vingt ans. Quant aux marchés, il y a lieu d'insister sur la remarquable réussite de *l'i-mode* au Japon et de la transition que les opérateurs ont su ménager avec la 3G.

4. Sur les bonnes et mauvaises nouvelles du Japon

La bonne nouvelle réside dans le fait que ce marché de l' « Internet mobile », qui semblait condamner au titre des illusions de la période passée, existe : plus de 26,8 millions d'abonnés de DoCoMo avaient opté en août 2001 pour le service *i-mode* (30 000 abonnés nouveaux par jour), tandis que

KDDI et J-Phone comptabilisent respectivement à la même date 8,4 millions et 8,2 millions d'abonnés pour des services plus ou moins équivalents (Ezweb et J-Sky). Au total, 61,8 % des 64,7 millions d'abonnés mobiles que compte le Japon (soit un taux de pénétration moins élevé que le niveau moyen européen) ont opté pour un service dit d'« Internet mobile ». Ce succès n'est pas qu'un succès d'équipement car il a un impact direct sur l'ARPU des opérateurs. Ainsi pour DoCoMo, plus de 10 des 80 euros de la recette moyenne sont à mettre au compte de *l'i-mode*. Quelles sont les raisons de la réussite spectaculaire de DoCoMo ? D'abord, un réseau cellulaire de 2^e génération (PDC), mais qui dispose d'un accès paquet, offrant une connexion *always on* et donnant lieu à une taxation à la quantité d'information transmise. Ensuite un service kiosque qui permet à DoCoMo de rétribuer aisément ses fournisseurs d'information et d'application. Une approche *marketing* extensive, jouant sur la diversité des partenaires (des dizaines de milliers de sites) et un ciblage des consommateurs (en particulier les jeunes). Enfin des terminaux attractifs, à l'ergonomie soignée, aux écrans couleur de grande taille, intégrant le langage Java... Naturellement certaines composantes du succès de DoCoMo ne sont pas forcément transposables : DoCoMo est en situation dominante avec près de 60 % de part de marché, les jeunes Japonais sont non seulement friands de services innovants mais ont aussi un pouvoir d'achat élevé, l'appropriation du PC compte tenu des caractères en usage dans le Japonais est plus difficile, etc.

Quoi qu'il en soit, le Japon a pris une longueur d'avance en créant un marché pour de nouvelles applications sur réseau 2,5G, qui vont permettre une transition beaucoup plus aisée vers le 3G. De plus, le 3G vient de démarrer au Japon avec une avance d'un an. Ce n'est pas, en soi, le gage d'un avantage. DoCoMo et ses fournisseurs n'échapperont pas aux difficultés rencontrées, ces derniers mois avec les terminaux Java de *l'i-mode* ou les premiers terminaux 3G en test. Mais cela souligne que, cette fois-ci et contrairement à la situation que l'on avait connue au moment du lancement du GSM, le talent et l'agressivité à l'international des acteurs japonais pourront s'appuyer sur des investissements domestiques considérables (DoCoMo a prévu d'investir 10 milliards de dollars pour déployer son réseau).

5. Les multiples pistes des nouveaux services mobiles

Il est toujours hasardeux de vouloir anticiper sur les pratiques des consommateurs en identifiant les services qui tireront le marché. Certains seront d'offrir un accès transparent à Internet : il s'agira pour un utilisateur professionnel de connecter son micro portable ou son PDA au moyen d'une carte UMTS au format PC *card* en tirant parti du débit offert (supérieur à celui d'un modem 56 kb/s sur réseau fixe) et d'une tarification indépendante de la durée. D'autres usages s'inscrivent directement dans la recherche de compléments et d'amélioration des services existants : le remarquable succès du SMS devrait justifier un intérêt pour un élargissement des fonctionnalités des messageries mobiles. À travers l'EMS, puis du MMS, on sera en mesure, à l'instar de *l'e-mail*, d'inclure de pièces attachées, jusqu'à des fichiers son et images. La généralisation de sites Intranet devrait s'accom-

pagner progressivement de développements pour rendre accessibles les applications disponibles aux salariés nomades. La réflexion peut aussi s'organiser autour des caractéristiques premières de l'Internet mobile ou par un raisonnement par analogie. Dans le premier cas, on insiste sur la disponibilité à tout moment et en tout lieu du terminal, combinée avec la géo-localisation attendue sur les réseaux mobiles. Il peut s'agir de rechercher un restaurant ou une agence bancaire, mais aussi d'identifier un ami dans une zone de proximité... Dans le second cas, on peut imaginer une valeur ajoutée en référence à la notion d'*electronic vallet*, le mobile devenant alors un élément central de l'authentification et de l'identification du *cybermonde* et naturellement une plate-forme essentielle pour les transactions marchandes. On peut enfin réfléchir aux hybridations entre le mobile 3G et les objets nomades électroniques que sont le *walkman* CD ou MP3, le *comescope*, l'appareil photo numérique (récemment JPhone a lancé avec un certain succès un terminal intégrant une fonctionnalité de prise de vue) ou la *Gameboy*... Bref, à l'instar de ce qui avait été fait au temps du Minitel ou de ce que DoCoMo a réalisé autour de *l'i-mode*, il faut créer un contexte qui soit favorable à la fédération de multiples créativité.

Le capital-risque, qui s'était sans discernement investi sur tout projet d'application mobile, s'est assez judicieusement repositionné sur le financement des plates-formes logicielles intermédiaires, en complément des développements des fournisseurs de terminaux. Ce sont ces technologies (*enabling technologies*) qui permettront aux opérateurs et aux fournisseurs d'applications de disposer des fonctionnalités de base (géo-localisation, codage et compression des fichiers vidéo, identification/authentification...) qui leur sont nécessaires.

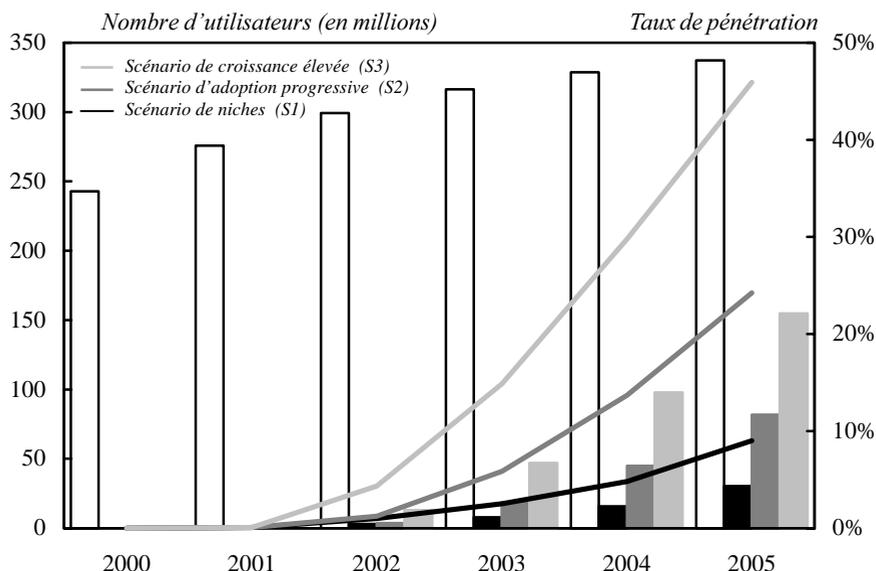
Quant au GPRS, comme nous l'avons vu, il devrait permettre l'amorce de cette dynamique de nouveaux usages en même temps qu'il assurera une couverture élargie d'accès au regard des zones en peau de léopard que seront, pendant quelques années, les territoires équipés en UMTS. Le GPRS, qui partagera sa bande passante avec les circuits « voix », ne pourra pas, en revanche, éviter le déploiement d'un réseau 3G. Dès lors que ces nouveaux services rencontreront un certain succès, un réseau adapté aux applications données, offrant capacité et débits plus élevés et basé sur de nouvelles fréquences, deviendra indispensable.

6. Tentative de prévision

Bien que confiants dans les perspectives de développement de nouveaux services mobiles, nous n'envisageons pas une explosion de l'ARPU sous l'effet des recettes nouvelles. La voix restera dominante dans les quatre ans à venir et l'enjeu sera de voir progresser le taux de pénétration des mobiles tout en mettant fin à la baisse de l'ARPU.

L'IDATE a toutefois cherché à cerner l'incidence de ces nouveaux services sur l'économie des opérateurs mobiles en établissant trois scénarios d'évolution du marché.

3. Évolution du nombre d'utilisateurs des services de données mobiles sur réseaux GPRS et UMTS, en Europe de l'Ouest, selon trois scénarios (2000-2005)



Source : IDATE.

Les scénarios s'appuient sur des hypothèses relatives à la diffusion des services sur les nouveaux réseaux GPRS et UMTS et à l'évolution de l'ARPU par type de services et par type d'utilisateurs :

- le premier scénario, appelé « scénario de niche », repose sur l'hypothèse d'une diffusion restreinte des services de données mobiles sur réseaux GPRS, sur plusieurs niches de marché, surtout constituées de professionnels et d'*early adopters* grand public, jusqu'à la large disponibilité de l'UMTS en 2004. Les prévisions de l'IDATE établissent le nombre d'utilisateurs de services sur les réseaux GPRS/UMTS à 30 millions en 2005, en Europe de l'Ouest, soit 10 % de la base d'abonnés cellulaires, pour un marché des services de données mobiles valorisé à 24 milliards d'euros ;

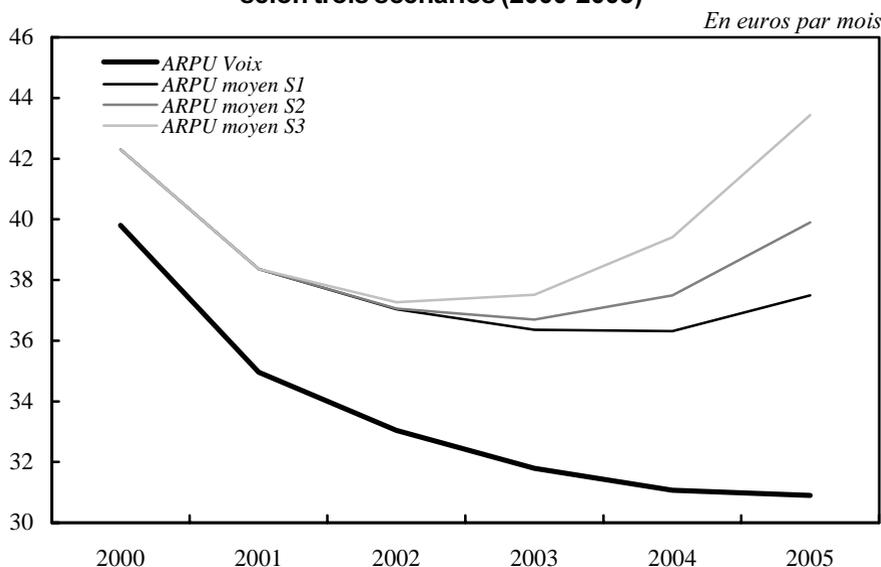
- le deuxième scénario, appelé « scénario d'adoption progressive », repose sur l'hypothèse d'une diffusion des services GPRS d'abord sur un marché restreint, surtout composé de professionnels, puis progressivement, à partir de fin 2002, vers une plus large part du marché grand public. Les prévisions de l'IDATE établissent le nombre d'utilisateurs de services sur les réseaux GPRS/UMTS à 80 millions en 2005, en Europe de l'Ouest, soit 25 % de la base d'abonnés cellulaires, pour un marché valorisé à 33 milliards d'euros ;

- le troisième scénario, appelé « scénario de croissance élevée », repose sur l'hypothèse d'une diffusion large et rapide des services de données

mobiles offerts sur réseaux GPRS/UMTS à la fois sur le marché professionnel et le marché grand public, pour devenir, en quelques années, un marché de masse, à l'instar de *l'i-mode* au Japon. Les prévisions de l'IDATE établissent le nombre d'utilisateurs de services sur les réseaux GPRS/UMTS à 155 millions en 2005, en Europe de l'Ouest, soit 45 % de la base d'abonnés cellulaires, pour un marché valorisé à 47 milliards d'euros.

Aujourd'hui, nous privilégions le scénario intermédiaire, appelé scénario d'adoption progressive, comme étant le scénario d'évolution le plus probable.

4. Évolution de l'ARPU moyen en Europe de l'Ouest, selon trois scénarios (2000-2005)



Source : IDATE.

La tendance de baisse de l'ARPU total moyen (voix et données) constatée par les opérateurs devrait se poursuivre, avec toutefois des disparités notables entre les scénarios envisagés à l'horizon 2005.

- Dans le scénario de niche (S1), l'ARPU continue de décroître jusqu'à 2004, en raison de la faible diffusion des services de données dans la base d'abonnés cellulaires, et amorce une remontée à partir de 2005, avec une ouverture plus large des services permise grâce à l'UMTS. Les prévisions de l'IDATE établissent le niveau atteint par l'ARPU en 2005 à 37,5 euros par mois. Un tel scénario entraînerait des difficultés importantes pour la plupart des opérateurs UMTS, car le marché des services de données mobiles serait encore embryonnaire trois ans après le début d'exploitation des licences UMTS en 2002.

- Dans le scénario d'adoption progressive (S2), la pénétration progressive des services permis avec le GPRS dans la base d'abonnés cellulaires

permet une stabilisation de l'ARPU dès 2003 et une reprise de la hausse de l'ARPU sur la période 2004-2005. Les prévisions de l'IDATE établissent le niveau atteint par l'ARPU en 2005 à 39,9 euros par mois. Dans le contexte du financement de l'UMTS, un tel scénario aurait probablement des conséquences assez contrastées en fonction des opérateurs. Il est possible que les opérateurs UMTS les plus fragiles aient des difficultés financières dans ces conditions et soient contraints à des rapprochements.

- Dans le scénario de croissance élevée (S3), la diffusion rapide des services permis avec le GPRS dès 2002 permet d'enrayer rapidement la chute de l'ARPU, puis de repartir à la hausse à partir de 2003. Les prévisions de l'IDATE établissent le niveau atteint par l'ARPU en 2005 à 43,4 euros par mois, soit un niveau légèrement plus élevé que le niveau de l'ARPU en 2000. Dans le contexte du financement de l'UMTS, ce scénario devrait permettre à la plupart des opérateurs d'assurer le financement de leur réseau 3G. Ce scénario correspond à une forte adoption des services de données mobiles et une augmentation annuelle importante de la consommation moyenne consacrée à ces services, ce qui assure les fondamentaux pour le bon développement de l'UMTS.

7. Donner toutes ses chances à l'UMTS

L'UMTS constitue un enjeu de tout premier ordre pour l'Europe et son industrie (équipements et services) des télécommunications. C'est un projet considérable en termes d'investissement, d'organisation des marchés et de stimulation de l'activité économique. Les conséquences de l'éclatement de la bulle financière et les retards de développement ont indiscutablement obscurci la visibilité du projet. Ils font apparaître un contexte moins favorable que celui qui devait initialement conduire l'Europe à conserver son leadership dans les mobiles, tout en disputant aux États-Unis la suprématie dans la création de nouveaux services et usage Internet.

Les conditions d'attribution des licences 3G ont ajouté à la confusion en débouchant dans les plus grands marchés d'Europe à des prix d'accès aux licences 3G exorbitants. La situation est donc instable. D'un côté, il y a lieu de constater la poursuite de la croissance des marchés mobiles en Europe, la logique qu'il y a à développer de nouveaux services de données sur GPRS au regard du succès de *l'i-mode* au Japon ou du SMS en Europe, et la nécessité de pouvoir compter sur une nouvelle génération de réseau et de nouvelles fréquences. D'un autre côté, on constate les délais nécessaires au lancement de ces nouveaux services en Europe, les retards dans l'ouverture du GPRS, le flou qui accompagne le lancement de l'UMTS, les incertitudes qui accompagnent le paiement des licences et, finalement, une fragmentation sans doute excessive du marché des mobiles en Europe. Dans certains pays, il s'avère très probable que le nombre de licences attribuées, les prix exigées et l'état de fragilité atteint par certains consortia aboutissent à une consolidation plus ou moins brutale, qui se traduira par une sérieuse

révision à la baisse du nombre des opérateurs. Cela devrait être le cas en Allemagne, où il paraît difficile de croire que six réseaux UMTS seront construits, ou au Royaume-Uni ou même en Italie. Cette consolidation peut être plus ou moins brutale dans la mesure où, à côté des simple abandons (déjà rencontrés en Norvège) et fusions/acquisitions, il y a place pour des opérations de partage de tout ou partie des réseaux, jusqu'aux modalités multiples de MVNO. En France, le caractère inachevé de la procédure a permis au Gouvernement de revisiter récemment les modalités imposées aux deux opérateurs retenus. Ces conditions devraient permettre l'entrée au minimum d'un troisième opérateur.

Dans cette perspective, ne va-t-on pas vers un pur modèle oligopolistique contraire aux intérêts des consommateurs ? C'est naturellement une préoccupation légitime, que devra *in fine* apprécier Bruxelles. Mais elle révèle surtout la difficulté qui existait dans les temps d'euphorie à évaluer les conditions d'une concurrence efficace. Sous l'effet d'une consolidation à peine amorcée, il y aura donc beaucoup moins que soixante opérateurs de réseaux UMTS en Europe dans cinq ans. Le consommateur peut aussi espérer bénéficier des économies d'échelle et d'envergure des puissances industrielles ainsi constituées. De plus, il y a de fortes raisons de penser que la présence de ces opérateurs puissants s'accompagnent de nombreux acteurs spécialisés qui trouveront dans la complexité de la chaîne de valeur de l'Internet mobile des raisons de contester les positions acquises et les rentes indues.

Glossaire

ARPU	Average Revenue Per User
GSM	Global System for Mobile telecommunications
GPRS	General Packet Radio Service
MVNO	Mobile Virtual Network Operator
SMS	Short Messaging Service
UMTS	Universal Mobile Telecommunications Service
WAP	Wireless Application Protocol

Complément H

Concentration, segmentation, fragmentation dans l'Internet mobile

Laurent Benzoni

Université de Paris II

1. Jalons

1999 : l'Europe est le premier marché mondial pour les communications mobiles : plus de 200 millions d'Européens utilisent un radiotéléphone, le marché des mobiles pèsent pour près de 150 milliards d'euros et a crû au rythme de 35 % par an au cours des années précédentes, les communications mobiles comptent déjà pour 30 % du revenu des télécommunications contre quelques pour cents à peine moins de cinq ans auparavant¹.

2000 : émergence de la 3G, l'avenir est radieux : il s'agit de prolonger le passé.

2001 : le secteur prospère fait figure de secteur sinistré. Il aura suffi de quelques surenchères, de retournements boursiers révélateurs des comportements erratiques des investisseurs qui subitement changent de « consensus » et oublient spontanément les conventions de la veille et enfin de la « découverte » que les technologies n'étaient pas prêtes et que les services étaient, pour l'essentiel, à inventer.

2002-2003 : le début de la 3G est chaotique. Mais les professionnels et experts continuent de penser qu'il existe un marché à fort potentiel pour les services mobiles autres que la voix. Les contours de ce marché ne sont pas aisés à dessiner. Il est même difficile de le qualifier : marché de la 3G ? De

1. Cf. OMSYC (2000) : *Le marché mondial des mobiles*.

l'UMTS ? De l'Internet mobile ? De la transmission par paquet sur les mobiles ? Du multimédia mobile ? L'enjeu consiste à gérer le présent sans hypothéquer l'avenir. Les questions centrales concernent :

- les processus éventuels de ré-attribution des fréquences et/ou des licences dans les pays où les candidats ont fait défaut : France, Belgique, Norvège désormais ;
- le réaménagement des obligations et engagements qui ne paraissent plus réalistes quant aux délais de déploiement, à la nature des services et aux paiements exigés pour les licences ;
- les possibilités de mutualisation des infrastructures de réseaux entre détenteurs de licences ainsi que le degré d'ouverture et d'accès à des tiers des infrastructures finalement déployées (problématique du MVNO).

2003-2004 : le début s'achève. Les fondamentaux peuvent de nouveau s'exprimer. Les structures de l'industrie et du marché vont émerger en fonction des conditions de base de l'offre et de la demande sous l'influence, d'une part, de la stratégie des acteurs et, d'autre part, des conséquences de certaines décisions structurantes prises dans la phase précédente, qui touchent aux fondements de l'organisation du marché.

C'est à ce point de l'histoire que nous situerons ce complément. Dans une démarche classique d'économie industrielle, nous exposerons d'abord les caractéristiques des conditions de base de l'offre, puis celles de la demande. Le croisement de ces caractéristiques d'offre et de demande débouche sur des scénarios très contrastés des structures potentielles du marché de l'UMTS.

2. Les conditions de base de l'offre : la logique de la concentration

2.1. Les coûts fixes sont orientés à la hausse

Au regard des informations disponibles et en l'absence de rupture significative dans les technologies, les coûts d'investissements spécifiques aux réseaux 3G par rapport aux réseaux 2G sont orientés à la hausse. Ces coûts recouvrent les coûts d'infrastructures, tant passives (acquisition des sites par exemple) qu'actives (stations de base, plates-formes de service, etc.), et les coûts de délivrance des services (systèmes de facturation, investissements initiaux dans les services-client, etc.).

Par ailleurs, le prix des licences est plus élevé que pour la deuxième génération. Il pèse aussi sur les plans d'affaires, que ces licences soient payées en début de période (enchères ou ticket d'entrée), la facture étant alors traitée comme un coût fixe amorti sur la durée de la licence, ou qu'elle soit payée annuellement (pourcentage du chiffre d'affaires, ou système de redevance), la facture constituant alors une charge. Le prix de la licence

élève ainsi les coûts, donc les barrières à l'entrée, et accroît les risques d'éviction des acteurs moins puissants. Pour les opérateurs, ce prix, assimilable à un coût ou à une charge, devra ainsi nécessairement se retrouver dans le prix de services pour que leurs comptes soient au moins équilibrés à long terme.

Si un opérateur ne cherchait pas à récupérer le prix de la licence pendant la durée d'exploitation du réseau, il faudrait se poser la question de l'origine des fonds mobilisés pour réaliser l'acquisition de la licence et comprendre les motivations qui poussent un opérateur à accepter de perdre de l'argent. Sur ce dernier point, on serait immanquablement conduit à évoquer des pratiques concurrentielles déloyales, notamment par préemption des marchés et éviction de concurrents moins puissants financièrement, cela à des fins de constitution de position dominante. Nous considérons donc que le prix des licences élève les coûts supportés par les opérateurs 2 G et se retrouvera dans le prix des services, contrairement à la thèse soutenue par certains économistes (*cf.* encadré sur ce point).

2.2. Les coûts variables sont orientés à la hausse

Les coûts variables sont constitués des coûts d'acquisition et de gestion des abonnés, dont le principal réside dans la subvention du terminal d'abonné. Cette subvention est l'une des causes de la diffusion rapide des mobiles auprès des consommateurs résidentiels. Elle s'inscrit dans une logique de développement d'un service à externalité positive de consommation, qui implique une subvention du « raccordement » pour assurer le décollage du marché.

Ce mécanisme de subvention du terminal devrait se prolonger dans la 3G. En effet, si le service de la voix constitue la première application pour cette nouvelle génération, il conviendra de faire migrer des abonnés 2G sur des terminaux tri-bande (900/1 800/2 000) et bi-mode (GSM/UMTS) pour qu'ils disposent en premier lieu du service de la voix. Cette migration ne peut s'enclencher que pour des services nouveaux ou une qualité de voix supérieure justifiant éventuellement d'un prix supérieur pour les abonnés. Au regard des coûts initiaux de production des terminaux 3G, il paraît peu probable que les opérateurs puissent répercuter ces hausses dans les prix des terminaux : logiquement, le montant de la subvention du terminal-voix 3G sera, au moins dans une première phase, poussé à la hausse.

Ensuite, pour nombre de terminaux candidats à l'incorporation des technologies 3G (organiseurs, consoles de jeux portables, micro-portables, lecteurs MP3, etc.), les consommateurs n'ont, aujourd'hui, pas l'habitude d'être subventionnés. Par conséquent, la subvention pourrait porter uniquement sur la fonctionnalité 3G de ces terminaux. Par exemple un organisateur « communicant » (incluant la fonction mail par exemple mais pas la fonction voix) pourrait coûter le même prix qu'un organisateur simple, si l'acheteur s'engage à prendre un abonnement UMTS... Avec ce type de mécanisme vi-

La licence comme coût irréversible n'influençant pas le prix des services : un artefact mathématique

Supposons que le coût d'un réseau 3 G est constitué de coûts fixes, CF , indépendants du nombre d'abonnés) et de coûts variables, $CV(n)$, dépendants du nombre d'abonnés. Le prix de la licence, L , est payé en une seule fois au début de la licence, il ne dépend donc pas du nombre d'abonnés et constitue un coût fixe. Soit le coût total supporté par l'opérateur :

$$CT(n) = CF + L + CV(n)$$

Le chiffre d'affaires est le produit du prix du service multiplié par le nombre d'abonnés, soit : $CA(p, n) = p \times n$.

Le profit de l'opérateur, P , est constitué de l'écart entre recettes et coûts :

$$[1] \quad P(p, n) = CA(p, n) - CT(n)$$

L'opérateur maximise son profit, P , en maximisant l'écart entre recettes et coûts, soit mathématiquement, en annulant la dérivée de P par rapport à n : $P'(p, n) = 0$.

Si on pose que le marché est concurrentiel, le prix du service est donné par le marché, l'opérateur ne peut déterminer que le nombre d'abonnés qui maximise son profit en fonction de ce prix, donc on cherche la condition pour que $P'(n) = 0$. Soit, d'après [1], $CA'(n) = CT'(n)$. Comme, $CA'(n) = p$ et $CT'(n) = Cm$ (coût marginal qui est indépendant du niveau des dépenses fixes CF et L). On obtient ainsi l'équilibre concurrentiel standard : $p = Cm$ (CQFD). Quel que soit le prix de la licence, L , ce prix n'influencera pas le prix p des services.

Poussons alors le raisonnement. Deux contextes sont envisageables. Les rendements sont croissants strictement face à la demande qui s'adresse à l'entreprise. La pratique de la tarification au coût marginal est insoutenable à long terme pour des entreprises privées non subventionnées, le prix de la licence alourdit la perte des opérateurs et contribue à leur déséquilibre. Où se situe alors la logique du prix de la licence qui permet de récupérer les rentes captées par les opérateurs grâce à l'utilisation du domaine public hertzien ?

Les rendements sont décroissants et, au-delà d'une certaine quantité d'abonnés, les opérateurs peuvent alors espérer dépasser le seuil de rentabilité. Ce seuil est d'autant plus éloigné que le prix de la licence est élevé. Tant que ce seuil n'est pas atteint, on se retrouve dans le contexte précédent. Si le seuil de rentabilité est dépassé, le prix du service rembourse le prix de la licence, y compris le coût du capital appliqué au prix de la licence, donc plus le prix de la licence est élevé plus le prix du service permettant l'équilibre est élevé.

Au-delà de ses incohérences internes, le raisonnement repose sur une anticipation parfaite du marché car le prix de la licence qui ne perturbe pas l'équilibre dépend de la connaissance du futur. Pour se protéger de cette hypothèse forte, les tenants de l'attribution par enchères précisent que les opérateurs

connaissent le moins mal l'avenir. Cette assertion révèle d'abord une méconnaissance de la production et de la circulation de l'information au sein des milieux professionnels. Ainsi, s'agissant de l'anticipation de l'avenir, elle se forme par échanges d'informations et consensus. Le plus souvent, tout le monde se trompe collectivement : opérateurs, industriels, régulateurs, etc. Tout le monde s'est ainsi trompé sur la demande de *paggers* numériques (Kobby, Tam-Tam, Tatoo en France), sur le potentiel réel de la 2G, sur le potentiel de la norme DECT ou du CT2 ; enfin, tout le monde s'est trompé sur la disponibilité de l'UMTS, etc. Or, ce sont ces consensus qui permettent d'estimer la valeur économique d'une licence laquelle, au regard des expériences passées, est finalement bien appréhendée *ex post* et non *ex ante*. Pour cette raison, un mécanisme de prélèvement *ex post* sur la valeur réellement créée par les licences est préférable aux mécanismes qui anticipent une valeur *ex ante* que personne ne connaît réellement. Le droit de l'accès au domaine public s'inscrit d'ailleurs dans cette logique.

sant à dissocier le prix du terminal de sa fonctionnalité de communication en mobilité, le montant absolu de la subvention du terminal peut être contenu dans des proportions raisonnables. Toutefois, le prix de l'abonnement pour un service *data* uniquement sera nécessairement inférieur à celui d'un service voix ; il s'ensuit finalement que le coût unitaire variable rapporté au chiffre d'affaires par abonné pourrait néanmoins augmenter ; or, c'est bien ce ratio qui est déterminant pour l'économie de l'opérateur.

Les autres coûts variables sont les coûts de gestion des abonnés. Il apparaît que l'entrée dans un monde de services Internet contribuera à faire croître ce coût constitué pour l'essentiel de coût de facturation et de coût de *hot-line*. Les nouveaux services risquent d'exiger des efforts d'assistance des abonnés coûteux pour les opérateurs. Il est toujours possible de tarifier cette assistance (pratique des numéros spéciaux) mais cela contribue à freiner la diffusion des services. On peut anticiper une dérive à la hausse de ce type de coût.

2.3. Une concentration attisée par la réglementation et la stratégie d'expansion des opérateurs

Pour couvrir des coûts fixes et variables croissants, il est donc nécessaire d'accroître, sur l'ensemble de la durée du réseau, le chiffre d'affaires facturé. L'augmentation du fameux ARPU², anticipée sur les réseaux UMTS, mais qui diminue aujourd'hui de façon vertigineuse dans le GSM, constitue ainsi un impératif pour l'équilibre économique des réseaux UMTS et non un *goodwill* qu'apporterait l'UMTS par rapport au GSM.

2. *Average Revenu Per User* : facture moyenne par abonné.

Deux facteurs peuvent alors pousser à l'augmentation de la facture par abonné : la baisse des prix unitaires face à une élasticité de la demande aux prix supérieure à -1 (déplacement de l'équilibre sur la courbe de demande), la production de nouveaux services pour lesquels les consommateurs présentent des dispositions à payer positives, cumulables aux dépenses de services de la voix et au moins égales aux coûts de production de ces nouveaux services sur les réseaux mobiles (déplacement de la courbe de demande).

Dans tous les cas, la baisse des coûts unitaires dépend d'une augmentation importante du trafic total transitant sur les réseaux qui doit, en outre, se traduire par un bon « remplissage » moyen du réseau pour lisser les effets de pointe, toujours très coûteux en termes de dépenses d'infrastructures.

S'il est difficile de se prononcer sur les effets contradictoires de ces évolutions de coût à long terme, on peut postuler sans se tromper que, dans les premières années de déploiement et d'exploitation des réseaux, les coûts totaux vont croître sans que le trafic croisse dans les mêmes proportions, de telle sorte que la baisse des coûts unitaires ne pourra être atteinte que par une concentration des trafics sur un nombre restreint de réseaux contrôlés par un nombre restreint d'opérateurs. Ainsi, la concentration de l'offre induite par les paramètres technico-économiques de l'UMTS devrait croître. La structure naturelle du marché serait ainsi plus concentrée dans l'UMTS que dans le GSM.

Ce phénomène de concentration est accentué par le prix élevé des licences et, paradoxalement, par l'attribution simultanée d'un nombre croissant de licences UMTS par rapport aux licences GSM. En effet, du fait de l'augmentation du nombre de licences, le trafic accessible aux opérateurs sur le marché devra initialement se répartir sur un nombre plus grand de réseaux, ce qui contribue à éloigner les perspectives initiales d'équilibre des opérateurs et augmente les temps de retour sur investissement.

Pour le GSM, les licences ont été attribuées en plusieurs vagues. L'attribution décalée a permis de piloter l'équilibrage entre le décollage du marché et le processus concurrentiel. De nouvelles licences ont été attribuées lorsque le marché passait en pleine croissance, rendant l'entrée soutenable pour de nouveaux opérateurs, notamment si le régulateur avait pris soin d'équilibrer les conditions d'accès au marché pour tenir compte du retard des derniers arrivants (obligation d'itinérance par exemple ou de partage des sites). Ainsi, le marché français s'est structuré autour de trois réseaux GSM, contre quatre dans nombre de pays.

Sur le marché de la 2G, ce n'est donc que lorsque les potentiels de marché ont été mieux appréhendés que de nouvelles licences ont été attribuées. L'entrée de nouveaux opérateurs sur des marchés en croissance et non sur des marchés en phase de gestation ou de création a permis d'activer la dynamique concurrentielle, tout en élevant la probabilité de survie des nouveaux entrants dans un contexte de marché structurellement favorable.

Dans l'UMTS, au contraire, toutes les firmes entrent simultanément sur un ou des marchés dont on ne connaît ni la taille, ni la date de décollage. Cela accroît les risques de faillite pour les nouveaux acteurs, non présents en 2G sur les marchés nationaux considérés. Cet effet de taille initiale sera renforcé si le marché de la 3G est d'abord un marché de migration du GSM vers l'UMTS, élément qui favorisera les acteurs en place en fonction directe de leur parc d'abonnés.

Pour les nouveaux opérateurs ou les petits opérateurs de la 2G, le partage d'infrastructures est alors présenté comme une issue permettant d'abaisser le coût d'entrée et le risque de faillite. Selon certaines estimations industrielles, le partage permet des réductions des dépenses d'investissements en réseau comprises entre 5 et 50 %. Toutefois, force est de constater que l'on se situe plus dans une logique de minimisation de pertes à court terme, mais guère dans une logique d'équilibre économique à long terme... En outre, la complexité technique et les modalités concrètes de coordination de ces partages des réseaux laissent douter de l'indépendance réelle à terme des opérateurs qui s'engagent dans ces opérations. Il apparaîtra sans doute que, au delà du partages des sites, le partage d'infrastructures actives présentera dans le futur, surtout s'il concerne les zones de démarrage des réseaux et des services, tous les attributs d'opérations de fusion qui n'auront pas dit leur nom initialement.

Finalement, les opérateurs auront su réajuster les erreurs d'appréciation de la réglementation, tant sur les prix que sur le nombre de licences en engageant une concentration industrielle qui ne peut être affichée clairement aujourd'hui pour des raisons réglementaires.

Le mouvement de concentration dans les mobiles a, de toute façons commencé. En effet, la concurrence dans les services mobiles est généralement appréhendée par le nombre d'opérateurs opérant sur une même zone géographique. Ainsi, en augmentant le nombre de licences en 3 G sur les différents espaces nationaux, par rapport à celles existantes en 2G, les autorités ont pensé activé la concurrence. Ce faisant, elles ont négligé que le nombre de licences distribuées par pays peut augmenter alors même que le nombre d'opérateurs en concurrence au niveau européen diminue. Or, c'est à ce mouvement auquel on assiste depuis plusieurs mois et qui se poursuivra à l'avenir. Entre 1999 et le premier semestre 2001, l'indice de concentration Hirschman-Herfindahl, calculé sur l'ensemble des pays de la communauté européenne a augmenté de 50 % pour passer d'une valeur de 862 à 1 234³. La valeur de 1000 est dépassée, indiquant que le niveau de concentration commence à atteindre des seuils qui peuvent altérer la concurrence sur les marchés.

3. Rappelons que l'indice est calculé en sommant les parts de marché élevées au carré.

Cette concentration qui mesure la baisse du nombre d'acteurs ne peut laisser indifférent car le développement des mobiles dans le GSM s'explique par une dynamique de la diffusion des innovations, appuyée fondamentalement sur la pluralité des acteurs présents sur l'espace européen segmenté en marchés nationaux. Cette dynamique peut être altérée, sauf à postuler que l'oligopole qui se met en place sera très hétérogène et soumis à des fonctions objectives suffisamment différenciées pour ne pas laisser s'éteindre la dynamique concurrentielle.

3. Les conditions de la demande

3.1. Dynamique de diffusion de la 2G : normalisation et pluralité des offreurs

Il paraît important de revenir sur la dynamique de la diffusion du GSM car elle a nourri tous les espoirs portés sur l'UMTS couplée à l'engouement déraisonnable pour la nouvelle économie.

Pour lancer la radiotéléphonie mobile numérique (2G), le service concerné – la téléphonie – était connu, identifié et répandu. En revanche, le besoin d'utiliser ce service en mobilité paraissait correspondre aux attentes de catégories sociales ciblées : cadres dirigeants et supérieurs itinérants, professions libérales aisées, décideurs.

Cette perception d'une clientèle limitée « haut de gamme » résultait pour une bonne part des anticipations de prix élevés du terminal et du service. Il s'ensuivit un retard constant des prévisions par rapport aux réalisations effectives. En 1995, par exemple, un consensus existait pour prévoir un marché de 7 millions d'abonnés en France en 2000, contre 30 millions finalement acquis à cette date. À la mi-2001, le nombre de lignes mobiles dépasse celui des lignes fixes en France, dans nombre de pays les taux de pénétration dépassent 60 % de la population. Le mobile constitue un moyen de communication universel, permettant d'être joint instantanément ou en différé (messagerie), à tout moment, en tout lieu. Oubliée la niche d'un téléphone utilisable à partir d'une automobile pour les communications de professionnels aisés ou de décideurs, comme cela était anticipé à l'origine. Comment la réalité a-t-elle dépassé les anticipations ?

Au-delà des effets de la baisse des coûts et des prix, de la miniaturisation des terminaux induits par la numérisation et la standardisation autour du GSM, le succès repose sur une cascade d'innovations techniques ou marketing parmi lesquelles :

- la facturation des appels entrants sur le mobile à l'appelant consiste en une rupture du principe de facturation en vigueur sur nombre de systèmes analogiques (R 2000, AMPS, etc.) qui facturait l'ensemble des appels reçus à l'abonné du radiotéléphone. Ce principe de facturation a permis de bénéficier de l'effet d'externalité positive entre mobile et fixe en diluant le surcoût du radiotéléphone sur un plus grand nombre d'abonnés au lieu de le concentrer sur les seuls abonnés au radiotéléphone ;

- la subvention du terminal activée au départ par des distributeurs (les SCS en France) a conduit à abaisser le coût d'acquisition du service pour l'abonné. Il s'agit d'une pratique classique où l'accès est subventionné pour accélérer le nombre d'abonnés sur les réseaux (mécanisme dont l'archétype en France est fourni par le Minitel) ;

- la tarification forfaitaire, lancée par Orange au Royaume-Uni pour pallier un défaut de couverture initiale par un prix attractif, avec un tarif non directement comparable à celui des opérateurs en place qui s'en tenaient à une tarification binomiale (abonnement + communication). Ce menu tarifaire rassure le consommateur sur le contrôle de la facture mobile et permet de mieux discriminer les abonnés en fonction de leur propension à consommer et dépenser (discrimination de deuxième degré) ;

- la tarification indépendante de la distance : le mobile s'affranchit réellement de sa position dans l'espace. Ce principe repris dans tous les pays, quelles que soient leur surface ou la densité de population, accentue la caractéristique d'universalité du mobile ;

- le prépayé, lancé en Italie pour minimiser les impayés, facilite les paiements en liquide tout en garantissant l'anonymat du payeur. Ce mode de paiement permet encore mieux le contrôle de la facture et contribue à la diffusion du mobile dans de nombreuses strates de population (adolescents notamment) ;

- les SMS (*Short Message Services* ou radio-messagerie) qui deviennent un relais de croissance et réintroduisent incidemment les services de radio-messagerie, qui ont été cannibalisés par le GSM et marginalisés.

De nombreuses autres innovations pourraient être citées. Certaines n'ont pas encore connu un succès paneuropéen, attestant de particularismes nationaux des marchés : citons le financement des communications par la publicité (Suède), les offres couplées fixe-mobile (Danemark et Belgique), la tarification de groupes fermés d'utilisateurs pour les ménages (Finlande), etc.

On constate que les innovations ont vu le jour aux quatre coins de l'Europe. La créativité des opérateurs est la conséquence de leur diversité et de leur nombre, au sein de l'espace européen. La diffusion des innovations à l'ensemble du continent est à mettre au crédit de la normalisation GSM. Toute innovation introduite par un opérateur sur son marché peut être imitée par ses concurrents directs, dès lors qu'elle recèle un potentiel pour être ensuite adoptée dans d'autres pays par des opérateurs non directement concurrents mais à l'affût de tout facteur créant des avantages sur leurs marchés nationaux.

Le consommateur a bénéficié de cette dynamique qui s'exerçait selon la séquence suivante : différenciation des offres par innovation à diffusion inter-opérateurs et inter-marchés nationaux de l'innovation par imitation à homogénéisation des services, qui induit la concurrence en prix pour maintenir ou accroître les parts de marché à diffusion des mobiles à l'ensemble de la population.

Ce mécanisme se prolongera-t-il dans l'UMTS ? Le jeu est plus complexe. D'une part, le nombre d'opérateurs risque de se réduire, donc les effets positifs de la multiplicité des opérateurs sur l'innovation peuvent diminuer. D'autre part, les services enrichis, cœur du métier de l'UMTS, échappent à la normalisation, donc la diffusion de l'innovation inter-opérateurs et inter-marchés nationaux risque d'être freinée.

3.2. Services UMTS

Quelle issue au jeu de la coopération-concurrence entre opérateurs de réseau, opérateurs de services, fournisseurs de contenu sur un marché à fort potentiel de différenciation ?

L'UMTS doit devenir l'occasion de coupler l'usage de l'Internet et, plus généralement, des services de transmission de données et d'images, avec l'usage des mobiles dédiés aujourd'hui principalement à la voix.

S'agissant des communications interpersonnelles (téléphone, mail, visiophonie, messageries vocales ou multimédia, etc.), l'externalité positive de réseaux restera déterminante pour la dynamique du marché. La valeur de ces services dépend du nombre d'abonnés connectables entre eux. Dans tous les cas, une interconnexion et une interopérabilité des services est nécessaire pour offrir un service utile aux abonnés.

L'absence d'interopérabilité des services ne porte guère à conséquence lorsque le service se cantonne à la voix. Les désagréments supportés pour ne pas accéder à sa messagerie vocale à l'étranger sont amplement compensés par le fait que le service de téléphonie reste assuré. En revanche, dans un monde de services de données, l'absence d'interopérabilité devient un frein tout autant qu'un enjeu concurrentiel. Les impossibilités d'utilisation du service se démultiplient, y compris sur le marché national. Par exemple, la visiophonie implique le recours à un codage de l'image captée à la source. Rien n'oblige un opérateur à utiliser un système particulier, voire propriétaire de codage, de telle sorte que l'image émise par l'un de ses abonnés ne puisse être décodée en réception par les abonnés d'un autre opérateur. Les effets d'externalités positives sont donc rompus. Il faut alors compter sur une coopération entre opérateurs. Le jeu de coopération semble assimilable, en l'espèce, à un dilemme du prisonnier : grand est donc le risque que la coopération n'émerge pas spontanément.

Deux types de flux doivent être distingués les flux mobiles-mobiles, les flux de trafic mobiles-fixes. Dans le premier cas, seuls des accords entre opérateurs mobiles sont nécessaires pour assurer la normalisation et l'interopérabilité des services entre opérateurs, afin de bénéficier au mieux des effets d'externalités positives de réseau. Le cas des SMS est à cet égard exemplaire : l'explosion récente du trafic observée un peu partout en Europe démontre l'impérieuse nécessité de la coopération entre opérateurs pour bénéficier de ces nouveaux services de communication. Mais on no-

tera que le SMS est inscrit dans la norme GSM de telle sorte que tous les terminaux peuvent offrir cette fonctionnalité inter-opérable avec les plates-formes de service de tout opérateur GSM. Si, pour un observateur non averti, le décollage du SMS peut faire figure de premier pas vers le développement de la messagerie mobile⁴, ce type de système se situe très loin, sur les plans technique, de l'organisation de l'industrie et du marché de l'émergence d'un système de *mail* unifié et généralisé, permettant de recevoir sur un terminal mobile des messages enrichis destinés initialement à un ordinateur. Il suffit de considérer la question des pièces jointes activées par des logiciels, dont rien ne permet d'assurer qu'ils seront mis en œuvre sur des terminaux portables. Les opérateurs et les équipementiers tentent de spécifier des normes précises pour l'utilisation de services *data* accessibles dans tous les terminaux.

Dans le cas des flux fixes-mobiles, ce type de question de l'interopérabilité se pose avec plus d'acuité. Les messages peuvent certes circuler indifféremment sur les réseaux des opérateurs mobiles ou fixes, le protocole Internet et les langages type XML permettent cette interopérabilité. Mais il convient aussi de disposer des terminaux et des fonctionnalités associées qui permettent d'émettre ou de lire les messages à destination des postes fixes, c'est-à-dire, pour l'essentiel, des micro-ordinateurs disposant, pour plus de 90 % du parc installé dans le monde, d'un système d'exploitation Microsoft. Sur ce point les effets de parc de terminaux Internet déjà installés sur les réseaux fixes risquent d'être déterminants dans la sélection des « bons » services par les consommateurs⁵.

En effet, tout consommateur choisira de préférence des systèmes permettant de retrouver sur le mobile, les logiciels et interfaces utilisées, souvent depuis plusieurs années, sur les terminaux fixes. Les fournisseurs d'accès Internet (FAI) ne resteront pas neutres vis-à-vis du développement de l'Internet mobile. Ils chercheront à étendre leurs activités sur postes fixes aux mobiles, en concurrence avec les plates-formes de service des opérateurs.

Un accès aux réseaux mobiles transparent, non discriminatoire et à des prix orientés vers les coûts constituera l'un des éléments essentiels de la négociation entre opérateurs et FAI, surtout si les premiers s'intègrent, ce qui pourrait être le cas, sur le métier de fournisseur d'accès Internet pour

4. Certains voient dans le décollage du marché du SMS un signe avant-coureur du succès à venir de la 3G. On peut interpréter ce phénomène comme le rattrapage de l'Europe en matière de *paging*, dont la consommation restait très en retrait par rapport à celle observée aux États-Unis ou en Asie. La radio-messagerie numérique européenne (ERMES) a été un échec, le marché ayant été cannibalisé par la croissance fulgurante du GSM. Mais, comme les messages courts de texte restent moins coûteux à acheminer que la voix et présentent des fonctionnalités de celles de la voix, il semble logique que ce type de services se développent.

5. Par référence au mot de P. David selon lequel : « une technologie n'est pas choisie parce qu'elle est bonne, une technologie est bonne parce qu'elle est choisie ».

maximiser la valeur créée par leurs investissements en infrastructures. L'acquisition des abonnés aux nouveaux services Internet par des terminaux mobiles spécifiques plus ou moins subventionnés et, en conséquence, plus ou moins fermés aux concurrents, constituera le deuxième point critique de la confrontation entre opérateurs de réseaux mobiles et opérateurs de services Internet fixes.

Sur ce point, Microsoft et l'ensemble de l'industrie qui l'accompagne, bon gré mal gré, dans sa conquête des marchés disposent d'atouts certains. Par exemple, les « Pocket PC » pourraient devenir la norme des organisateurs au détriment des Palm et autre Psion et le parc initial de terminaux *data* mobiles risque d'être, à l'instar de ce qui fût observé dans l'Internet fixe, dans la mouvance d'un acteur puissant et intégré, qui a réussi à s'imposer sur le marché des navigateurs, dorénavant sur celui des *players* (lecteurs multimédia). Les tentations de captation de la valeur ajoutée sur les plates-formes de service, (cf. la stratégie «.net») ou la captation des abonnés (cf. MSN) sont fortes pour un tel acteur. La capacité des opérateurs mobiles à vendre de la valeur ajoutée sur leurs plates-formes de service sera contrainte, voire limitée, par la puissance des acteurs dans le monde de l'informatique communicante et de l'Internet. Toutes ces problématiques n'existaient pas dans le monde de la 2G.

Les mêmes remarques peuvent être transposées aux services de consultation ou de diffusion avec des acteurs différents mais puissants, en termes d'intégration des terminaux et des services (Sony, Nitendo, etc.), de contrôle d'abonnés sur des plates-formes spécifiques (Aol-Time Warner par exemple), de détention de catalogues de droit incontournables pour assurer le succès des services (Vivendi-Universal, Bertelsman, Disney, etc.).

Les conflits entre opérateurs et prestataires de services auquel a donné lieu le WAP prouvent que le développement des services de la 3G dépendra de cette articulation entre trois univers complémentaires et concurrents : les opérateurs, les plates-formes, les fournisseurs de contenu.

Au-delà de l'instauration de mécanismes de coordination, sous l'égide ou non d'autorités réglementaires, le marché des services sera, en tout état de cause, un marché de différenciation. Les effets de différenciation horizontale et verticale seront nécessairement structurants entre les acteurs qui auront pu s'y introduire et pérenniser leur position. Pour les opérateurs, détenteurs des licences, l'enjeu consiste à ne pas se voir cantonner au rôle de fournisseur de bande passante et à pénétrer le marché de l'accès et des services Internet, déjà saturé, en créant des avantages concurrentiels durables liés à la mobilité et la portabilité du terminal. La voie semble étroite : la fonction de localisation spatiale des terminaux, spécificité propre au mobile, fournit un avantage de poids face aux acteurs de l'Internet fixe.

4. Scénarios de structure de marché

Il est possible en conclusion d'esquisser des scénarios de structures du marché.

4.1. Scénario de séparation structurelle forte entre réseaux et services

Dans ce scénario, les opérateurs (détenteurs des licences) minimisent la valeur ajoutée et sont positionnés comme vendeurs de bande passante. La logique de guerre des prix active inévitablement la réduction du nombre d'opérateurs et la concentration s'accroît drastiquement au niveau européen, voire mondial. Le phénomène de concentration est si puissant qu'il s'accompagne de la réduction du nombre d'opérateurs en concurrence sur une zone donnée (réduction du nombre de licences actives mais conservation des bandes allouées). Les prestataires de services, MVNO, FAI, ASP, fournisseurs de contenus, se positionnent comme les réels interlocuteurs auprès des clients finals, entreprises et ménages. Les terminaux sont achetés sur étagère ou fournis par les prestataires avec ou sans subvention. Le marché des prestataires de service sera alors fragmenté en multiples sous-marchés de services, sur lesquels certains prestataires seront en position très forte, voire dominante au niveau mondial, tandis que, sur d'autres sous-marchés, les prestataires seront nombreux et dispersés ; enfin, des sous-marchés de niche émergeront là où des prestataires de petite taille en termes absolus auront su valoriser et pérenniser un savoir-faire ou des contenus spécifiques, au point parfois de disposer d'une position dominante sur leur créneau.

4.2. Scénario d'intégration structurelle forte entre réseaux et services

Dans ce scénario, les opérateurs ont su conserver ou maîtriser l'intégration entre infrastructures et services, notamment en ayant su normalisé les accès aux terminaux mobiles : la norme fonctionnant comme une barrière à l'entrée des acteurs de l'Internet. Le rythme de concentration est moins fort que dans le scénario précédent. Certains opérateurs mobiles puissants émergent et peuvent alors jouer sur les effets de taille, au niveau paneuropéen ou mondial, en disposant de parcs d'abonnés significatifs. Ces opérateurs devront nécessairement s'interconnecter ou, plutôt, s'interfacer avec les opérateurs mobiles de moindre taille, pour assurer une certaine interopérabilité de leurs services (obligation réglementaire). De petits opérateurs, nationaux ou présents sur quelques pays ou sur quelques niches, peuvent exister dans ce scénario, à condition d'avoir su profiler correctement leurs offres de services par rapport à certains segments de clientèle, moins regardants sur les prix (absence d'économies d'échelle) mais plus exigeants sur la spécificité, la particularité ou la qualité des services (hors couverture internationale).

Nous laissons le soin au lecteur d'attribuer une probabilité de réalisation de ces scénarios ou d'en imaginer d'autres. Après quinze années d'ouverture à la concurrence dans les télécommunications, l'avenir n'a jamais paru aussi incertain. Cette incertitude croissante est porteuse de toutes les peurs mais aussi de tous les espoirs. En tout état de cause, ce secteur d'activité restera, pour longtemps, passionnant et fascinant aussi bien pour les chercheurs que pour les entrepreneurs *schumpeteriens*.

Complément I

Consolidation de l'oligopole européen des télécommunications

Patrice Geoffron

Université Paris 13, CEPN-CNRS

Gérard Pogorel

ENST

Nous esquissons ici un schéma d'interprétation dynamique des événements politiques et de marché liés à la troisième génération de téléphonie mobile. On y trouvera indiquées quelques pistes concernant les interactions entre la demande de services de communication, l'offre de contenu, les stratégies des opérateurs et des équipementiers et l'action des pouvoirs publics. Le premier élément analysé est la « gouvernance » européenne, telle qu'elle s'est appliquée à l'UMTS.

1. La procédure européenne d'allocation des fréquences UMTS ou comment briser le cercle vertueux du GSM

Les États membres de l'Union européenne ont alloué leurs licences UMTS à partir du début de l'année 2000. Cette procédure a revêtu une forme inattendue à deux égards. D'une part, les firmes en concurrence sur plusieurs marchés européens ont dû acquitter des sommes élevées (8 milliards d'euros pour accéder à la 3G sur le marché allemand), alors que le spectre avait été cédé de façon pratiquement gratuite pour la deuxième génération du GSM. D'autre part, les États membres ont pu déterminer indépendamment, avec des résultats antinomiques, les modalités d'allocation du spectre. Cette dernière appartient, en effet, à leurs prérogatives mais c'est manifestement en contradiction en l'espèce avec un axe fondamental de la cons-

truction européenne, la création d'un marché unique. La poursuite par certains États membres d'une démarche de maximisation de la valeur marchande du spectre, alors que d'autres l'attribuaient gratuitement ou à bas prix, a constitué un frein à l'intégration du marché des télécommunications. Ont été aussi introduits des écarts importants d'accès des opérateurs à une ressource rare, dans les espaces nationaux, écarts qui pourront se traduire en distorsions dans l'accès des citoyens européens aux services UMTS. Une répartition inégale suivant les États membres des recettes et des coûts de l'UMTS en est résultée. Des signaux incohérents ont été envoyés aux marchés : comment concevoir que ce qui est gratuit dans un pays puisse valoir des milliards d'euros sur un autre ? Les interrogations générées n'ont évidemment fait qu'ajouter aux doutes ambiants concernant la portée des technologies d'information et de communication et accentuer les effets dépressifs du dégonflement de la bulle *high-tech*.

Ce défaut de coordination entre les États membres – ainsi qu'entre eux et la Commission – constitue un criant paradoxe, alors qu'étaient dans le même temps réaffirmés les objectifs européens concernant la Société de l'information, dans la déclaration du 23 mars 2000 à Lisbonne, pour l'avènement d'une *e-Europe*. Il aura fallu précisément un an après cette déclaration, pour que les autorités européennes tentent de revenir au pragmatisme en plaçant à l'ordre du jour du sommet de Stockholm du 23 mars 2001¹ ce dérapage de l'allocation des fréquences UMTS. Entre ces deux sommets, le développement de l'UMTS s'est révélé à tous comme un projet industriel plus incertain techniquement et commercialement et à plus long terme qu'initialement envisagé. Il apparaît aujourd'hui qu'il n'aurait pas fallu permettre de préempter une valeur – que ce soit par les États ou par les actionnaires – qui ne sera créée que dans cinq ou dix ans. Le prélèvement de sommes importantes et préalablement fixées par les États n'est dans ce contexte qu'un transfert de la dette publique vers des acteurs privés qui fragilise les projets industriels portés par ces derniers. Le calcul économique public a été d'autant plus défaillant que les redevances élevées n'ont fait qu'accroître mécaniquement la chute drastique des cours en bourse des opérateurs historiques, touchant en premier lieu les actionnaires principaux, soit en Allemagne comme en France, l'État lui-même. Si la France a, à l'automne 2001, pris acte de ces difficultés en révisant les conditions d'attribution (baisse sensible de la part fixe de la redevance et adjonction d'une taxe de 1 % sur le chiffre d'affaires), cette décision n'a pas encore trouvé d'échos chez ses grands voisins.

Cette série d'actes manqués est préjudiciable car la transition 2G-3G ne trouve son sens économique que dans une plus large intégration entre les marchés nationaux. Contrairement au GSM, le développement de l'UMTS ne s'opérera pas de manière satisfaisante sur une base nationale. Les pays scandinaves ont, par exemple, été pionniers sur la 2G parce qu'il s'agissait « seulement » de donner de la mobilité au transport de la voix, service de

1. Commission of the European Communities (2001) : *The Introduction of Third Generation Mobile Communications in the European Union: State of Play and the Way Forward*, 20 mars.

base de l'industrie des télécommunications. Certains nouveaux services plus spécifiques sont ensuite venus s'ajouter (comme les SMS), mais de façon non déterminante pour expliquer la pénétration de la 2G. Pour la 3G, la donne est sensiblement différente, puisque les services sont à inventer. L'utilité retirée par les utilisateurs pour certains des services techniquement envisageables – comme la visiophonie – sera proportionnelle au nombre d'abonnés (dans une configuration de rendements croissants d'adoption). D'autres services – diffusion de produits musicaux ou de vidéos – seront sans doute d'emblée développés avec comme marché pertinent l'Europe entière. L'interdépendance des marchés nationaux est ainsi toute autre que celle observée sur la 2G : aucun pays européen ne pourra être un îlot isolé de succès de l'UMTS.

Cette interdépendance a été accrue par la redéfinition des frontières capitalistiques des opérateurs. La 2G avait avant tout été affaire d'opérateurs nationaux, avec une prime aux monopoles historiques. Dans le cas de la 3G, la pénétration croisée des frontières crée une profonde imbrication de l'oligopole européen de la téléphonie mobile, qui fait de l'UMTS une préoccupation nécessairement commune.

Dans la réflexion qui suit, nous prenons acte de cette interdépendance des espaces nationaux et nous examinons la structuration de l'industrie européenne des télécommunications. Notre hypothèse est que la consolidation de cet oligopole et la concurrence en son sein sont des facteurs déterminants pour envisager la transmission dans l'Union du « choc » induit par la gestion chaotique de la phase d'allocation du spectre.

2. La recomposition du secteur des télécommunications en un oligopole paneuropéen...

Contrairement à la 2G où l'offre s'est largement structurée autour de firmes locales, l'attribution des licences 3G en Europe a vu l'accélération de la constitution d'un oligopole européen des télécommunications. L'UMTS redéfinit en effet à la fois le marché pertinent de la téléphonie mobile et la taille critique des firmes. La ponction opérée par les États sur les marchés anglais et allemand, combinée aux coûts d'installation des réseaux, a amorcé une force centrifuge parmi les opérateurs européens en induisant des barrières à l'entrée très élevées (au moins pour faire partie du noyau de l'oligopole). Cela conduit à redessiner les frontières capitalistiques par des opérations de fusion ou d'acquisition, dans un processus de consolidation qui ne fait que s'accélérer. Ces opérations sont partiellement recensées, pour l'année 2000, dans le tableau suivant.

Les firmes européennes jusqu'alors présentes sur le marché GSM poursuivent deux types d'objectifs.

- Pour les firmes dominantes sur l'offre de services 2G, il s'agit d'intégrer le noyau de l'oligopole par une stratégie d'acquisitions ou d'alliances

permettant d'accéder à l'UMTS sur plusieurs des grands marchés européens ; Vodafone, France Télécom, Deutsche Telekom ou bien encore Telefonica entrent dans cette catégorie. Il s'agit également de s'assurer pour l'avenir de la disponibilité de fréquences nécessaires pour remédier à la saturation déjà perceptible dans les zones à forte densité.

- Pour les firmes dont les parts de marché sont plus faibles, il s'agit de préserver une présence sur leur marché national dans la transition en obtenant une licence 3G et, éventuellement, de prolonger une offre de téléphonie mobile sans licence. Telia, opérateur historique suédois qui a échoué au *beauty contest* local s'est, par exemple, allié avec l'un de ses concurrents pour investir le marché 3G.

Principales opérations d'acquisition dans la téléphonie mobile en 2000

	Acquéreur	Cible	Montant (milliards)
3 février	Vodafone <i>Royaume-Uni</i>	Mannesmann <i>Allemagne</i>	171 (100 %)
24 mars	France Télécom <i>France</i>	MobilCom <i>Allemagne</i>	3,7 (28,5 %)
14 avril	British Telecom <i>Royaume-Uni</i>	Terfort <i>Pays-Bas</i>	1,9 (50 %)
10 mai	NTT DoCoMo <i>Japon</i>	KPN Mobil <i>Pays-Bas</i>	4 (15 %)
30 mai	France Télécom <i>France</i>	Orange <i>Royaume-Uni</i>	49,8 (100 %)
13 juin	Telenor <i>Norvège</i>	Sonofon <i>Danemark</i>	1,8 (53,5 %)
23 juin	Telia <i>Suède</i>	Netcom <i>Norvège</i>	1,4 (51 %)
15 juillet	Vodafone <i>Royaume-Uni</i>	Airtel <i>Espagne</i>	11,1 (43,5 %)
18 août	British Telecom <i>Royaume-Uni</i>	Viag Interkom <i>Allemagne</i>	7,3 (45 %)
8 novembre	Orange <i>France</i>	Orange Communications <i>Suisse</i>	1,1 (45 %)
22 novembre	Vodafone <i>Royaume-Uni</i>	Swisscom Mobile <i>Suisse</i>	2,8 (25 %)

Source : Entreprises.

L'oligopole n'est pas stabilisé, de sorte que l'on devrait observer d'autres absorptions d'éléments de la frange par le noyau (ou des alliances), au fil de l'attribution des dernières licences européennes 3G... ou de prochaines défaillances d'opérateurs, incapables de porter celles dont ils ont fait l'acquisition. Le degré de concentration final de l'oligopole est difficile à déterminer

à ce stade. Par exemple, Forrester (2001) décrit des marchés nationaux où l'évolution des consommations autorise seulement deux ou trois acteurs viables, consolidés en cinq groupes issus des opérateurs dominants dans la 2G (sans place donc pour de nouveaux entrants).

Quoi qu'il en soit, les limites du noyau se dégagent aujourd'hui assez nettement : Vodafone et France Télécom disposent d'un accès à la plupart des principaux marchés européens. France Télécom, cependant, occupe une place secondaire en Italie et est marginal et menacé en Allemagne. Les autres opérateurs présentent des résultats plus « mitigés ». British Telecom dispose à la fois d'une présence moins étendue que Vodafone et France Telecom, tout en étant souvent minoritaire. Deutsche Telekom ne devrait être présent que dans la moitié des grands marchés, mais aura un contrôle complet de l'exploitant sur deux marchés importants (Allemagne et Royaume-Uni). TIM souffrira d'être absent en Allemagne, au Royaume Uni et en France. Telefonica n'est assuré d'être présent que sur trois des six principaux marchés d'Europe avec, en Allemagne et en Italie, le handicap que ses consortia ne disposent pas de licences et donc de base de clientèle GSM.

Il convient également de prendre en compte les équipementiers qui ont été des principaux *lobbyistes* pour conduire les choix collectifs vers un réseau haut débit selon une norme commune européenne afin de créer un marché d'équipement nouveau. Il apparaît clairement aujourd'hui que cette norme est restée incomplète. Beaucoup dépendra, dans les mois à venir, des compétences mises en œuvre pour les compléter et parvenir à des équipements de réseaux et à des terminaux opérationnels. La situation serait également grandement clarifiée si une idée plus précise était fournie de l'évolution des coûts techniques, en particulier des différents types de terminaux, sur le moyen terme (courbe d'expérience). Par ailleurs, dans le contexte actuel, un effort international de rapprochement des standards serait également de nature à élargir les marchés, permettre d'envisager un allongement des séries. Cela contribuerait également à dégager l'horizon pour les équipementiers et, en raison des liens d'interaction systémique, cela vaudrait pour l'ensemble du marché 3G.

Ces considérations sont évidemment présentes en arrière-plan des actions de l'oligopole restreint des équipementiers mondiaux, mais peut-être pas suffisamment. Par ailleurs, si les opérateurs se sont placés en première ligne en faisant l'acquisition des licences, il est de l'intérêt des équipementiers de les soutenir, notamment par l'octroi de crédits fournisseurs. Ces équipementiers sont donc ramenés, là encore, vers le centre du jeu, en partageant les risques financiers pris par les opérateurs, ce dont leur situation financière se ressent déjà fortement. En outre, la coopération entre opérateurs qui se dessine (en Allemagne particulièrement) pour mutualiser une partie des infrastructures est assurément une nouvelle mitigée pour eux, en réduisant la surface des débouchés un instant espérés.

3. ... dans un contexte d'incertitude radicale

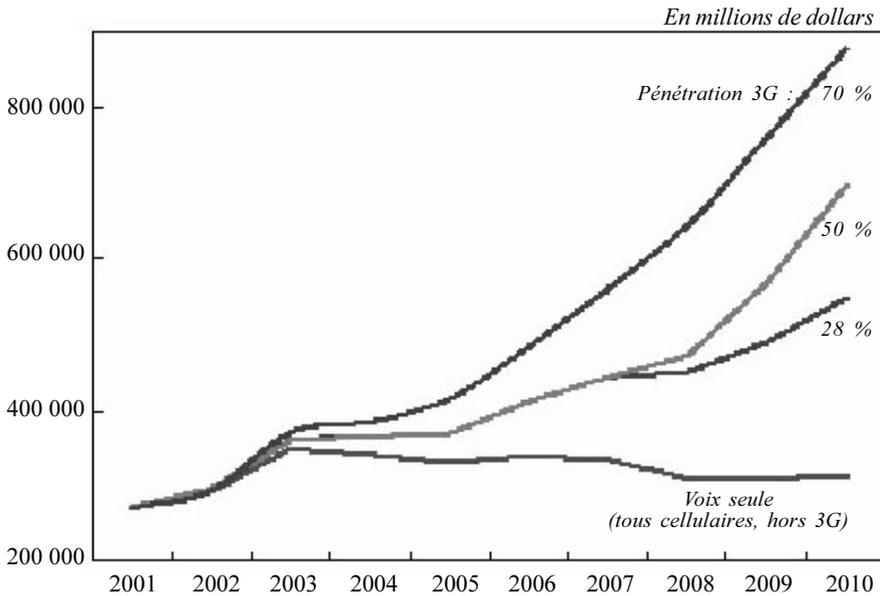
L'amorce de cette recomposition s'opère dans une grande incertitude concernant la nature de ces services 3G, les marchés et leur pénétration. La fourchette des prévisions de marché est très large, ainsi que celle des caractéristiques techniques (débit, logiciels) nécessaires. Les interrogations portent sur les segments de marché porteurs (particuliers, entreprises, communautés virtuelles, réseaux associatifs, etc). Elles portent également sur la dépense par client, extensible ou pas, en fonction du degré de substitution plus ou moins forte avec d'autres postes budgétaires. Le dynamisme de l'offre de contenu intervient également. Quelle est la portée de l'intégration verticale réseau-contenu ? Quel avantage tireront ceux des opérateurs 3G présents également dans les contenus, les médias ? A l'inverse, la neutralité des acteurs absents des contenus leur permettra-t-elle d'attirer et de stimuler une offre multiforme ? Cet avantage s'étendra-t-il à des opérateurs de réseaux virtuels ?

Les détenteurs simultanés de clientèle GSM et de licence 3G ont quelques arguments pour se montrer optimistes (cette posture est indispensable dans le contexte actuel). À l'inverse, les firmes ayant renoncé à se lancer dans cette entreprise et ce, pour des raisons diverses de positionnement stratégique, justifient de façon cohérente leur abstention (éventuellement provisoire) par des perspectives de marché faibles ou plus incertaines en regard des redevances exigées. De plus, pour certaines des entreprises ambitionnant de constituer le cœur de l'oligopole, l'accès aux licences a pris la forme d'une course conduisant à un niveau d'endettement élevé et inattendu. Des entreprises comme France Télécom ou Deutsche Telekom (contrairement à Vodafone) ont vu dans ce contexte leur endettement atteindre ou dépasser 60 milliards d'euros. Cette montée s'est traduite par une dégradation de la notation de ces firmes par les agences de rating et même, par une mise en garde de la Banque centrale européenne sur la concentration des engagements bancaires dans ce domaine d'activité. Il faut noter toutefois que cet endettement, quoique élevé, reste compatible avec leur plan d'affaires, en particulier si l'on tient compte des besoins en fréquences des opérateurs à large part de marché, indépendamment même des technologies à mettre en œuvre pour faire face à ces besoins.

Par ailleurs, si le processus d'attribution de licences n'a pas été coordonné au plan européen, c'est aussi que les acteurs soit ont manqué de consistance, soit n'ont pas su se faire entendre. Cela a produit des chocs quasi-aléatoires sur des opérateurs et les équipementiers aujourd'hui fragilisés et confrontés aux incertitudes relatives au développement technique et commercial de la 3G. Les conséquences de cette situation d'incertitude sont bien repérées dans les théories des marchés des biens de réseau. Comme l'ont montré Katz et Shapiro (1985), les effets de réseau influencent significativement l'adoption et donc la diffusion de technologies nouvelles. En l'espèce, en présence d'externalités de demande, l'utilité retirée par un agent de la souscription d'un service sera fonction du nombre total d'agents

souscripteurs (services vidéo pour la 3G par exemple) ; en présence d'externalités d'offre, la baisse des coûts de production sera liée à des économies d'échelle ou à la mise sur le marché de services complémentaires. Ce sont autant de paramètres délicats à anticiper, mais les signaux faibles, incohérents ou erronés donnés au marché ne font que rendre le développement du marché plus difficile encore.

Revenus mondiaux



Source : Telecompetition Inc., février 2001.

Le flou règne actuellement sur le rythme et le taux de pénétration des services 3G, variables auxquelles les revenus et la rentabilité des opérateurs seront très sensibles, comme en rend compte le graphique². On peut en déduire que les opérateurs qui ont fait l'acquisition de licences coûteuses en Allemagne, en Angleterre ou (initialement) en France ont été moins poussés par des certitudes concernant leur plan d'affaires que par un calcul stratégique à long terme. Quand le marché, les services, la dépense des consommateurs, le débit même sont incertains, ainsi que l'horizon auquel les offres commerciales seront disponibles, il est manifeste que les opérateurs acquittent le ticket permettant de rester sur le marché – au cœur de l'oligopole –, décision éminemment stratégique, passant avant l'existence de repères précis sur la rentabilité de leurs investissements.

2. Sur la question de la sensibilité des opérateurs au taux de pénétration, voir Benzoni et Geoffron (2000).

4. La concurrence au sein de l'oligopole déterminera l'absorption du choc

La dynamique de oligopole européen des télécommunications pourrait basculer vers deux formes d'organisation « concurrentielle » contradictoires :

- primo, une concurrence pacifiée (voire collusive). Certains marchés s'ouvriront avec un nombre réduit d'opérateurs (deux en France dans une première phase) ou, sur d'autres (Suède, Allemagne), des opérateurs seront conduits à une coopération sur le partage des coûts d'investissement ;
- secundo, une guerre des prix. Le niveau très élevé des licences requiert la détention de parts de marché importantes pour valoriser des économies d'échelle et rentabiliser un investissement initial global énorme (réseau, commercialisation, licence).

Le rapport entre ces deux forces est essentiel car – si on met à part les incertitudes technologiques qui subsistent – il devrait déterminer la transmission du « choc » UMTS. Autrement dit, selon la nature de la concurrence, le prix élevé des investissements et des licences pourrait se répercuter au travers de trois canaux de diffusion :

- les consommateurs soumis à des prix élevés pour une gamme de services éventuellement restreinte ;
- les opérateurs et équipementiers subissant une dégradation de leur profitabilité ;
- ou bien encore la collectivité, en cas d'échec de l'UMTS, risquant de devoir mobiliser des ressources publiques en faveur du secteur européen des télécommunications.

Un niveau élevé de licences peut avoir une influence sur les prix et la nature des services 3G. Le raisonnement de Gruber (2001) est intéressant : il estime que l'incitation à la collusion des opérateurs est directement corrélée au niveau de prix des licences. Le raisonnement tenu est que, en présence de redevances élevées, la stratégie la plus rationnelle est la collusion en vue de maximiser les profits joints par les opérateurs, stratégie se traduisant par des prix des services plus élevés qu'en situation de concurrence. Cette éventualité trouve une crédibilité dans le contexte d'une concurrence réduite à quelques groupes. Cette analyse s'appuie sur la nature de la concurrence dans le secteur : « *If Bertrand competition were prevailing, then two firms would be enough to establish competitive prices. If Cournot competition were prevailing instead, then the price is a decreasing function of the number of firms. If price were a determinant for market growth, this would increase with the number of firms. Empirical studies on strategic interaction suggest that Cournot competition is a better description of what is actually happening in the mobile telecommunications industrie* » (Gruber, 2001). Les autorités de concurrence ont certes les moyens de lutter contre de telles dérives. Il est clair cependant que dans un oligopole où les points de contacts interviennent sur de multiples marchés nationaux, l'attention et la coordination des autorités

de la concurrence doit être particulièrement aiguë. Cette recherche de rentabilité rapide peut aussi se traduire par le développement de services de niche à forte rentabilité plutôt que de rechercher le développement d'un marché de masse comme dans le GSM : « *High tariffs force operators to focus on high revenue niche markets from which they can quickly recoup high up-front investments such as licence charges. High up-front charges thus discourage operators from taking a long-term view of developing the mass market for UMTS services and inhibit access to such services by a broader segment of the population* » (UMTS Forum, 1998).

Imaginons toutefois que les entreprises n'aient pas la possibilité d'établir une forme de collusion et de reporter mécaniquement sur les consommateurs les conséquences d'un prix élevé des licences. Ce cas de figure n'est pas inenvisageable, dans la mesure où les services qui différencieront la 3G de la 2G sont encore à élaborer et que leur prix risque d'avoir une incidence sur le rythme et le taux de pénétration de la 3G. Autrement dit : imaginons que la concurrence s'organise « à la Bertrand » et non « à la Cournot ». Dans cette éventualité, le niveau élevé des licences se traduirait mécaniquement par une dégradation de la profitabilité des opérateurs et des équipementiers et par une sortie du marché (ou une perte d'indépendance) des firmes les plus fragiles. Compte tenu de la mobilité des actionnaires adossés à des marchés de capitaux liquides, la transmission du choc serait très directe. Par le passé, les firmes de télécommunication organisées autour de coalitions d'actionnaires ou, *a fortiori*, autour d'un actionnaire unique, auraient eu une capacité à résister à la pression des marchés. Dans le contexte actuel, la dégradation de la profitabilité pèserait directement sur le cours des firmes en induisant des menaces rapides sur leur indépendance. La question qui se pose alors est de savoir si les quelques groupes issus de cette dynamique du marché seront, eux, profitables (en valorisant mieux des économies d'échelle et/ou d'envergure que dans la précédente structure de marché).

En effet, on ne peut pas exclure que même une industrie très concentrée soit confrontée à une absence ou à un retard de décollage de la 3G et que soit posée la question, non pas de la profitabilité des firmes, mais de leur pérennité. On doit se souvenir que le secteur a déjà expérimenté des cas de faillites aux États-Unis à l'issue de l'attribution par enchères des licences PCS (*Personal Communications Systems*) en 1995. Cette question est importante en raison du niveau d'endettement des sociétés de télécommunications européennes. Les conditions sont réunies pour que certains attributaires de licences, surtout quand leur nombre atteint et dépasse quatre par marché, soient frappés de la « malédiction du vainqueur ». On voit toutefois aux États-Unis, avec la bataille qui se développe autour des fréquences initialement et imprudemment acquises par Nextwave, aujourd'hui en faillite, que cela n'empêche pas d'autres firmes de convoiter les fréquences en question. À la City, l'argument des besoins futurs en fréquences et de l'avantage compétitif de ceux qui en ont acquis de nouvelles vient conforter la position des détenteurs de licences 3G.

5. De la réversibilité de la charge des licences

L'introduction de l'UMTS en Europe perturbe en profondeur l'organisation du secteur européen des télécommunications : la 3G accélère la concentration, modifie les relations de concurrence et de coopération entre les opérateurs ainsi que les équipementiers, ainsi que les relations entre ces firmes et leurs actionnaire. Notre schéma 1 rend compte de la complexité de ces interdépendances et des paramètres, sur lesquels pèse encore une incertitude radicale.

Mais il nous semble que l'odyssée de l'UMTS est plus encore une étape importante du processus de construction européen, tant elle révèle les limites, sur ce type de dossier, du mode de coordination mis en œuvre par les autorités européennes. Cette expérience nous semble importante, dans cette perspective, et il convient d'en retenir certains enseignements.

- Les attentions ont été trop largement focalisées, avant l'ouverture des procédures d'attribution, sur l'alternative « enchères/soumission » analysée au plan microéconomique. Nous savons maintenant que cette problématique n'était qu'une partie du problème : les Pays-Bas ont délivré des licences à bas prix par enchères, tandis que la France a établi (dans un premier temps) des prix élevés par soumission. L'histoire nous a appris qu'il convenait plutôt de réfléchir au déroulement dans le temps de décisions interdépendantes et la cohérence pour l'Union de cette série de décisions.

- Paradoxalement, au-delà de l'interdépendance des décisions, c'est l'interdépendance des marchés et industries nationaux de l'Union qui a été négligée. Les États membres ont bénéficié d'une grande latitude dans les modalités d'attribution des licences et de marges de manœuvre dans les calendriers. Qu'il y ait eu ou non volonté délibérée de certains d'entre eux de réaliser un *hold-up* budgétaire sans prendre en compte ces interdépendances, les faits sont là : l'Allemagne, la Grande-Bretagne et, à un degré moindre, la France ont cherché à préempter une rente, sans anticiper aucunement les coûts diffus pour l'ensemble de l'Union.

- La réflexion sur les modes d'attribution devrait plutôt porter sur le partage des risques (ou en l'occurrence des incertitudes) au sein de la collectivité : certains États membres ont reporté le risque en totalité sur les firmes (Allemagne, Grande-Bretagne) tandis que d'autres (Finlande, Suède, Espagne) ont préféré taxer l'activité et associer ainsi la collectivité à la prise de risque. C'est dans ce second camp que la France a fini, fort raisonnablement nous semble-t-il, par basculer en octobre 2001.

- Les procédures mises en œuvre ont généralement mal appréhendé la transition 2G-3G. Était-il équitable – d'un point de vue concurrentiel – de faire courir sur la même ligne les opérateurs historiques présents très tôt sur la 2G et les opérateurs privés de la deuxième vague ?

Mais ces éléments de réflexion présentent seulement un intérêt rétrospectif et il convient plutôt de s'interroger sur ce qu'il reste possible de faire.

Les Européens ont mal défini leur « loi » sur l'UMTS, ils doivent donc réviser ses « décrets d'applications ».

- Compte tenu des incertitudes de tous ordres qui pèsent sur l'essor de l'UMTS, il est indispensable d'associer la collectivité à leur prise en charge. De ce point de vue, une redevance lourde, perçue au moment de la cession de la licence et non liée aux résultats commerciaux, est contraire à l'intérêt social. *A contrario*, toute mesure visant à repousser dans le temps les échéances ou à les conditionner à des indicateurs de réussite du projet UMTS nous semble aller dans le bon sens. Si, dans le climat d'euphorie de l'année 2000, il a paru possible de taxer *ex ante* l'UMTS, une taxation *ex post*, ou rattachée aux résultats observés, paraît désormais mieux adaptée.

- Les autorités (nationales, européennes) doivent admettre, avec toute la régulation concurrentielle requise, la consolidation de l'oligopole et, notamment, permettre aux espaces nationaux d'évoluer vers une configuration soutenable de l'offre. Si, toujours dans l'euphorie de l'année 2000, il a semblé que les marchés locaux pouvaient supporter un nombre d'opérateurs correspondant à ceux du GSM + 1, cette projection est aujourd'hui très douteuse. À cet égard, la France a comme atout d'être à la mi-temps de sa procédure d'attribution du spectre et peut encore choisir une structure de marché à trois opérateurs, structure qui a permis précisément le développement du GSM.

Revenons, pour conclure, sur les principes susceptibles de guider l'action des pouvoirs publics en Europe. Il faut considérer qu'en organisant des procédures coûteuses d'attribution des licences UMTS, les pouvoirs publics ont pris un engagement en faveur de leur développement et doivent assumer leur part de responsabilité. Des signaux clairs et univoques en ce sens doivent maintenant être envoyés au marché européen.

- Les États membres et la Commission doivent montrer la voie de l'extension du mobile large bande dans le cadre de leur politique générale d'extension au large bande du service universel.

- Les fonds recueillis à l'occasion de l'attribution des licences doivent pour une part permettre d'indiquer la voie au marché, en encourageant les usages sociaux dans la sphère publique, les écoles, le monde associatif.

- L'expérimentation sur une grande échelle de services de communication mobile ou nomades large bande doit être soutenue, dans le cadre des programmes publics nationaux et communautaires de soutien à la R&D (comme par exemple dans le programme communautaire Société et technologies de l'information du cinquième PCRD).

- Un cadre concurrentiel cohérent doit être offert par les régulateurs au plan européen pour clarifier le contexte des efforts de mutualisation des réseaux.

- En matière de fréquences et de standards, des stratégies à long terme doivent être favorisées au plan international, pour sortir d'une situation d'incohérence, née d'une période « d'exubérance irrationnelle » et entrer dans un processus vital pour l'économie européenne de clarification du marché pour les services de communication futurs.

Références bibliographiques

- Benzoni L. et P. Geoffron (2000) : « L'impact des conditions d'octroi des licences 3G en France sur la concurrence entre les opérateurs », *Tera-consultants*.
- Bohlin E. et G. Pogorel (dir.) (2001) : « Regulation and Market Efficiency », *Communication & Strategy*, Special Issue, Fall.
- Forrester (2001) : *Europe's Mobile Internet Won't Pay for Costly 3G UMTS Deployments*, Report.
- Geoffron P. (2001) : « The Allocation of UMTS Licences in Europe: Industrial and Macro-economic Effects », *Star Issue Report*, IST Research Project.
- Gruber H. (2001) : « Spectrum Limits and Competition in Mobile Markets: The role of Licence Fees », *European Investment Bank*.
- Hommen L. et E. Manninen (2000) : « Three Generation of Mobile Telecommunications Systems and Services: European Standards, 1970 to 2000 », *Third Essy-Meeting*, 1-3 juin.
- Katz M.L. et C. Shapiro (1985) : « On the Licensing of Innovations », *Rand Journal of Economics*, vol. 16 , pp. 504-520.
- Morgan Stanley Dean Witter (2000) : « Telecommunications services: 3G-abid too Far? », *Equity Research Europe*.
- OCDE (2000) : « Prix des communications mobiles cellulaires : structures et tendances », *DSTI/ICCP/TISP*, (99)11.
- UMTS Forum (1998) : « The Impact of Licence Cost Levels on the UMTS Business Case », *Report*, #3.

Complément J

La dynamique de valorisation des entreprises Télécoms

Dominique Namur

Université de Brest, ICI

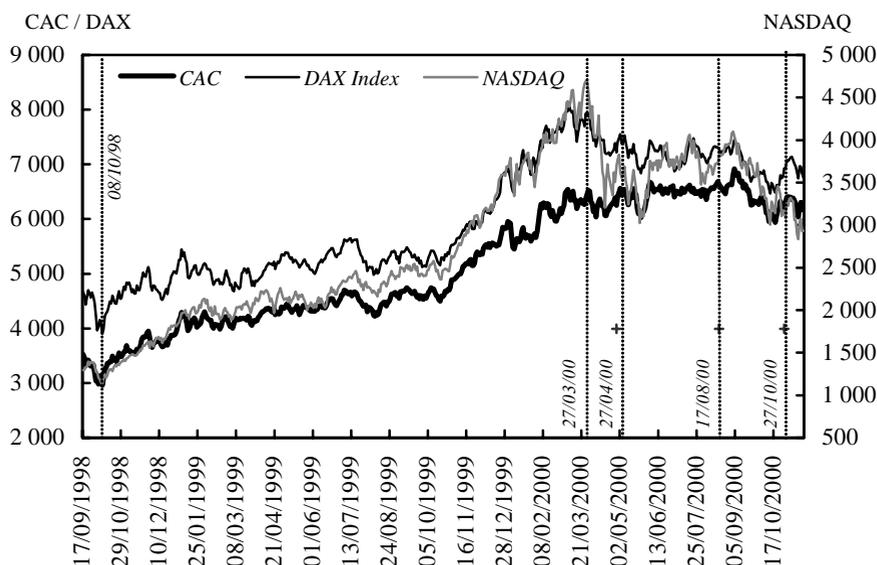
Et si la crise des valeurs technologiques en général et des télécoms en particulier était antérieure à l'attribution des licences en Europe et que celles-ci n'aient été qu'un simple déclencheur ? Et si la valorisation atteinte par les titres des opérateurs et des équipementiers portait déjà en germe un brusque effondrement à l'occasion d'une remise en cause des hypothèses fondatrices de leurs dynamiques de prix ? Et si cette crise résultait d'une collusion en attente d'une plus-value, mais aveugle aux incohérences technologiques, commerciales et financières d'un projet précipité ?

1. Le mythe d'une nouvelle révolution industrielle et la bulle des technologiques

Dans le cas des opérateurs, la cause semblait entendue. Après le succès indéniable du *Global System for Mobile communications* (GSM), l'avènement de la société de l'information ouvrait un *eldorado* à ces entreprises. Certes, il y avait encore quelques incertitudes, comme l'état d'avancement de la technologie de remplacement ou la concrétisation des futurs services et demandes des consommateurs, mais ces interrogations, plus de pure forme que fondamentales, ne remettaient pas en cause le processus unificateur de formation des prix : la convergence des opinions des actionnaires vers une « convention » formelle. Du côté des équipementiers, la demande de leur clientèle entraînerait inéluctablement la croissance expo-

entielle de leur chiffre d'affaires et, par suite, de leur valorisation dans le sillage de celle des opérateurs. Personne ne se posait la question du coût de développement des nouveaux réseaux et de la maîtrise réelle des technologies, au contraire même : les nouvelles architectures seraient l'occasion d'une formidable relance keynésienne pour l'ensemble du secteur, la nouvelle frontière d'une technologie sans cesse conquérante.

1. Indices boursiers en niveau et clôture des enchères



Source : D'après Bloomberg.

Mais il faut élargir le contexte de cette industrie pour percevoir sa signification profonde. Ajoutons la poursuite d'un cycle de croissance exceptionnellement long en Europe et aux États-Unis, la suprématie désormais incontestée du système d'économie capitaliste, la dématérialisation de l'économie et la « mode » des « actifs intangibles », le rêve d'une croissance spontanément écologique, tout un ensemble de valeurs, parfois plus subjectives que concrètes, propres à satisfaire une foi retrouvée en l'avenir. Les télécoms offraient, par excellence, ce passage dans le troisième millénaire, avec la promesse de la conquête incessante du temps et d'une nouvelle organisation sociale autour du télétravail. Dans la bulle de la nouvelle économie, caricaturée par la valorisation boursière sans fin d'Amazon avec des profits comptables inexistants, les télécoms font partie des valeurs les plus sûres : histoires technologique et commerciale anciennes, besoins réels et importants parcs d'utilisateurs, activités rentables, mutations technologiques jusqu'alors

bien maîtrisées, *success stories* (cas de l'accélération formidable de la couverture téléphonique en France dans les années soixante-dix, déploiement du Minitel, GSM en Europe). Les télécoms présentaient finalement tous les avantages pour être le fer de lance de la nouvelle économie. Il est bien sûr envisagé quelques faillites, comme lors de toute phase de croissance exponentielle, justement comme rançon de l'accélération de l'activité par rapport à la disponibilité des ressources financières. Ce processus de « sélection naturelle » conduirait de façon rationnelle à une consolidation sectorielle au profit des plus innovants et simultanément des plus endurants, ceux dont la maîtrise technologique et commerciale s'adosserait à des capacités de trésorerie suffisantes. Une gigantesque consommation initiale de capital par les télécoms était donc parfaitement cohérente avec cette dynamique et même, rassurante : parmi les valeurs de croissance, elles étaient celles dont les réserves devaient être les plus conséquentes.

La manifestation la plus éblouissante de ce climat socio-économique général est la fulgurante percée du NASDAQ, indice phare du « secteur des technologiques », entraînant dans son sillage les indices boursiers continentaux : du 8 octobre 1998 au 27 mars 2000, le NASDAQ progresse de 316,8 % (le CAC de 118 % et le DAX de 102,6 %), puis se stabilise à un niveau légèrement plus faible, comme à la suite de toute prise de bénéfices, pour quelques mois.

Un des éléments essentiels de la dynamique de cette valorisation continue est son caractère auto-entretenu. Personne ne remet en cause les sommets atteints par certaines valeurs qui, au contraire, semblent attirer toujours plus de capitaux boursiers. Après la diversification géographique et l'investissement dans les émergents, la nouvelle étape de la globalisation et de l'exploitation des opportunités d'arbitrage se situe dans le secteur *high-tech* des télécoms. Les besoins de financement pour le développement des nouvelles infrastructures de l'*Universal Mobile Telecommunications System* (UMTS), dont les intervenants sur les marchés boursiers ne savent d'ailleurs pas exactement ce qu'elles recouvrent, apparaît comme la promesse d'une plus-value considérable. Le retour du capital-risque participe à ce regain d'intérêt pour les activités technologiques, en phase avec le cycle de rotation sectorielle régulièrement en œuvre sur les marchés financiers. Les chiffres sont eux-mêmes révélateurs de l'inconscient collectif : les acquisitions de Vodafone (achat de Mannesmann, puis de Airtouch), France Télécom (achat d'Orange) et de Deutsche Telekom (achat de VoiceStream), au début de l'année 2000, se montant respectivement à 175, 58, 43 et 36 milliards d'euros, les capacités des circuits intégrés sont doublées tous les deux ans (« loi » de Moore), les microprocesseurs passent le cap du gigahertz (GHz), l'existence de la génération précédente n'ayant même pas eu le temps d'être assimilée par le grand public. La démocratisation des opérations en bourse avec le fulgurant développement des courtiers en ligne parachève le mouvement : la technologie virtuelle enclenche la finance virtuelle.

2. L'attribution des licences et les premières interrogations

Les enchères britanniques des licences UMTS, qui s'achèvent le 27 avril 2000, constituent le premier coup de semonce. Les prix atteints prouvent, certes, la capacité financière, et donc la confiance justifiée *ex post*, des opérateurs, mais les sommes commencent à s'accumuler. Les opérateurs trouvent cependant des marchés financiers prompts à répondre à leurs sollicitations pour financer, à travers des émissions obligataires, les besoins impressionnants en capital : Vodafone finance ainsi près du tiers du rachat de Mannesmann en février 2000 par une émission obligataire simultanée, étalée sur les mois de février et mars. Comme lors de la conquête de l'Ouest américain par les chemins de fer, les besoins capitalistiques sont toujours croissants, avec la promesse d'une rentabilité prochaine mais régulièrement repoussée au lendemain. Pour un investisseur rationnel, ceci signifie le report dans le temps de son retour sur investissement et, par conséquent, une plus grande exposition au risque ; *in fine*, le taux d'actualisation retenu initialement pour estimer la rentabilité de l'investissement est donc excessivement minoré car il n'intègre pas ce risque supplémentaire. Tout le calcul de l'investisseur rationnel se trouve donc invalidé *ex post*. Certes, cela résulte du caractère fortement innovant de l'UMTS, mais l'histoire est sans appel : les initiateurs des projets ferroviaires de l'Ouest américain ont fait faillite avant d'avoir rentabilisé leurs réseaux. Trois jours après (le 2 mai 2000), les indices décrochent, puis se ressaisissent. Paradoxalement, c'est le succès des enchères allemandes achevées le 17 août 2000, dont la réussite tient surtout au comportement irrationnel des deux compétiteurs dominants, qui va marquer le point haut de cette spéculation sur l'avenir. Les montants successivement atteints par ces deux séries d'enchères vont suffisamment fragiliser les opérateurs pour que les marchés financiers réalisent, après coup, l'ampleur des sommes investies. Les indices restent confiants une quinzaine de jours, puis commencent à glisser. Les opérateurs sont les premiers à marquer un vrai temps d'arrêt après seulement deux mois : la rarefaction de leurs ressources financières conduit à celles des candidats lors des enchères italiennes, qui s'achèvent le 27 octobre 2000 avec seulement cinq candidats pour cinq fréquences. À partir de cette date, les indices vont continuellement diminuer.

Se posent brusquement les questions du produit : l'UMTS, pour qui, pourquoi, comment ? À la suite du coût de ces licences et de l'endettement antérieurement accumulé, les agences de rating révisent à leur tour l'exposition au risque des opérateurs et dégradent leurs notations en moyenne de AA à BBB en deux ans, renchérissant de ce fait le coût des crédits bancaire et obligataire ultérieurs. Simultanément et, probablement, en raison de ces signes précurseurs, une inversion de liquidités s'opère chez les fonds de pension et les fonds communs de placements : les plus values tirées de cette croissance spectaculaire motivent le retrait prudent des investisseurs majeurs du marché, créant un véritable trou d'air. L'assèchement de liquidi-

tés commence à opérer des pressions à la baisse sur les valeurs télécoms, contrecarrées temporairement par une rapide rotation intrasectorielle des rares capitaux restants. Cependant, les ratios d'endettement du secteur des télécoms et le coût élevé du capital qui en découle, associés au manque de liquidités consécutif aux acquisitions, soit de petits opérateurs, soit de licences, commencent à soulever de sérieuses interrogations. Le précédent d'Alcatel qui, en 1998, avait perdu près de 40 % de sa capitalisation boursière en quelques jours, n'est resté en mémoire que des seuls intervenants spécialisés expérimentés. Dans l'esprit de la grande majorité des investisseurs et, encore plus, pour les particuliers, cette prise de conscience ne sera que progressive et servira d'amortisseur à la chute ininterrompue des prix qui s'amorce dès la fin des enchères allemandes.

3. L'inversion progressive des anticipations

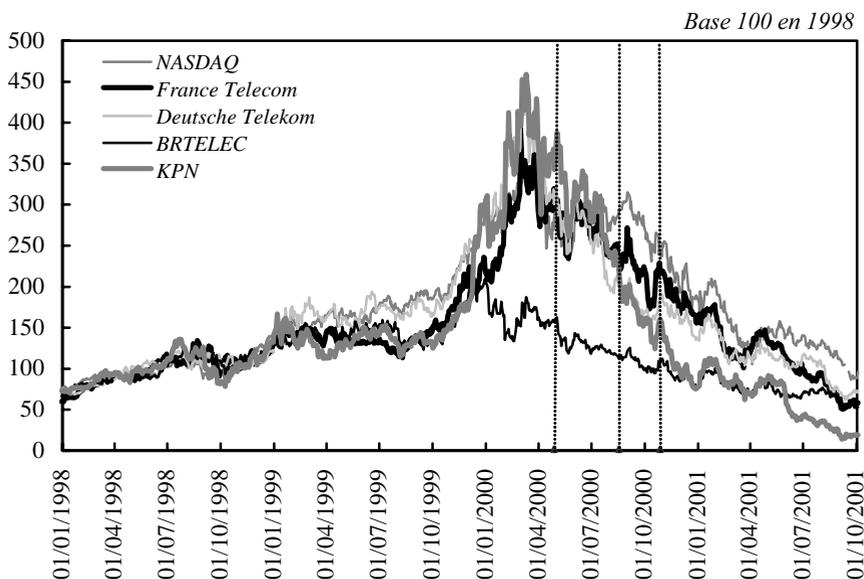
Au même titre que l'inflation ou la déflation, la rapide valorisation de la nouvelle économie et des télécoms, suivie d'une forte correction inverse, apparaît *ex post*, comme un ample mouvement redistributif. Les investisseurs découvrent progressivement que les idéaux qui avaient conduit à un fort volontarisme institutionnel pour le projet UMTS, à savoir la mise en concurrence systématique des opérateurs au bénéfice du consommateur, s'avèreraient probablement plus compatibles avec un gaspillage de capital par redondance de certains équipements, ainsi qu'avec la faillite programmée de plusieurs intervenants des télécoms et, par là, une perte sociale de capital, qu'avec le grand dessein communautaire de l'accès pour tous à la « magique » information. Finalement, le problème était peut être plus en amont, au niveau du prix de services déjà connus (*Asymmetrical Digital Subscriber Line*(ADSL), connexion fixe à Internet infiniment plus développée aux États-Unis) et non de l'intérêt de cette fameuse technologie UMTS, déjà expérimentée dans les laboratoires depuis plusieurs années mais dont la difficulté principale résidait justement dans la mise en œuvre à grande échelle, alors que des technologies alternatives, moins ambitieuses et surtout moins onéreuses (standard 802.11 de l'*Institute of Electrical and Electronic Engineers*), faisaient progressivement leurs preuves. De même, les services qui justifieraient l'UMTS font plus pour l'instant l'objet de projets pilotes (visiophonie, cyber-paiement) que d'une impérative nécessité. Or, seule une demande latente assez puissante permettra d'enclencher une consommation effective suffisante, en dépit d'un prix de vente qui, pour relever les défis technologiques, s'annonce vertigineux et dont la croissance devient, avec l'envolée du prix des licences et des charges d'endettement, explosive. Le doute commence à s'immiscer : après l'interrogation sur le prix de la technologie s'ajoute celle de l'existence d'une demande solvable. L'UMTS est-il finalement le bon choix ?

Le dilemme des marchés financiers et, avant eux, celui des banquiers, devient simple : pour les opérateurs, face aux dépenses sans cesse croissantes, quelles recettes avec quels clients, quelle technologie disponible et, surtout, quand ? Le décalage de trésorerie, qui s'agrandit au fur et à mesure que les recettes des services s'éloignent dans le temps, s'annonce porteur de frais financiers qui pourraient conduire à un service de la dette supérieur au remboursement du capital. Alors que l'endettement s'avérait supportable, éventuellement stratégique, en période de forte croissance, les chocs exogènes (retards technologiques) conduisent à des nouveaux emprunts pour rembourser les anciens et non pour procéder à des investissements de croissance porteurs d'une capacité de remboursement net. Les groupes européens fascinés par la taille critique et l'internationalisation sont les plus exposés à ce « cercle vicieux » d'augmentation continue des emprunts pour rembourser une dette de plus en plus élevée et onéreuse. L'autre voie, fréquemment évoquée, est celle de la cession d'actifs, si péniblement acquis. Mais, dans les deux cas, la dévalorisation boursière semble ample et inéluctable.

4. Des réponses différenciées

Peut être en raison de la confiance excessive fondée sur l'existence d'un marché domestique filaire captif ou de la présence majoritaire de l'État dans leur capital (France Télécom est détenu par l'État français à hauteur de 55,5 et 1,3 % en autocontrôle, alors que Deutsche Telekom – actionnaire de France Télécom à hauteur de 1,8 % est détenu par l'État allemand à hauteur de 31 % directement et de 12 % indirectement à travers la banque KfW), les grands groupes continentaux se sont fortement engagés dans l'UMTS et sont les premiers à payer chèrement cette volonté d'internationalisation. Ceci se manifeste tant au niveau des acquisitions et de la déformation de la structure de leur passif (les endettements de France Télécom et de Deutsche Telekom seraient respectivement de l'ordre de 450 et 425 milliards de francs) que de la brusque sanction qu'exercent les marchés financiers : les cours de France Télécom et de Deutsche Telekom sont divisés par 5 de mars 2000 à fin août 2001. Comparativement, Vodafone, leader mondial de la téléphonie mobile, maîtrise sa croissance et son engagement dans l'UMTS en accordant une attention plus marquée aux technologies intermédiaires comme le *General Packet Radio Service* (GPRS). Implanté sur tous les grands marchés européens (en France, par SFR dont il détient directement 20 et 15 % à travers la holding Groupe Cegetel mais aussi par France Télécom, à hauteur de 10 %), l'opérateur tente d'augmenter une prise de participation déjà significative dans Japan Telecom (45 % de J-Phone), après avoir procédé au récent rachat de 45 % Verizon Wireless, premier opérateur de téléphonie locale aux États-Unis.

2. La capitalisation boursière des opérateurs : ceux qui chutent

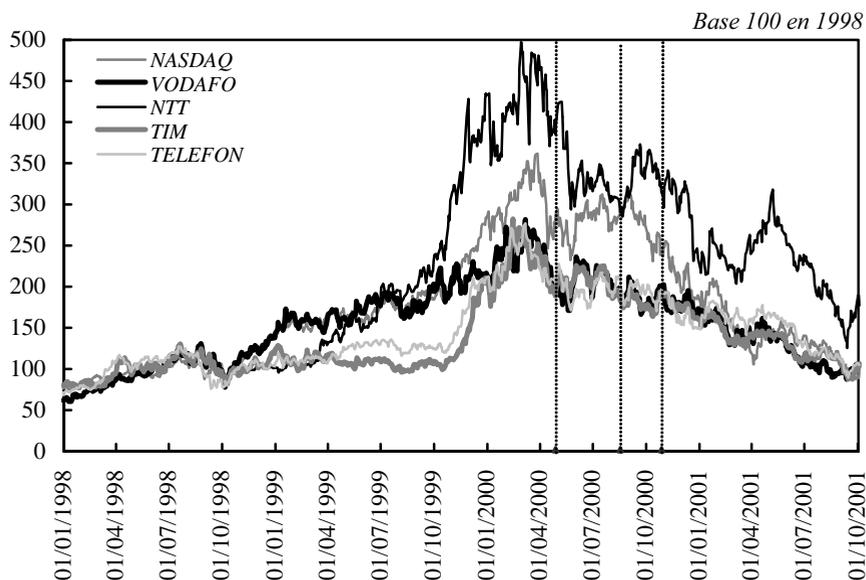


Source : D'après Bloomberg.

Face à l'internationalisation tous azimuts, les autres opérateurs, d'assise financière ou de pouvoir de marché apparemment plus limités, constituent deux sous-groupes. Le premier compte deux opérateurs en probable difficulté : KPN et BT Cellnet. L'opérateur néerlandais KPN, titulaire d'une licence en Allemagne à travers sa filiale E-Plus, cumule les inconvénients : une des licences les plus onéreuses, face à une base domestique et une assise financière restreintes. Alors que l'opérateur était, avec Deutsche Telekom, celui ayant le plus bénéficié de la croissance de la valorisation des opérateurs européens depuis le début de l'année 1999, sa chute devient vertigineuse (cours divisé par 18) et se solde en mai 2000 par une entrée de NTT dans son capital (à hauteur de 15 %, l'État néerlandais conservant plus de 43 % de KPN). BT Cellnet, issu d'un opérateur historique surtout développé dans la téléphonie fixe, doit contenir son concurrent national Vodafone qui, à défaut de base captive dans la téléphonie fixe, est acculé au succès dans le mobile. De ce fait, BT Cellnet n'a jamais pris la place de *leader* sur le marché britannique du mobile et n'a pas connu des sommets de valorisation identiques à ceux de Deutsche Telekom, KPN ou France Télécom début 2000. Si son niveau de valorisation fin 2001 ne s'est proportionnellement pas plus dégradé en moyenne que celui de ces trois groupes, les raisons semblent différentes : si les trois précédents sont pénalisés par un endettement et des frais financiers élevés résultant d'une politique délibérée d'internationalisation, BT Cellnet, légèrement moins endetté, pourrait au contraire pâtir d'une forte dépendance à sa base domestique dans la

téléphonie fixe et de l'âpreté de la concurrence avec son compatriote. La situation est même paradoxale quant à leur position sur le marché français : BT est co-actionnaire de Groupe Cegetel, à hauteur de 26 %, au côté de Vodafone ! Comparativement, l'autre sous-groupe constitué de TIM et Telefonica résiste proportionnellement mieux à l'effondrement des valorisations : la chute de leurs cours reste inférieure ou égale à celle du NASDAQ pour retrouver mi-2001 le niveau de fin 1999. Ceci reflète des structures financières plus saines, contreparties de stratégies plus ciblées : Telefonica est le groupe le plus internationalisé en Amérique latine (Brésil, Chili, Argentine, Pérou, Mexique, Venezuela), évitant soigneusement les coûteuses licences UMTS en Europe, alors que TIM (détenu à 55 % par Telecom Italia) serait le groupe le plus profitable, encore peu internationalisé mais se rapprochant des opérateurs plus modestes, comme KPN (donc indirectement NTT) ou, en France, Bouygues Telecom (dont il détient indirectement près de 11 %, à comparer avec les 53,725 % détenus directement et indirectement par le groupe Bouygues).

3. La capitalisation boursière des opérateurs : ceux qui résistent



Source : D'après Bloomberg.

Stade ultime de la cavale financière de l'UMTS, son champ d'opération devient intercontinental. Dans cette course, NTT, Vodafone et Telefonica semblent les plus engagés ; seul Deutsche Telekom paraît les accompagner dans cette voie en ayant procédé au rachat de 100 % de VoiceStream, le plus grand opérateur GSM aux États-Unis. NTT de son côté semble être l'opérateur qui résiste le mieux à l'effondrement boursier généralisé pour au

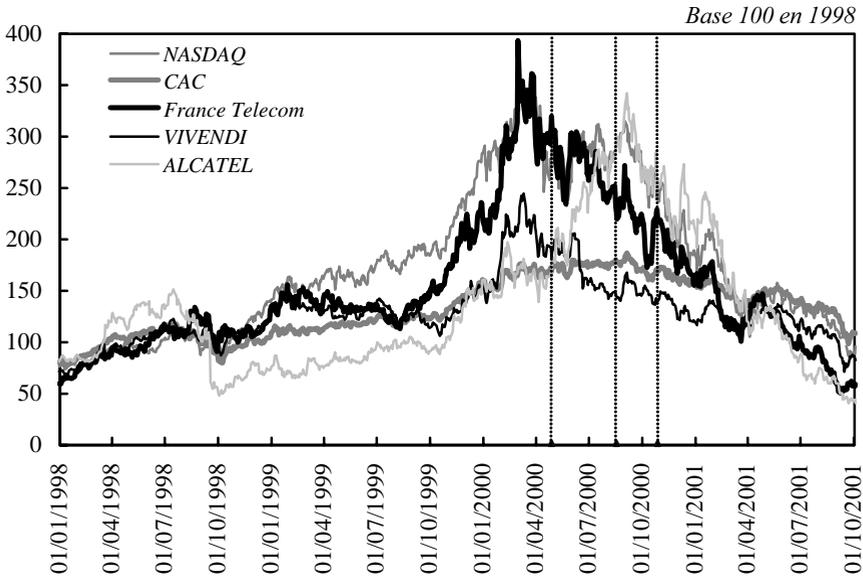
moins deux raisons : d'une part, l'attribution des licences des systèmes UMTS a été gratuite au Japon, libérant de ce fait l'opérateur du fardeau de l'endettement. D'autre part, il s'agit du seul opérateur ayant adopté une stratégie graduelle de passage à l'UMTS, en développant d'abord une large base de clientèle grâce au succès commercial d'une application Internet « bas de gamme » à bas débit (le *i-mode*). Face à l'ambition, parfois idéaliste, des grands programmes européens qui font abstraction des réalités industrielles, commerciales et financières, le pragmatisme japonais, peut être moins visionnaire, fait preuve de son efficacité à long terme.

5. La diffusion sectorielle de l'endettement

Une fois épuisée la capacité de prêts des institutions bancaires et des marchés financiers, les opérateurs ont dû trouver de nouvelles ressources pour financer le découvert de trésorerie que les retards dans la mise en place de l'UMTS engendraient. Le relais était tout trouvé auprès des fournisseurs des opérateurs, c'est à dire les équipementiers. Ceux-ci étaient dépendants de la survie de leurs clients en tant que principal, si ce n'est unique, débouché pour nombre d'entre eux, en particulier les Européens (Nokia, Alcatel, Ericsson), à la différence de la majorité des Japonais (Nec, Sony, Panasonic-Matsushita, Pioneer). Cette pratique est d'ailleurs usuelle dans l'industrie où le crédit fournisseurs finit fréquemment par devenir une source de financement importante, avec toutefois deux restrictions. Certains pays, en particulier la France, sont enclins à abuser du crédit fournisseur, reportant de ce fait les carences de leur système bancaire sur le système productif. La seconde restriction est le niveau anormalement élevé atteint dans l'industrie des télécoms : les équipementiers ont accordé des crédits fournisseurs à leurs clients pour un montant de plus de 150 % de leurs achats. Le tiers des prêts accordés par les équipementiers à leurs clients constituaient donc une avance de trésorerie, totalement indépendante de l'activité régissant les relations entre ces deux types de partenaires. Ce mouvement de substitution des équipementiers aux banques, leur conférant momentanément le statut de valeur refuge dans le secteur des télécoms, est particulièrement visible en France, probablement en raison du fort engagement de l'équipementier national auprès des deux opérateurs licenciés UMTS. Après le premier krach du NASDAQ fin mars 2000, enclenchant le début de la chute des cours de France Télécom et, dans une moindre mesure, de Vivendi (détenant indirectement à travers le *holding* Groupe Cegetel 35,2 % de SFR), le titre Alcatel (avec un flottant de 87,8 % du capital) atteindra au contraire son plus haut, en totale opposition de phase avec ceux des opérateurs, fin septembre 2000, offrant un répit momentané au CAC.

Mais, à l'image d'Alcatel, les équipementiers se sont trouvés à leur tour confrontés à un dilemme difficile, devant accorder des crédits clients pour préserver leurs marchés futurs et, simultanément, pallier le manque d'activité que les retards dans le déploiement de l'UMTS impliquaient dans leurs

4. L'alternance des valorisations opérateurs/équipementiers télécoms en France



Source : D'après Bloomberg.

plans de charge. Cela a déclenché une cascade d'endettement, les équipementiers étant les derniers de la chaîne des télécoms à chercher un refinancement auprès des banques ou des marchés financiers, c'est-à-dire négociant probablement les pires conditions d'octroi : Nortel en était réduit, à mi-juin 2001, à annoncer comme une victoire le renouvellement de ses facilités de crédits bancaires, sans garantie, pour un an. La conséquence directe en est la dégradation de la notation, puis de la valorisation boursière des équipementiers et, donc, une spirale de renchérissement de leurs crédits, dans un climat général d'assèchement progressif du marché et de défiance croissante envers tout le secteur. Alors que le maintien du cours des équipementiers européens et japonais avait permis au NASDAQ de trouver un relais de croissance, en compensation de la dégradation des opérateurs, pour atteindre un second point haut en septembre 2000, les équipementiers sont à leur tour victimes d'une forte dévalorisation. Seront-ils *in fine* les grands perdants de la bulle technologique ? Plusieurs facteurs vont nuancer la sanction des marchés financiers vis-à-vis de ces valeurs.

- Tout d'abord, leur niveau d'engagement auprès des opérateurs : selon les estimations des analystes de marchés, le crédit fournisseur accordé par Nokia représenterait de 2 à 4 % de son chiffre d'affaires, mais s'élèverait de 7 à 8 % pour Ericsson et Alcatel, jusqu'à 27 % pour Lucent. Suite à la dégradation des opérateurs, celle des équipementiers sera d'autant plus importante que leur engagement est élevé : le cas est patent pour Lucent dont

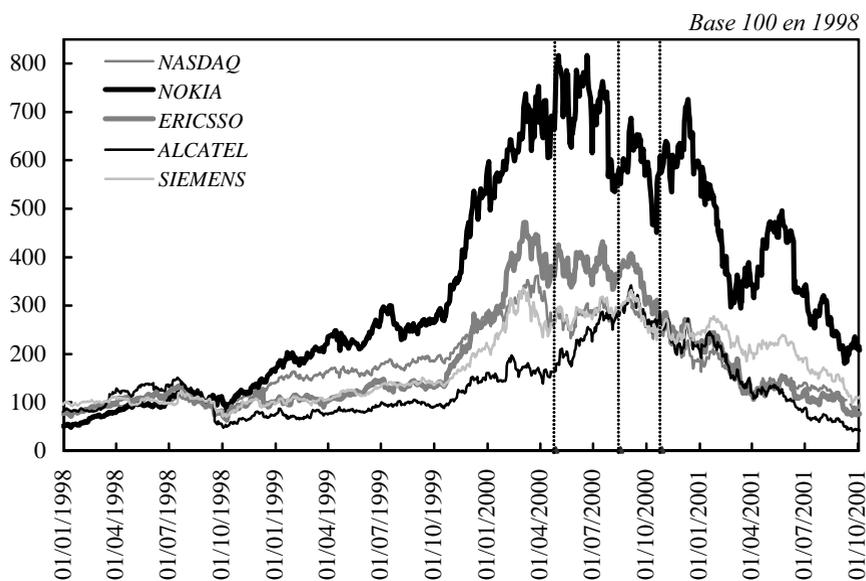
la valorisation représente, fin 2001, moins du quart de sa valorisation moyenne en 1998, c'est à dire avant même l'envolée des cours sur le NASDAQ. Inversement, Nokia est l'équipementier qui a le mieux préservé sa valorisation, réussissant, en dépit de la division par 4 de son cours de mi-2000 à fin 2001, à préserver une partie de la hausse de la valorisation sur moyen terme puisque celle-ci aura finalement doublé en trois ans (de 1998 à fin 2001).

- Ensuite, leur sensibilité au niveau atteint des enchères UMTS en Europe, à travers la diversification géographique de leur clientèle. Alcatel, très centré sur une clientèle française, accuse, même avec retard, le coup d'arrêt de France Télécom et, dans une moindre mesure, de Vivendi. À l'opposé, les équipementiers japonais, auparavant handicapés par une norme domestique 2G spécifique, bénéficient de la gratuité des licences UMTS et du succès de l'Internet bas débit au Japon qui assurent une aisance financière à leurs clients privilégiés. Les équipementiers scandinaves sont dans une situation intermédiaire : la diversification géographique de leur clientèle sur toute l'Europe leur permet de compenser le handicap des charges d'endettement des opérateurs continentaux par la gratuité des licences UMTS des opérateurs scandinaves.

- La concurrence des connexions à haut débit par réseaux câblés. Très nette aux États-Unis, elle est encore quasi-inexistante en Europe, à l'exception timide des petits pays (Belgique, Pays-Bas, Autriche, Danemark). Supérieures (20 à 25 fois plus rapide qu'un *modem* téléphonique) et bien moins coûteuses (moins de 50 %), les performances du câble constituent une réelle menace à terme de surcapacité pour les débouchés multimédia des opérateurs télécoms et donc de leurs fournisseurs, ce dont ont déjà pâti Lucent, Motorola et les opérateurs.

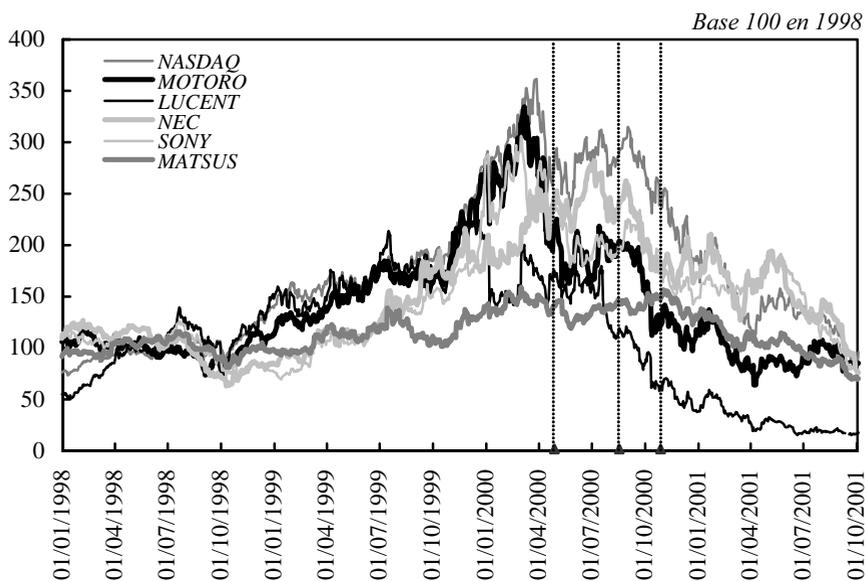
- Enfin, le degré de spécialisation dans le secteur de la téléphonie. Deux effets complémentaires se combinent : une diversification importante dans d'autres secteurs, après avoir représenté une inertie à la forte et rapide valorisation, amortit désormais l'effondrement des perspectives de rentabilité de l'activité télécoms. Siemens apparaît le groupe européen le mieux diversifié et le plus abrité en cas de retournement complet de conjoncture, alors que sa valorisation n'a pas atteint celle des équipementiers européens plus spécialisés. Les groupes japonais présentent un profil similaire à celui de Siemens : une croissance de la valorisation inférieure à celle du NASDAQ, puis une moindre chute à partir de la mi-2000, grâce à la diversification dans l'électronique grand public. Panasonic-Matsushita représente probablement l'archétype de l'intérêt *ex post* de cette diversification : pendant le mois de septembre 2001, sa valorisation était très similaire à celle de 1998, la chute des cours n'ayant été « que » d'environ 50 % par rapport à leur point haut. À l'opposé, Ericsson, Lucent et Alcatel ont pâti de leur forte spécialisation, les deux derniers cumulant avec un fort engagement en crédit fournisseur. Enfin, Motorola et NEC illustrent l'intérêt tout relatif d'une diversification sur des secteurs très proches, puisqu'ils subissent simultanément une récession sur le marché des semi-conducteurs et des PC, tandis que les cours du premier intègrent faiblement la vente de mobiles GPRS (1,5 million d'unités).

5. La valorisation des équipementiers européens



Source : D'après Bloomberg.

6. La valorisation des équipementiers japonais et nord-américains



Source : D'après Bloomberg.

La boucle de l'endettement et de la fragilisation financière du secteur s'achève : après s'être mis, parfois inconsciemment, dans une situation précaire en accordant des crédits clients alors que leur propre baisse d'activité nécessitait au contraire de préserver leur trésorerie, les équipementiers ne poursuivent que difficilement leurs activités de recherche et développement, pourtant seule issue possible pour leur clientèle et donc leur futur chiffre d'affaires. Il s'ensuit une relation de double dépendance entre les opérateurs et leurs fournisseurs, les premiers ayant absorbé l'essentiel de la capacité des seconds à leur fournir une solution rapide à leurs problèmes. Finalement, la tendance des marchés financiers à agréger la situation des deux types d'intervenants comme un seul problème est *ex post* parfaitement justifiée. Les enchères, déclenchées dans un climat d'euphorie et d'aveuglement général, ont conduit à l'effondrement d'un secteur qui constituait probablement l'une des plus belles réussites récentes de l'industrie européenne.

6. En définitive, jusqu'où la chute ?

La croissance continue de la valorisation des technologiques reposait sur l'afflux de liquidités apportées par de nouveaux entrants. Qu'une crise de confiance survienne et la dynamique s'inverse brusquement : les sorties de capitaux se traduisent par des ventes des titres, ce qui conduit à un excès de leur offre sur les marchés financiers, donc une baisse des prix, donc de nouvelles ventes, etc. Deux horizons s'opposent : le court terme, où la logique de la pyramide prédomine et expose les marchés à des effondrements subits ; le long terme où la réalité industrielle finit par s'imposer. La question est celle de la vitesse de transition d'une perspective de court terme à celle de long terme sur les valeurs des télécoms ou, en termes boursiers, le passage d'une analyse chartiste à une analyse fondamentale. Cette dernière repose sur des évaluations complexes, à l'aide de critères comptables et financiers (retraitements, méthode des multiples, *Economic Value Added*, actualisation de dividendes et *Price Earning Ratios*, *price-to-book ratio*, options réelles) parfois contradictoires, mais qui reposent pour l'essentiel sur des données passées ou comparatives. Or, dans le cas des nouvelles technologies comme l'UMTS, non seulement aucun historique n'existe mais, de plus, l'immatériel (logiciels, valeur réelle d'une licence ou d'une clientèle 2G) est au cœur du débat financier. Il y a donc, même de la part d'agents rationnels, pure spéculation sur l'avenir. Pire, le comportement des États européens ne s'est pas montré exemplaire, comme en témoignent le recours privilégié aux processus d'enchères ou le montant des licences par soumissions comparatives à la suite du succès britannique. De plus, la démocratisation des opérations en bourse, qui s'est opérée simultanément (et en partie grâce) à celle de certaines technologies de communication, a profondément modifié la dynamique des valorisations boursières, en particulier celles des télécoms. À côté des cycles traditionnels de rotation sectorielle

apparaissent de nouveaux effets, que nous qualifierons d'« effets cliquets d'aversion au risque » : des agents peu familiers des marchés financiers, encouragés excessivement par des intermédiaires et une perception erronée des difficultés technologiques, se sont fortement engagés et ne mémoriseront que la chute de leur richesse depuis fin mars 2000. Pour ces nouveaux intervenants, la perte de confiance dans les valeurs télécoms est irréversible et, en l'absence du soutien de leur demande, le retour du NASDAQ aux sommets précédents paraît bien improbable, au moins à court terme.

Pour l'heure et pour éviter la faillite, les équipementiers sont dans l'obligation de recourir à toutes les solutions, y compris les plus extrêmes : licenciements (Motorola, Ericsson, Siemens, Alcatel, Sagem, Nortel, Fuji, Nec, Marconi), mise au chômage technique (Philips), vente de départements complets (Ericsson, Lucent), externalisation de production (Alcatel), cession de licences de fabrication (Ericsson, Motorola), voire abandon de la production de mobiles (Pioneer, JVC). Il est probable que ce mouvement aboutira à une consolidation du secteur au détriment des plus endettés. Cela suffira-t-il à rétablir la confiance ? Certaines données macroéconomiques, comme le taux d'endettement des ménages, le rôle réel des nouvelles technologies dans la hausse de la productivité des dernières années, les niveaux encore élevés des *Price Earning Ratios* actuels sur leurs bases historiques, l'évolution démographique avec l'arrivée massive prochaine de retraités vendeurs nets d'actions, les tensions potentielles des taux d'intérêt pour financer les dettes des opérateurs, rendent malheureusement pessimiste. Le rebond des nouvelles technologies reste donc à construire.

Complément K

Enjeux économiques et financiers de l'UMTS en France

Karine Revcolevschi

Direction de la Prévision

Le déploiement de l'UMTS¹ pourrait avoir un impact significatif sur l'économie française, tant en termes de consommation que d'investissements. Si beaucoup d'incertitudes pèsent sur les projets des opérateurs, les nombreuses études d'analystes disponibles² permettent cependant d'évaluer les ordres de grandeur en cause. L'analyse ci-dessous a été réalisée en juillet 2001, en supposant que quatre réseaux UMTS allaient être construits en France et sans tenir compte des modifications des conditions d'attribution des licences en octobre 2001.

1. Le chiffre d'affaires

1.1. Quelles perspectives de demande ?

Les analystes prévoient un doublement de la pénétration de la téléphonie mobile ce qui induit un doublement entre 1999 et 2004 de la part des services de télécommunications dans la consommation des ménages.

1. L'UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) est la norme européenne de la troisième génération de téléphonie mobile (« 3G ») et succède au GSM (*Global System for Mobile Communications*) qui est la norme européenne de deuxième génération (« 2G »).

2. Ce complément s'appuie dans une large mesure sur l'étude de la banque HSBC « European Telecoms » de février 2001 qui présentait notamment des éléments relatifs à la structure de coût d'un opérateur de réseau UMTS ainsi que des prévisions de pénétration et de revenus de la téléphonie mobile.

Le marché français de la téléphonie mobile représente, en 2000, 8 milliards d'euros de chiffres d'affaires pour une pénétration moyenne de la population de 40 %. L'évolution de ce marché dépend de deux paramètres : la pénétration en terme de nombre de ligne par habitant et le chiffre d'affaires moyen par utilisateur (qui dépend des services offerts et des modes de tarification).

Au niveau européen, la pénétration de la téléphonie mobile en 2004 est estimée par HSBC à 105 % dont 20 % pour la troisième génération (et 120 % en 2007 dont 60 % pour l'UMTS). La France se situe aujourd'hui légèrement en deçà de la moyenne européenne mais l'écart se réduit entre les différents pays et on peut penser que la France se situera à partir de 2004 dans la moyenne européenne. Les estimations de HSBC semblent cependant particulièrement optimistes ; et il semble désormais préférable de retenir un taux de pénétration de 80 % en 2004, plus conforme avec les prédictions récentes des analystes aujourd'hui.

Le revenu moyen par utilisateur (ARPU) devrait être de l'ordre de 45 euros par mois en tenant compte de la plus faible pénétration de l'UMTS par rapport au GSM au sein des abonnés mobiles :

- le chiffre d'affaires moyen par utilisateur (ARPU) du GSM a diminué de moitié entre 1997 et 2000 : il représente aujourd'hui près de 45 euros par mois. Lors de la décennie à venir, il devrait continuer à décroître ;
- le chiffre d'affaires moyen par utilisateur de l'UMTS devrait se situer autour de 50 euros par mois et rester relativement constant dans le temps (au moins jusqu'en 2009³).

1. Évaluation de la part des services de télécommunications dans la consommation des ménages français

	1999	2004
Consommation totale par ménage (en euros courants par an)	39 063	43 582
Consommation des ménages en services de télécommunications (en euros courants par an)	512	1 193
Part des télécommunications dans la consommation des ménages	1,31 %	2,74 %
Part de la téléphonie mobile dans la consommation en services de télécommunications	72 %	87 %
Pénétration du mobile	25 %	80 %

Sources : INSEE et HSBC.

3. La quatrième génération mobile est annoncée par les équipementiers aux environ de 2012.

Avec ces niveaux d'ARPU, chaque abonnement de téléphonie mobile augmente la consommation d'un ménage d'environ 550 euros par an. Un taux de pénétration de 80 % dans la population revient à considérer qu'il y a en moyenne un peu plus de deux abonnements par ménages. La consommation moyenne par ménage en téléphone mobile serait donc proche de 1 200 euros par an en 2004. Ces chiffres sont considérables, si on les compare à la consommation des ménages en services de télécommunications en 1999 qui est de 512 euros par an⁴. La part des services de télécommunications dans la dépense des ménages devrait donc passer de 1,3 % en 1999 à 2,7 % en 2004.

1.2. Quelles perspectives de développement des services ?

Une part importante du chiffre d'affaires de l'UMTS résidera dans l'offre de services à valeur ajoutée, qui constituera un enjeu essentiel pour les opérateurs de réseaux et les fournisseurs de contenus.

L'ARPU de l'UMTS devrait à terme être largement supérieur à l'ARPU GSM. Cette différence s'explique par l'offre de service additionnelle, dont la valeur ajoutée sera partagée entre les opérateurs de réseau et fournisseur de service, selon des règles qui restent à définir.

Il est difficile de déterminer aujourd'hui si l'activité de conception des services sera ou non externalisée par les opérateurs de téléphonie. Une tendance serait pour ces derniers de développer en interne les services et de s'approprier le marché de fournisseur de contenus et de services. Cette stratégie aurait pourtant un impact fortement négatif sur l'innovation, vue la structure oligopolistique du marché des opérateurs de réseaux. La nature exacte des relations entre les opérateurs et les fournisseurs de contenus sera sans doute au cœur du plan d'affaires de l'UMTS. En effet, il semblerait que les opérateurs européens envisagent aujourd'hui de proposer eux-mêmes des services. On peut penser que, à terme, ils se concentreront sur l'activité d'opérateur de réseau et peut-être de fournisseur d'accès et qu'ils ouvriront l'accès aux fournisseurs de services. C'est le modèle du kiosque sur le minitel mais également de modèle de l'*i-mode* au Japon, qui a aujourd'hui plus de vingt millions d'abonnés. Il revient alors aux opérateurs de proposer aux fournisseurs de services des systèmes de facturations et de modèles économiques adaptés et incitatifs. Un modèle gratuit pourrait être envisagé si les opérateurs estiment que le seul fait qu'un service soit fourni sur leur réseau et induise un trafic de voix ou de données suffit à rémunérer l'opérateur.

4. Les données sur la consommation des ménages sont issues de l'INSEE Résultats sur la consommation des ménages en 1999. Les services de télécommunications y sont réunis sous le poste N12 de la nomenclature par produit.

2. Les investissements UMTS

2.1. Frais de licence et coût des réseaux

En France, les frais de licences (5 milliards d'euros⁵) étaient – avant la modification des conditions d'attribution des licences en octobre 2001 – du même ordre que les frais de déploiement du réseau, qui devraient se situer entre 3 et 6 milliards d'euros. Le retard et la baisse du coût des composants pourraient accroître largement la part de la licence.

Le déploiement de l'UMTS va générer des coûts d'exploitations (*opex*) et suppose des investissements (*capex*) qui comprennent les licences dont le montant varie fortement dans les différents pays européens. En France, elles devaient (dans le scénario comportant le montant de licences initial et quatre opérateurs de téléphonie mobile, qui ne décrit pas la réalité actuelle) générer près de 20 milliards d'euros pour l'État, répartis sur les treize ans à venir (15 milliards d'euros actualisés 2000).

Hors licences, la somme des investissements européens est estimée par les analystes autour de 100 milliards d'euros, dont environ 25 milliards d'euros pour la France. Ces coûts sont essentiellement les subventions aux équipementiers pour la réalisation de combinés de téléphonie mobile (40 %) et les investissements liés au déploiement du réseau (60 %). Ce déploiement du réseau comporte la mise en place du système central (informatique, électronique...) – qui représentent environ 33 % de ces coûts – ainsi que celle des infrastructures réseaux. Ces coûts incluent non seulement des coûts de génie civil, mais également les coûts du système radio d'émission réception et les coûts de déploiement du cœur de réseau.

Les coûts de déploiement du réseau représentent donc près de 15 milliards d'euros pour la France – dont 10 milliards d'euros pour les infrastructures réseau. Ces coûts pourraient être surestimés. En effet, la mutualisation des réseaux, si elle était rendue possible par les autorités de régulation, pourrait induire jusqu'à une réduction allant de 10 à 25 % du coût des infrastructures, en fonction notamment du nombre d'opérateurs présents mais également de leur stratégie de déploiement⁶. Cependant, les récents retards de déploiements, qui semblent devoir encore s'accroître, vont induire des baisses de coûts importantes, liées à la baisse rapide du coût des composants dans le secteur des télécommunications.

5. Actualisé à un taux de 8 %, la licence s'élève à 3,8 milliards d'euros.

6. Cf. Note C3-01-084 sur l'analyse de la mutualisation des réseaux UMTS. Une analyse de Merrill Lynch estime – dans le cas où deux opérateurs devraient construire en commun un réseau sans descendre jusqu'au cœur – la réduction du coût de l'investissement à 25 % entre 2002 et 2006. En outre, les réductions de coûts dépendent fortement de la géographie de chaque pays : la France, du fait de la forte concentration de sa population autour de quelques grandes villes, devrait particulièrement profiter de ces réductions de coûts.

2. Estimation des coûts des infrastructures UMTS pour l'ensemble des pays européens

En milliards d'euros

<i>Investissements européens</i>	100
• Déploiement du réseau	60
– Infrastructure réseau	40
– Frais logiciels et frais annexes	20
• Frais de lancement du produit	40

Source : Estimations HSBC.

2.2. Efforts d'investissement pour l'UMTS et le plan téléphone

Les montants investis sont de l'ordre de grandeur de ceux qui avaient été mis en œuvre dans les années soixante-dix pour renouveler le réseau fixe et accélérer la pénétration du téléphone dans les ménages français.

Les montants investis peuvent être comparés avec d'autres projets nationaux de grande ampleur, mais également avec les montants investis précédemment dans la diffusion des nouvelles technologies de l'information.

3. Comparaison avec les investissements de grands projets d'infrastructure dans les domaines des transports et des TIC

	Période d'investissements considérée	Montant en milliards d'euros courants	Montant en milliards d'euros 2000 ^(a)	PIB courant (milieu du projet)	Investissements par rapport au PIB courant (en %)
• Tunnel Lyon-Turin (hyp. voie unique)	2000-2025	—	10,2 ^(b)	1404,8	0,73
• Autoroute A89 Bordeaux-Clermont Ferrand	2001-2003	3,9	3,8	1481,7	0,26
• TGV Méditerranée	2000	3,2 ^(c)	3,2	1404,8	0,23
• Airbus très gros porteur (A380)	2001-2006	13,7 ^(d)	13,1	1521,7	0,90
• Action pour la diffusion de la téléphonie fixe	1976-1981	14,3	35,9	342	4,2
• Informatique pour tous	1985	0,27	0,4	727	0,0
• Plan Câble	1983-1988	3	4,1	727	0,4
• Iridium ^(e)	1998-2000	7	7,0	1368	0,5
• Lancement de l'UMTS	2001-2014	15,3 ^(f)	15,3	1405	1,1

Notes : (a) Actualisation par l'indice des prix à la construction ; (b) Voie principale et voies d'accès ; (c) Infrastructures sans matériel roulant ; (d) Conception ; (e) Projet de constellation de satellites de télécommunications en orbite basse ; (f) Dans le cas où quatre réseaux seraient construits.

Source : Direction de la Prévision.

Si les montants investis dans le projet UMTS sont largement supérieurs à ceux des autres grands projets d'infrastructures actuels considérés, ils sont toutefois nettement inférieurs aux moyens qui avaient été investis par l'État français dans le plan « Télécoms » à la fin des années soixante-dix et avaient permis à l'ensemble des foyers français d'être raccordés au réseau téléphonique commuté. La nouveauté est certes que ce projet est financé par des acteurs privés que l'échec du projet UMTS pourrait mettre en situation financière dangereuse. Néanmoins, l'engagement des opérateurs et des industriels témoigne de leur confiance dans ce projet risqué.

2.3. Perspectives pour les équipementiers français

Si Alcatel semble en mesure de conserver, au moins en partie, son positionnement d'équipementier d'infrastructures, l'activité de construction de terminaux mobiles par des équipementiers français est, quant à elle, fortement remise en question.

Aujourd'hui, une comparaison de la position de la France en tant que pays producteur et consommateur est relativement favorable à l'industrie française : la part de marché des entreprises françaises sur le créneau des infrastructures et terminaux mobiles se situe entre 5 et 7 %, ce qui est deux fois supérieur à la part en 1999 des abonnés mobiles en France par rapport au reste du monde (2,4 %), et très proche du poids économique relatif de la France (la part du PIB français dans le PIB OCDE étant de 5,7 %). Cette analyse ne tient cependant pas compte des fortes externalisations des activités, ainsi que des évolutions actuelles qui pourraient se révéler défavorable à cette industrie.

La structure actuelle du marché des équipementiers montre que Alcatel est aujourd'hui le seul acteur français. Il représente environ 5 % (en part de marché ventes) du marché des infrastructures réseaux qui, en 1999, représentait 36 milliards d'euros. Alcatel avait fait de mauvais choix technologiques au moment du GSM et pris ainsi un retard qu'il espère rattraper avec l'UMTS, il semblerait donc raisonnable de supposer qu'il conservera au moins sa part de marché actuelle. Néanmoins l'annonce récente des résultats d'Alcatel⁷ fait craindre une baisse future de la part de marché de l'équipementier français sur le marché mondial des infrastructures de réseaux mobiles.

Sur le marché des terminaux, les Français sont présents avec Alcatel et Sagem. La part de marché actuelle des équipementiers français est de 7,4 % en 2000 d'un marché mondial qui représentait 72 milliards d'euros en 1999.

7. « Le groupe accuse une perte nette de 2,9 milliards d'euros sur l'ensemble du premier semestre 2001. Sur le seul deuxième trimestre, la perte se monte même à 3,1 milliards d'euros (au premier trimestre, le groupe affichait un bénéfice de 210 millions d'euros). Le résultat opérationnel (222 millions d'euros sur le premier semestre) est trois fois inférieur à celui enregistré un an plus tôt plombé notamment par la téléphonie mobile », *La Tribune*, 27 juillet 2001.

Leurs chances d'atteindre des résultats supérieurs pour la prochaine génération mobile sont d'autant plus faibles que leurs concurrents asiatiques et, en particulier, japonais ont pris une avance importante dans le développement des terminaux mobiles. En outre, Alcatel a récemment annoncé qu'il allait prochainement externaliser la production de terminaux et le chiffre d'affaires de Sagem a chuté de 22,5 % au premier trimestre.

3. L'impact économique des investissements UMTS

3.1. Contribution des investissements UMTS à la croissance

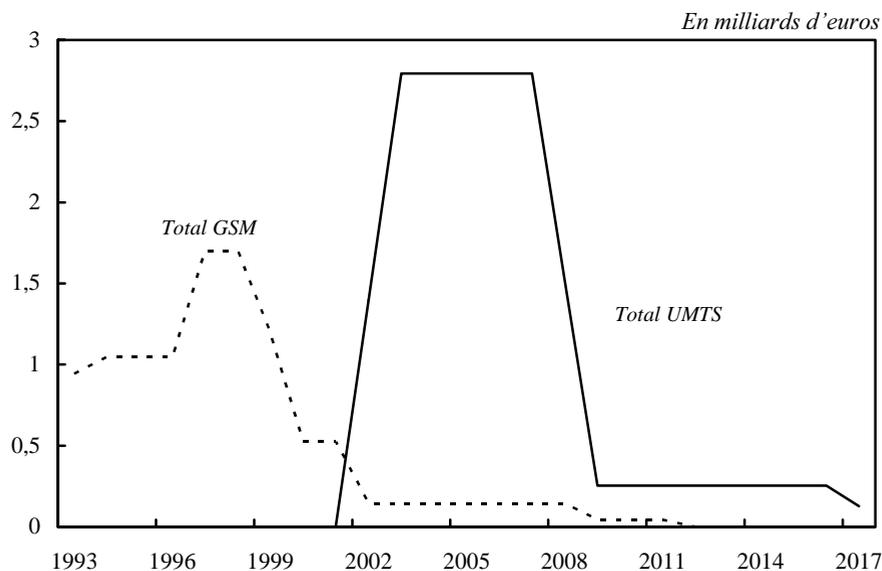
Les investissements pour le déploiement des réseaux engendrent un surcroît d'investissements de 1,5 milliards d'euros par an pendant six ans qui devrait contribuer à une hausse de 0,1 % de croissance en France autour de 2002.

L'installation des réseaux UMTS sur le territoire français devrait coûter aux opérateurs environ 15 milliards d'euros (3,8 milliards par opérateur). On peut supposer que l'essentiel de ces investissements sera réalisé dans les six ans suivant l'attribution des licences par les opérateurs soit, pour France Télécom Mobiles et SFR, de 2002 à 2007 et pour les deux autres opérateurs, de 2003 à 2008. On suppose ici en effet que les deux autorisations à pourvoir seront attribuées dans le courant de l'année 2002, de manière à ne pas trop pénaliser les opérateurs souhaitant entrer sur le marché UMTS français. Pendant les six prochaines années, l'investissement des opérateurs devrait donc dépasser 2,7 milliards d'euros par an. La question se pose de l'impact macroéconomique de tels investissements.

Une part de ces investissements viendra se substituer à l'investissement actuel en téléphonie mobile (GSM). Les investissements engagés dans les réseaux de téléphonie mobile de deuxième génération sont respectivement de l'ordre de 3 milliards d'euros sur six ans pour FTM à partir de 1993, 3 milliards d'euros sur six ans pour SFR à partir de 1994 et 1,8 milliard d'euros en trois ans pour Bouygues Telecom à partir de 1997, auxquels il convient d'ajouter 750 millions d'euros sur deux ans prévus pour compléter le réseau (en 2000 et 2001). À ces coûts initiaux de déploiement des réseaux s'ajoutent des coûts de maintenance qui peuvent être le renouvellement d'équipement ou une extension de la couverture territoriale⁸. Selon les analystes, la somme des coûts de maintenance d'un réseau sur la totalité de sa durée de vie équivaut à 25 % de l'investissement initial effectué pour le déploiement du réseau. On estime en outre la durée de vie d'un réseau de téléphonie mobile à quinze ans.

8. Il n'est pas tenu compte ici de l'annonce récente d'étendre la couverture du réseau mobile à l'ensemble du territoire.

Investissements comparés GSM/UMTS



Source : Direction de la Prévision.

À partir de l'ensemble de ces données, un modèle schématique est construit qui permet d'évaluer la part de la substitution aux investissements GSM des investissements UMTS à venir. Ainsi la moyenne des investissements sur les réseaux de téléphonie mobile de 1993 à 2000 est de 1,2 milliard d'euros par an.

Les investissements de réseaux des quatre éventuels opérateurs de radiotéléphonie mobile entre 2002 et 2008 (hors licences) devraient donc s'élever à 1,5 milliard d'euros par an en supplément des investissements consentis pendant les cinq dernières années pour le GSM.

Si on néglige les importations liées à ce surcroît d'investissements⁹, l'impact sur la croissance du PIB serait, en 2002, une hausse de la croissance de 0,1 % et une baisse de 0,1 %, en 2008 (à moins que les investissements d'une quatrième génération mobile ne viennent prendre le relais).

3.2. La fabrication des combinés est largement externalisée

Les achats de combinés ne devraient pas avoir d'effet très significatif sur les établissements localisés en France dans la mesure où cette industrie externalise très fortement sa production.

À ces investissements initiaux du cœur de réseau, s'ajoute l'achat des premiers téléphones. En réalité, il y a vraisemblablement substitution forte avec le GSM :

- l'UMTS, vu les retards importants liés à la mise au point de la technologie, ne devrait pas se diffuser massivement auprès du grand public avant 2004-2005. L'impact sur le marché des terminaux ne devrait donc pas avoir lieu avant cette date ;

- le taux de renouvellement du téléphone mobile est proche de dix-huit mois, le passage à l'UMTS devrait plutôt correspondre à un renouvellement qu'à un nouvel achat.

L'impact sur le marché des mobiles devrait donc essentiellement être lié d'une part, à la hausse de la pénétration, essentiellement dans la continuité avec la croissance actuelle, et d'autre part, à la différence de prix entre combiné UMTS et combiné GSM (un combiné UMTS pourrait coûter initialement près de 900 euros). Le prix de ces terminaux baissera rapidement, du fait des avancées technologiques et de la baisse du prix des composants. Néanmoins, ce surcoût des téléphones UMTS pourrait avoir un effet important sur les dépenses des ménages, à moins que, comme ils le font aujourd'hui pour le GSM, les opérateurs ne subventionnent fortement les terminaux.

La production de combinés mobiles est fortement externalisée par les équipementiers (Alcatel sous-traite à l'Américain Flextronics qui produit à Singapour) et la hausse éventuelle des achats de combinés mobiles devrait peser surtout sur les importations, si cette dépense ne se substitue pas à l'achat d'autres produits importés (ordinateurs de bureau, par exemple).

Complément L

UMTS et aménagement du territoire : recommandations pour le futur

Yves Alexandre

ALL.COMM.

1. L'aménagement du territoire à voir comme facteur de développement de l'UMTS

De multiples pays ont en Europe, comme la France, des géographies économiques contrastées et des surfaces importantes de leurs territoires qui connaissent des économies dispersées et/ou qui présentent des contraintes de relief. Hors l'économie des infrastructures et services de télécoms reste sensible aux facteurs de géographie physique au niveau des réseaux capillaires, ou boucles locales.

En télécoms, les gains de productivité sont spectaculaires au niveau des équipements électroniques et des câbles mais les cycles d'innovation sont plus longs au niveau des activités liées à la logistique des réseaux (celles relatives, par exemple, aux travaux de génie civil, au déploiement de sites ou au câblage dans les bâtiments). Si le facteur distance est devenu marginal dans l'économie des opérateurs d'infrastructures longue distance transportant des trafics concentrés, la nature des configurations géographiques reste un paramètre sensible de l'économie des boucles locales. Pour les zones à faibles trafics, l'importance des distances à parcourir et/ou des surfaces à couvrir au regard des trafics transportés constitue un facteur de coûts pénalisant dans la construction et l'exploitation des infrastructures de boucle locale, filaire ou hertzienne. De même, les longueurs des éléments d'infrastructure pour rapatrier et interconnecter au reste du réseau les trafics sortant de boucles locales de territoires éloignées sont aussi des facteurs défa-

vorables de leurs rentabilisations. Relevons qu'au-delà des infrastructures elles-mêmes, des surcoûts sont également susceptibles d'exister au niveau de l'accès même aux services (pour leur distribution, pour la gestion de la relation client...).

La relativement bonne couverture actuelle du territoire national en boucles locales « cuivre » ne doit pas faire illusion pour le futur. Le modèle d'aménagement du territoire qui l'a sous-tendu est révolu et n'a plus rien à voir avec ce qui attend la boucle locale UMTS. Elle s'est faite grâce notamment à de puissants modèles de péréquations tarifaires au sein d'un opérateur unique conjugués à des volumétries d'investissement importantes et récurrentes sur très longue période.

Maintenant que la France peut capitaliser sur ses avancées essentielles faites en matière de coûts des licences UMTS, il reste néanmoins encore à créer les bases d'une méthode pertinente de maîtrise déconcentrée de la géographie des accès aux futurs services UMTS. Sans cela, l'UMTS en France :

- verra ses investissements confinés à long terme sur des îlots de géographies et de trafics limités ;
- ne permettra pas aux opérateurs d'accéder à de multiples segments de trafics générés par les territoires à faibles densités dont les activités et populations ont des besoins importants (pour leur mobilité, pour des usages temporaires, pour des approches innovantes de l'architecture de leurs communications locales...) ;
- entrera en conflit avec les responsables territoriaux de ces territoires à faible densité qui ne pourront compter sur les vraies novations technologiques que recèle l'UMTS, alors même que ces derniers devront, au risque de perdre définitivement l'attractivité de leurs territoires :
 - développer des politiques d'accès aux hauts débits ;
 - moderniser leurs boucles locales filaires qui, datant massivement en France de la période de rattrapage national 1965-1975, seront sujettes à des obsolescences possibles.

Le poids de l'enjeu « aménagement du territoire » dans le management de l'UMTS est lié à la part élevée que représente l'échelon « boucle locale » dans les investissements et les coûts d'exploitation du système UMTS (avec notamment de nouveaux efforts d'investissement pour transformer les sites déployées pour le GSM et en augmenter le nombre).

Cet enjeu sera d'autant plus sensible que l'UMTS se développera dans un environnement où les préoccupations générales de *Digital Divide*, ou fracture numérique, des zones à économie dispersée progressent de par le monde, y compris au sein des économies développées. Les régulations et les dynamiques publiques des pays les plus avancés en télécoms (notamment ceux d'Amérique du Nord ou de Scandinavie) s'en préoccupent d'ores et déjà fortement.

2. L'UMTS devra tirer profit des enseignements du GSM

Le GSM constitue une prérefiguration des tendances en matière de maîtrise des géographies d'accès aux services de télécoms car il est aux avant postes des comportements des opérateurs et des nouveaux modes de travail collectifs multi-opérateurs.

Comme l'UMTS se construira (c'est d'ailleurs cela qui fait sa force) par migration du GSM, avec une période de cohabitation entre les deux générations qui sera longue, la qualité du travail mené sur le GSM est à voir comme un facteur de succès pour l'UMTS.

Les récentes analyses faites en France à partir de données indépendantes des sources d'informations des opérateurs montrent que les couvertures territoriales vraies des infrastructures GSM comportent encore des déficits géographiques importants.

ALL COMM a procédé à une modélisation pour la DATAR sur l'accès aux services GSM indoor à mi-2000 pour près de 4 400 communes du Massif Central. Les évaluations obtenues sont les suivantes ;

- nombres de communes couvertes par au moins un opérateur : 55 % ;
- superficies de ces communes : 52 % ;
- populations de ces communes : 83 %.

L'ART a récemment développé une dynamique en la matière et a notamment procédé au cours du premier semestre 2001 à des premières estimations sur la base de mesures physiques pour un échantillon de territoires. Les résultats sont également éclairants en montrant des résultats très en deçà des présentations publiques des opérateurs.

Les causes des déficits actuels de couverture GSM en France sont à rechercher dans de multiples directions. Structurellement, la préoccupation de la « géographie des accès aux services de télécoms » est quasiment absente des textes de la LRT de 1996 et des licences GSM. Ces textes font en effet essentiellement référence au critère de « pourcentage de population couverte » qui ne constitue qu'un piètre critère d'aménagement du territoire, *a fortiori* face à des problématiques de mobilité et d'usages temporaires ou occasionnels.

Les *process* de suivi externe de l'offre de services des télécoms mobiles (qualités de services, couvertures réelles...) qui en résultent sont encore insuffisants et s'inscrivent encore en France dans un contexte de faible transparence.

Pour justifier la faiblesse des investissements dans les zones hexagonales à économies dispersées, les opérateurs GSM et des pouvoirs publics se sont trop longtemps (jusque vers mi-1999) abrités derrière la fausse théorie de la « couverture satellitaire interstitielle ». Le système Globalstar (en dif-

ficultés financières actuellement, après celles d'Iridium) était avancé comme la base de la solution alternative en réponse aux trous de couverture du système hertzien terrestre GSM dans l'hexagone.

Le métier d'opérateurs GSM est encore jeune et des zones progrès sont possibles pour mieux exploiter et valoriser les potentiels de trafics et de *cash flow* des territoires à faible densité économique (notamment en matière de connaissances et de pertinences des méthodes de géomarketing pour ces territoires faiblement desservis). À cela s'ajoute, pour des raisons tant de cultures d'entreprises que de tactiques concurrentielles, la forte réticence à faire appel en France aux solutions d'optimisation des coûts par partage des infrastructures entre opérateurs.

La France se caractérise en GSM par :

- l'importance des ingénieries de réseaux propriétaires, malgré le développement à travers l'Europe d'exemples de coopérations techniques et/ou logistiques entre opérateurs ;
- le refus jusqu'à présent des opérateurs GSM hexagonaux français à s'engager dans les solutions à base « d'accords d'itinérance » ou « *roaming* de complément de couverture » couramment développés dans d'autres pays européens, y compris par des filiales des opérateurs français, comme au Danemark par exemple.

Jusqu'à présent, les ambitions des négociations entre collectivités territoriales et opérateurs GSM n'ont visé que des volumétries d'investissement modestes. Les négociations qui sont apparues à partir de l'an 2000 se sont par ailleurs révélées laborieuses et ont montré leurs limites, avec notamment des négociations quadripartites, réunissant les trois opérateurs GSM et une collectivité publique, qui ont globalement été lentes et peu productives.

Les pionniers en la matière ont notamment été les Conseils généraux – de Corrèze, de l'Indre, du Calvados, de l'Ardèche, de la Mayenne, avec des démarches centrées sur l'investissement de tout ou partie dans des sites passifs.

Ces projets départementaux ont visé des financements publics de l'ordre de la dizaine de millions de francs alors que :

- les évaluations menées par ALL COMM, dès 1996, pour la DATAR Massif Central et à la base des valeurs retenues par le CIADT de juillet dernier, ont montré que l'unité de compte à retenir pour les investissements publics de comblement de couverture est le milliard de francs ;
- les derniers accords entre le Gouvernement et deux opérateurs GSM pour assurer la couverture de 1 480 communes retenues comme non couvertes font état d'engagements, au total pour les trois, de presque 1,5 milliard de francs.

Les derniers accords de début décembre entre le Gouvernement et deux opérateurs GSM créent des conditions nouvelles en matière de comblement de trous de couverture GSM. Mais il reste néanmoins encore un travail important à accomplir pour créer en GSM au plan opératoire un véritable modèle de management géographique des accès des territoires à faibles densités aux services de télécoms mobiles et de gestion du comblement de trous de couverture.

3. Le management de l'UMTS demande la création d'un nouveau mode de maîtrise concertée de la géographie des accès

Si l'enjeu d'aménagement du territoire est dorénavant bien installé en France en arrière plan des décisions globales relatives au financement de l'UMTS, et si les décisions publiques de l'année 2001 entérinent bien l'utilité de financements publics pour accroître la couverture des boucles locales hertziennes terrestres, le travail à accomplir devra permettre de progressivement :

- créer les visibilitées sur les niveaux fins d'objectifs à viser pour l'UMTS au plan des couvertures géographiques ;
- trouver les formes de partages acceptables entre les ressources financières propres des opérateurs et celles de l'État ;
- mettre au points les méthodes de management concerté, entre notamment les opérateurs et les responsables territoriaux, pour procéder aux décisions de couverture sur les territoires à faibles densités économiques, là où les seules références aux marchés telles que vues par les opérateurs ne seront pas suffisantes.

La quasi absence des responsables publics et territoriaux (dorénavant aussi financeurs) des débats sur la méthode de construction des objectifs de couverture et des choix concrets des zones d'accès aux services (telle que vécue jusqu'ici pour le GSM, voire pour la BLR) n'est plus de mise et va à l'encontre de l'intérêt à long terme des opérateurs eux mêmes.

Un pan important de l'innovation managériale souhaitable en direction des préoccupations d'aménagement du territoire devra porter sur le développement de méthodes de coopérations et de partenariats public/privé entre les opérateurs, les collectivités territoriales et l'État (avec également des représentations des utilisateurs). Les objectifs pour l'UMTS devront être :

- d'intégrer des partenaires externes dans certains *process* de *geomarketing* et de choix des emplacements de sites des opérateurs ;
- de trouver les modes de partage de responsabilités entre collectivités territoriales et opérateurs dans la construction et/ou l'exploitation d'éléments passifs de la logistique des réseaux UMTS, par exemple au niveau de la gestion des sites ;

- de travailler sur les *process* d'agrégation/partage des responsabilités et des risques financiers entre entités publiques et les opérateurs ;
- conduire des expérimentations territoriales avec des responsables locaux pionniers.

Pour élargir les couvertures de l'offre UMTS en France, à effort financier égal des opérateurs, des clients et de l'État, il faudra aussi créer les conditions pour que les opérateurs de télécoms mobiles présents sur l'hexagone rattrapent leur retard et migrent davantage, y compris dans leur propre intérêt à long terme, vers de nouveaux modes :

- de déploiement de réseaux qui soient plus économes et plus multi-opérateurs, sur la base notamment de mutualisations et de partages d'infrastructures ;
- de commercialisation de services et d'adressage des clients finaux, à base notamment de solutions de *roaming* de complément de couverture ;
- d'ingénierie de réseaux plus ouverts, moins propriétaires et plus européens.

Il s'agira de développer le management de l'UMTS au regard des questions de couverture territoriale sur la base d'un triple *benchmark* : celui du GSM (le précurseur et le révélateur), celui des *best practices* internationales d'aménagement du territoire (en pensant aux Finlandais qui n'ont pas un territoire facile !) ainsi que celui d'autres secteurs. Le système UMTS a en effet intérêt à s'inspirer de l'expérience accumulée par le ferroviaire qui, comme autre secteur à infrastructures lourdes, a déjà connu ces problématiques de couverture géographique des territoires à économies dispersées et/ou à contraintes de relief. Même si les télécoms ont notamment, en plus, une dimension multi-opérateurs, il existe en effet dans ce secteur une pratique mature de coopérations (financières, marketing, industrielles...) entre collectivités publiques/opérateur, accumulée depuis 1978, date des premières impulsions données en la matière par la région nord (par Pierre Mauroy).

Il s'agira aussi de développer de véritables exercices de suivi externe des couvertures et des qualités de services sans lesquels il ne sera pas possible :

- de créer le climat de transparence nécessaire à la popularisation de l'UMTS ;
- de favoriser de véritables *process* concertés d'allocations de financements publics de compléments de couvertures territoriales ;
- de travailler sur les opportunités de services, notamment de proximités, nécessaires pour rentabiliser les investissements UMTS.

Ces *process* de suivi des couvertures et des qualités devront évoluer en continu, au fil des courbes d'expérience (y compris celle précitée du GSM), de la maturation de la technologie et des services UMTS ainsi que des offres de solutions de mesures qui émergeront.

Comme pour le hauts débits sur boucle locales filaires (en ADSL ou sur réseaux câblés), les services mobiles ont fait redécouvrir aux utilisateurs les questions de qualité de service qui étaient très majoritairement sorties, en téléphonie fixe, de leurs préoccupations depuis les années quatre-vingt.

4. L'aménagement du territoire pose la question de l'opportunité de la création d'un lieu d'expertise et de capitalisation de savoirs

Dans un environnement hautement complexe et novateur, ce développement pour l'UMTS de nouveaux modes de maîtrise de la géographie des accès pose la question de la création d'une structure ou d'un lieu qui soit, au cours de la prochaine décennie, susceptible à la fois :

- de constituer des ressources d'expertise humaine multi-compétences ;
- de capitaliser les connaissances sur les situations nationales ;
- de suivre et de communiquer sur les best practices européennes et mondiales ;
- de conduire des recherches et expérimentations en matière de modèles et solutions sur l'économie des réseaux et des services UMTS, sur la planification géographiques concertée des réseaux, sur les pratiques de géomarketing propres à ces territoires à économies dispersées...

Un tel lieu doit être susceptible d'offrir :

- en direction de l'État, des régions, des départements, des pays... un support de compétences pour la préparation de leurs décisions financières et de leurs concertations européennes ;
- aux collectivités territoriales et aux représentants territoriaux de clients finaux un accès à des services d'assistance, de syndicalisation et d'intermédiation financière, technique ou marketing sur le domaine nouveau et complexe de l'UMTS, en vue notamment d'exprimer des besoins matures de boucles locales UMTS ;
- aux opérateurs propriétaires de licences UMTS des compétences pour, vis-à-vis des territoires à faible densité :
 - travailler à diminuer les facteurs de déficits de rentabilité des réseaux dans ces environnements ;
 - accroître les connaissances des facteurs spécifiques de géomarketing et/ou de besoins de « m-services » de certaines communautés d'intérêts – permanentes ou temporaires – importantes pour l'économie de ces territoires (par exemple, jeunes, agriculteurs, filières de la santé, des loisirs ou du tourisme, professionnels permanents et/ou en transits, services publics...) ;
 - innover en matière de co-marketing de proximité de services avec des collectivités locales.

Résumé

Présentation et analyse

La troisième génération des télécommunications mobiles devrait apporter une réponse commune à deux besoins de communication jusqu'ici distincts : la communication de données sous toutes ses formes et la communication en situation de mobilité.

Le service offert par les réseaux GSM n'est pas optimal pour la communication de données car l'échange de données se fait le plus souvent par « bouffées » intermittentes (beaucoup de données en peu de temps, puis une période longue sans données). Aujourd'hui la technologie IP est généralisée pour les réseaux informatiques (Internet) à terminaux fixes. Elle sera progressivement déployée dans les réseaux des opérateurs de télécommunications mobiles grâce à l'UMTS (norme européenne de la troisième génération de télécommunications mobiles).

Le GPRS est une première étape qui complète le GSM. Les réseaux qui exploitent le GPRS marquent le début des transmissions par paquets avec un débit de 30 à 40 kilobits par seconde. Les systèmes de troisième génération généralisent la commutation par paquets à haut débit, théoriquement jusqu'à 2 mégabits par seconde. Dans la pratique, le débit moyen des premiers réseaux UMTS serait de 64 à 144 Kb/s, plus proche des débits accessibles aux réseaux de télécommunications actuels avec des modems connectés au PC que du débit théorique de 2 Mb/s.

Les normes techniques de la deuxième génération de mobiles ont été adoptées au début des années quatre-vingt, lors de la mise en service des premières technologies cellulaires. Le démarrage a été plutôt lent. Le développement du marché s'est accéléré à partir du milieu des années quatre-vingt-dix. Au total, l'ensemble des technologies sans fil dites de deuxième génération (GSM, IS-95, PDC) regroupe maintenant plusieurs centaines de millions d'abonnés dans le monde. C'est une réussite exceptionnelle, notamment pour le marché et les constructeurs européens (GSM).

Le développement du téléphone mobile rencontre plusieurs limites qui tiennent à la technologie et aux capacités, à la fragmentation du marché mondial et aussi au début de saturation qui commence à apparaître en Europe. L'UMTS vise à dépasser ces limites et à offrir de nouveaux services.

L'étude des différents aspects de l'UMTS fait toutefois apparaître de nombreuses incertitudes dans les domaines suivants : le coût de l'investissement, les distorsions de concurrence, la technologie, l'environnement, l'existence de technologies alternatives concurrentes, les besoins réels des consommateurs et l'instabilité des structures de marché, enfin le calendrier de disponibilité de terminaux fiables à des prix accessibles au grand public.

La construction d'un réseau de télécommunications implique des coûts fixes qui représentent une part très importante du coût de production du service de télécommunication. Le coût marginal à court terme (coût d'une minute de communication supplémentaire) est faible et le coût moyen rapidement décroissant avec le volume de communication. Cette situation a longtemps favorisé une situation monopoliste des marchés. L'émergence des technologies numériques a permis la coexistence de réseaux juxtaposés raccordés. Elle a aussi permis de tester les avantages de la concurrence avec l'apparition de services à valeur ajoutée et surtout avec l'apparition du téléphone mobile. La concurrence s'est avérée très bénéfique pour le développement du secteur.

La concurrence ne remet cependant pas en cause l'existence de coûts fixes élevés et la décroissance du coût moyen. Elle pose donc la question du nombre d'opérateurs sur un marché dont l'offre reste oligopolistique. Les paramètres importants sont la forme de la courbe de coût à long terme (existence d'une taille minimale efficiente) et l'élasticité de la demande de téléphone. L'équipement d'un réseau UMTS représente près de trois fois le coût d'un réseau GSM. Le coût fixe d'un service UMTS est donc très supérieur au coût fixe d'un réseau GSM.

Il y a dix-huit mois à peine, le sentiment était largement répandu que les nouvelles technologies de l'information et de la communication seraient à l'origine d'une nouvelle ère de croissance forte. Dans un climat d'euphorie sur la « nouvelle croissance », les marchés financiers capitalisaient l'espoir d'une croissance à deux chiffres des télécommunications et affichaient logiquement des hausses très importantes des cours boursiers. C'est dans ce contexte que les licences d'utilisation des fréquences ont été attribuées aux opérateurs de télécommunication pour l'UMTS. Au total en Europe, les prélèvements au titre des licences UMTS ont été en 2000 de l'ordre de 130 milliards d'euros, soit environ 15 % de la capitalisation boursière de l'ensemble des opérateurs européens de télécommunication.

Les gouvernements européens se sont engagés sans règle commune et sans étude préalable dans l'attribution de fréquences aux opérateurs et cela a conduit dans certains cas à des prix très élevés. Une conséquence fâcheuse a été l'augmentation considérable du risque associé aux projets, une augmentation du coût de l'endettement et une baisse de valeur des sociétés. Or, la montée du risque est une perte collective. C'est le risque qui est le problème majeur de l'UMTS. La seule réponse économique correcte était une redevance contingente, c'est-à-dire dont le montant soit lié au développement effectif du secteur. C'est la solution retenue en définitive et tout récemment par la France.

Les quelques études économiques accessibles sur le projet UMTS suggèrent le caractère très aléatoire de la rentabilité attendue de l'UMTS. On ne peut pas exclure une forte rentabilité, mais le risque de perte est élevé. Un concept important dans l'analyse économique des télécommunications est le concept d'ARPU (*average revenue per user*). Il correspond au chiffre d'affaires total des opérateurs de télécommunication rapporté au nombre moyen d'abonnés. Il était égal à 55,4 euros par mois en 1998 pour les opérateurs de mobile, il a diminué en 2000 à 38,5 euros par mois et une nouvelle fois baissé à 33,9 euros par mois au premier trimestre 2001 en France. Le recul tient au fait que la disposition à payer des abonnés supplémentaires est plus faible que la moyenne.

Principales conclusions

Un modèle de projection de l'équilibre du secteur des télécommunications français à l'horizon 2015 est utilisé dans notre étude afin d'explorer les perspectives financières du secteur pris globalement. La projection centrale repose sur les hypothèses suivantes. L'UMTS commencerait à se substituer au GSM de façon significative à partir de 2004. La vitesse de pénétration serait comparable à celle du GSM, le taux de pénétration passant de 10 à 70 % en environ six ans. Pour la téléphonie GSM (voix seulement et SMS), l'ARPU serait à peu près stabilisé en francs constants. Pour l'UMTS, nous avons retenu pour les premières années (2002-2003) un ARPU presque deux fois plus élevé que pour le GSM actuel (70 euros par mois pour l'UMTS les toutes premières années du lancement commercial), une baisse modeste de l'ARPU dans les premières années sous l'effet de la concurrence (environ 60 euros vers 2006-2010), puis une remontée de l'ARPU qui serait en fin de période 50 % au-dessus de l'ARPU correspondant à la voix seule. Le scénario central retient au départ le montant et les modalités de paiement des redevances telles qu'ils étaient prévus lors de l'attribution initiale des licences en France (environ 4,5 milliards d'euros par opérateur). Dans le scénario central et pour l'ensemble du secteur, le besoin de financement du secteur serait négatif, mais relativement modeste, jusqu'en 2007. Pour le seul UMTS, le besoin de financement cumulé atteindrait en revanche environ 15 milliards d'euros en 2005. Il commencerait à se réduire ensuite pour revenir à zéro au-delà de la fin de la décennie. Ces résultats montrent que l'équilibre approximatif du secteur pris dans sa globalité masque (et nécessite) des redéploiements internes très importants entre le fixe et le GSM d'une part, et l'UMTS d'autre part.

Le même modèle peut être utilisé pour mesurer l'impact de certaines hypothèses alternatives. Des recettes supérieures de 10 % aux hypothèses du compte central (ARPU plus élevé) améliorent le taux de rentabilité moyen du secteur de deux points (et vice versa dans le cas de recettes inférieures). Une baisse du coût des équipements de 20 % par mise en commun des équipements améliore la rentabilité de trois points.

Les hypothèses de trois opérateurs (au lieu de quatre), d'une redevance proportionnelle au montant des recettes et d'un allongement à vingt ans de la durée des licences sont toutes trois favorables à l'équilibre économique du secteur. Le passage à une redevance proportionnelle au lieu d'une redevance fixe a un impact positif très fort sur le résultat (+ 12 points sur l'indicateur de rentabilité). Ce n'est pas son seul intérêt. Une redevance proportionnée au chiffre d'affaires ne réduit certes pas l'incertitude technologique du projet mais elle limite considérablement l'effet financier du risque commercial.

Le modèle ne permet pas de trancher l'alternative entre trois et quatre opérateurs pour le marché français. La seule conclusion est qu'un marché à trois opérateurs serait plus assuré de la réussite qu'un marché à quatre opérateurs, mais que la moindre concurrence entraînerait aussi probablement un prix de vente au consommateur plus élevé.

On notera que le même modèle transposé au marché allemand montre une très faible probabilité que six opérateurs puissent être viables, compte tenu notamment du prix élevé des licences payées. Il y a là un élément d'instabilité dont les conséquences peuvent peser sur l'ensemble du marché européen.

L'hypothèse retenue dans cette étude est que l'Europe peut réussir la troisième génération du téléphone mobile, à la condition toutefois de prendre de nouvelles initiatives et de renforcer à l'avenir les conditions de son développement. Le véritable enjeu est de savoir si une diffusion de masse peut être espérée prochainement. Les incertitudes techniques et commerciales ne permettent pas encore de trancher. Du point de vue économique, une condition essentielle est une forte baisse du prix des terminaux. Or, le prix des terminaux est évidemment lié à la taille du marché. La réussite est donc conditionnée par la capacité à enclencher à l'échelle du continent européen un cercle vertueux entre la baisse des prix et la diffusion de masse des équipements et des services.

La décision française de revenir à une redevance proportionnelle aux résultats financiers (et en définitive très modeste) est un élément favorable au développement du secteur. Mais d'autres pays européens parmi les plus importants n'ont pas encore pris conscience de l'obstacle que constitue le prélèvement financier fixe et *a priori* au titre des licences, non seulement pour le développement de leur marché mais aussi pour le développement du marché européen dans son ensemble. Les États européens ont une responsabilité collective directe dans la réalisation du projet UMTS.

De façon générale, les effets externes positifs liés à l'économie de l'information et à l'innovation pourraient justifier non seulement que les États s'abstiennent de prélèvements excessifs mais qu'ils soutiennent les projets porteurs d'innovation. Une des suggestions possibles pourrait consister à ce que les investissements nécessaires en recherche technologique, en innovation et en développement de services nouveaux soient financés en commun

par le versement d'une partie des prélèvements fiscaux déjà réalisés par les États au titre des licences UMTS. Ces reversements nationaux pourraient être réunis dans un Fonds Européen pour le développement des nouveaux services de télécommunications. Une telle démarche permettrait de renforcer la capacité industrielle européenne dans le domaine des équipements, de rééquilibrer les prélèvements nets opérés par les différents États, enfin d'accélérer le développement de l'UMTS en Europe.

L'État doit aussi veiller au maintien d'une concurrence efficace. Le secteur des télécommunications est régulé parce que l'un des facteurs de production est un bien public et parce que la concurrence sur ce marché est nécessairement oligopolistique. Or l'accroissement des coûts fixes (équipements et licences) dans la nouvelle génération pousse à la concentration des marchés. Le paradoxe serait qu'après avoir réussi la deuxième génération en ouvrant le marché à la concurrence, l'arrivée de la troisième génération se traduise par une reconcentration excessive du marché. Dans le cadre actuel de la réglementation, l'interdiction de revendre les licences d'exploitation en cas de difficulté entraîne un coût de sortie du secteur. L'existence de coûts de sortie d'un marché perturbe aussi le processus d'entrée sur ce marché. Il est donc recommandé de créer un marché secondaire sur lequel les fréquences acquises pourraient être revendues de façon à encourager l'investissement par la diminution des coûts de sortie du secteur.

Les décisions du Conseil européen de 1998 laissant à chaque États le choix des modalités d'attribution des licences ont conduit dans le passé à une très mauvaise coordination des décisions nationales en partie responsable des difficultés rencontrées par le secteur et des problèmes de l'UMTS. Il semble donc qu'un élargissement du champ de la coordination communautaire soit nécessaire pour un développement harmonieux du marché et pour une plus grande efficacité du secteur. Le rôle des autorités nationales devrait naturellement rester fondamental pour la gestion des questions clairement locales ne relevant pas de l'échelon communautaire, mais une autorité communautaire devrait unifier les règles de base du secteur des télécommunications.

Une difficulté à laquelle l'Europe doit faire face rapidement est la distorsion de traitement entre les opérateurs créée par la disparité des modes d'attribution de licences d'exploitation. Comment par exemple régler le problème éventuel de fusion entre opérateurs qui disposeraient chacun de licences en Allemagne et en Angleterre ? De façon générale, il conviendrait que la commission énonce, même *a posteriori*, les règles de ce qui eût été souhaitable et qu'elle propose, à travers des arrangements fiscaux adaptés à chaque pays, un retour vers une situation jugée plus normale et plus cohérente entre pays. Quelques conclusions semblent aussi devoir être tirées d'une expérience de pilotage économique assez malheureuse, qui a finalement conduit le gouvernement français à revenir très largement sur des décisions antérieures inadaptées. Les études économiques qui n'ont manifestement pas été conduites avant le lancement du projet peuvent encore

l'être utilement sous réserve que des moyens y soient effectivement affectés. Il est frappant de constater à quel point des décisions publiques très lourdes en termes financiers ont été prises sans que les études économiques nécessaires aient été préalablement conduites. Or le projet UMTS, n'en est qu'à ses débuts et après la troisième génération une quatrième se profile déjà.

L'Europe a réussi la deuxième génération de mobile. Réussira-t-elle la troisième ? Sans prétendre répondre à cette question, nous insistons sur le fait que l'économie du projet suggère que la réussite sera d'autant plus assurée qu'elle sera collective, c'est-à-dire qu'une coordination suffisante aura pu être mise en œuvre d'une part entre les États, les opérateurs et les équipementiers, d'autre part entre les pays européens afin de développer rapidement un marché de masse. La révision des conditions d'attribution des licences décidée par le gouvernement français le 16 octobre 2001 est dans son principe conforme aux propositions que ce rapport s'appropriait déjà à formuler car elle a transformé une redevance fixée *a priori* en une redevance assise sur les résultats. Mais elle ne concerne que la France. Il convient maintenant de redonner au projet UMTS sa dimension européenne et de prendre collectivement une initiative de relance du projet au niveau européen.

Summary

Economic Analysis of the UMTS Project

Presentation and analysis

The third generation of mobile telecommunication networks should provide a common solution to what has been, up to now, two distinct communication needs: data transmission in all its forms and communication in situations of mobility.

The service offered by Global System for Mobile Communications networks (GSM) is not optimal for the transmission of data because the exchange of data is done most often by intermittent 'spurts' (a lot of data in a short period of time, followed by a longer period without data). Today, Internet Protocol (IP) technology is generalized for computer networks (Internet) to fixed terminals. It will be progressively used in networks of mobile telecommunication operator networks thanks to the Universal Mobile Telephone Service (UMTS) (the European standard for third generation mobile telecommunications).

The General Packet Radio Service (GPRS) is a first step that completes the GSM. The networks that use the GPRS mark the beginning of transmissions by packets with a transmission rate of 30 to 40 kilobits per second. The third generation systems generalize the switching by high-speed packets, theoretically up to 2 megabits per second. In practice, the average rate of the first UMTS networks would be from 64 to 144 kilobits per second, closer to the rates accessible to the current telecommunication networks with modems connected to PCs than to the theoretical rate of 2 megabits per second.

The technical standards of the second generation of mobile telecommunications were adopted in the early 1980s, during the commercialization of the first cellular technologies. The launching was rather slow. The development of the market started to accelerate in the mid-1990s. In all, wireless communications from the second generation (GSM, IS-95, PDC) now have several hundreds of millions of subscribers throughout the world. It is an exceptional success, notably for the market and the European telecom equipment makers (GSM).

The development of the mobile telephone has come up against several limitations that are related to this technology and its capacities, to the fragmentation of the world market and also to the beginning of a saturation that is beginning to appear in Europe. The UMTS is aimed at overcoming these limits and at offering new services.

The study of different aspects of the UMTS, however, points out numerous uncertainties in the following areas: the cost of investment, the distortions in the competition, the technology, the environment, the existence of competing alternative technologies, the real needs of consumers, the instability of the market structures and, finally, the timetable of availability of reliable terminals at affordable prices to the general public.

The construction of a telecommunication network implies fixed costs that represent a very large part of the production costs of telecommunication services. The short-term marginal cost (the cost of one minute of supplementary communication) is low and the average cost quickly decreases with the volume of communication. This, for a long time, favored a monopolistic situation in the markets. The emergence of digital technologies has allowed the coexistence of interconnected networks. It has also permitted the testing of advantages of competition with the appearance of value added services and especially with the appearance of the mobile telephone. Competition has turned out to be very beneficial for the development of the sector.

The competition does not call into question the existence of elevated fixed costs and the decrease in the average cost. It poses, thus, the question of the number of operators in a market where the supply remains oligopolistic. The important parameters are the shape of the curve of the long-term cost (existence of a minimal efficient size) and the elasticity of the telephone demand. The equipment of a UMTS network represents almost three times the cost of a GSM network. The fixed cost of a UMTS service is, thus, much higher than the fixed cost of a GSM network.

Barely eighteen months ago, the feeling was largely widespread that the new information and communication technologies would be at the origin of a new era of strong growth. In a climate of euphoria about the 'new growth', the financial markets capitalized on the hopes for a double-digit growth in telecommunications and logically posted sharp increases in stock prices. It was within this context that licenses for the utilization of frequencies were accorded to telecommunication operators for UMTS. In Europe, the total

amount of levies for UMTS licenses represented, in 2000, 130 billion Euros, or about 15% of the share capital market value of all the European telecommunication operators.

European governments have committed themselves, without common regulations and without previous studies, to the granting of frequencies to operators and this has led, in certain cases, to very high prices. An unfortunate consequence has been the considerable increase in the risk associated with projects, an increase in the cost of indebtedness and a drop in the due of companies. And the increase in risk is a collective loss. It is the risk that is the major problem in UMTS. The only appropriate economic answer was a quota tax, in other words, in which the amount was linked to the effective development in the sector. It is the solution definitely, and most recently, chosen by France.

The few economic studies available on the UMTS project suggest the very uncertain character of the expected profitability of the UMTS. A strong profitability cannot be excluded, but the risk of loss is high. An important concept in the economic analysis of telecommunications is the concept of 'ARPU' (average revenue per user). It corresponds to the total revenue of telecommunication operators related to the average number of subscribers. It was equal to 55.4 Euros per month in 1998 for mobile operators, then dropped to 38.5 Euros per month in 2000 and then once again dropped to 33.9 Euros per month for the first quarter of 2001 in France. The decline is related to the fact that the willingness of additional subscribers to pay is weaker than the average.

Principal conclusions

A projection model of the equilibrium of the French telecommunications sector by the year 2015 has been used in our study in order to explore the global financial perspectives of the sector. The central projection is based on the following hypotheses: UMTS would begin to be significantly substituted for GSM starting in 2004. The speed of penetration would be comparable to that of GSM, the rate of penetration passing from 10% to 70% in about six years. For the telephony GSM (voice only and SMS), the 'ARPU' would be pretty much stabilized in inflation-adjusted euros. For the UMTS, we have used for the first years (2002-2003), an 'ARPU' almost twice as high as that for the present GSM (70 Euros per month for the UMTS the very first years of the commercial launching), a slight decrease in the 'ARPU' in the first years with the effect of competition (about 60 Euros around 2006-2010, and then an increase again in the 'ARPU' which would be at the end of the period 50% higher than the 'ARPU' corresponding to voice only. The central scenario chosen from the beginning is that of the amount and terms of payment of levies such as they were projected during the initial granting of licenses in France (about 4.5 billion Euros per operator).

In the central scenario and for the entire sector, the need for financing the sector would be negative, but relatively modest, until 2007. Just for the UMTS, the need for cumulated financing would reach, however, about 15 billion Euros in 2005. It would then begin to decrease to return to zero after the end of the decade. These results show that the approximate equilibrium of the sector when looked at globally mask (and necessitate) very large internal redeployments between fixed phones and the GSM on one hand and the UMTS on the other hand.

The same model can be used to measure the impact of certain alternative hypotheses. Revenues 10% higher than the hypotheses of the central account (higher 'ARPU') would improve the average profitability rate for the sector by two points (and vice versa in the case of lower revenues). A reduction in the cost of equipment by 20% by pooling equipment would improve the profitability by three points.

The hypotheses of three operators (instead of four), a levy proportional to the amount of revenue and an extension to 20 years for the duration of licenses would all be favorable to the economic equilibrium of the sector. The changeover to a proportional levy instead of a fixed levy would have a very strong positive impact on earnings (+12 points on the profitability indicator). That is not its only interest. A levy that is proportionate to the turnover would not, of course, reduce the technological uncertainty of the project but it would considerably limit the financial effect of the commercial risk.

The model does not allow us to make a definitive conclusion about the alternative of three or four operators for the French market. The only conclusion is that a market with three operators would be more assured of success than a market with four operators, but that less competition would also probably result in a higher sales price to the consumer.

We would note that the same model used for the German market shows a very weak probability that six operators could be viable, notably given the elevated price of the licenses paid. The German situation is an element of instability for the entire European market.

The hypothesis chosen in this study is that Europe can succeed with its third generation of mobile phones, provided that new initiatives be taken and that the conditions for its development be reinforced in the future. What is really at stake is to know if a mass distribution can be hoped for soon. The technical and commercial uncertainties do not allow us yet to draw a definitive conclusion. From an economic point of view, an essential condition is a sharp decrease in the price of terminals. However, the price of terminals is obviously linked to the size of the market. Success is, thus, based on the capacity to generate on the scale of the European continent a virtuous circle between the lowering of prices and the mass distribution of equipment and services.

The French decision to go back to a levy proportional to the financial earnings (and, in fact, very modest) is a favorable element in the development of the sector. But other European countries, among them the biggest, have

not yet realized the obstacle that a fixed financial levy represents to the granting of licenses, not only for the development of their market but also for the development of the entire European market. Governments have a direct collective responsibility in the achievement of the UMTS project.

In general, the positive external effects linked to the economy of information and innovation could justify not only that the governments refrain from excessive levies but also that they support projects that bring about innovation. One suggestion is that the necessary investments in technological research, in innovation and in the development of new services be financed in common by a payment of a part of the taxation already levied by the governments for the UMTS licenses. These national payments could be put into a European Fund for the development of new telecommunication services. Such a step would allow the reinforcement of the European industrial capacity in the field of equipment, in re-balancing the net taxes levied by the different governments and, finally, in accelerating the development of the UMTS in Europe.

The government must also ensure the maintenance of efficient competition. The telecommunications sector is regulated because one of the production factors is a public property and because the competition on this market is necessarily oligopolistic. However, the increase in fixed costs (equipment and licenses) in the new generation has resulted in a concentration of the markets. The paradox would be that after having succeeded in the second generation by opening the market to competition, the arrival of the third generation would result in an excessive re-concentration of the market. Within the present framework of the regulations, the ban against reselling operating licenses in case of difficulty would bring about a cost of exiting the sector. The existence of costs for exiting the market would also disturb the entry process into this market. It is therefore recommended that a secondary market be created in which the frequencies acquired could be resold. This would encourage investment by lowering exit costs.

The decision of the European Council of 1998 which left to each State the choice of terms concerning the granting of licenses has led, in the past, to a very poor coordination of national decisions which are, in part, responsible for the problems encountered by the sector and the problems of the UMTS. Thus, it seems that enhanced coordination within the European Community is necessary for a harmonious development of the market and for better efficiency in the sector. The role of national authorities, while important, would be restricted to clearly local problems that have no relevance on the European Community level, whereas a European Community authority should standardize the basic rules of the telecommunications sector.

One difficulty that Europe must quickly face is the distortion of treatment of the operators, a situation that was created by the disparity in terms of granting operating licenses. How, for example, can we resolve the possible problem of a merger between two operators who would each have licenses

in Germany and in England? Generally, it would be necessary that the Commission set out, even a posteriori, rules on what would be desirable and that they propose, through fiscal arrangements adapted to each country, a return to a situation judged more normal and more coherent between the countries. Several conclusions also need to be drawn from a rather unfortunate economic pilot experience, which, in the end, led the French government to go back on its previous, unsuitable decisions. The economic studies that, obviously, were not conducted before the launching of the project can still be done, provided that the necessary means be given. It is striking to note to what extent public decisions, all with very heavy financial consequences, were made without having previously conducted the necessary economic studies. And the UMTS project is only in its beginning stages and a fourth generation is already being outlined.

Europe has succeeded in its second generation of mobile communications. Will it succeed in its third one? Without claiming to answer this question, we insist on the fact that the economy of the project suggests that the success will be even more assured if it is collective, that is to say, that sufficient coordination will have to be implemented, on the one hand, between the governments, the operators and the equipment makers and, on the other hand, by the European countries in order to rapidly develop a mass market. The revision of the terms for the granting of licenses which was decided by the French government on October 16, 2001 conforms to the proposals that this report was already preparing to formulate because it changed the fixed levy a priori to a levy based on earnings. But it only concerns France. It is now necessary to give once again a European dimension to the UMTS and to collectively take the initiative of relaunching the project at a European level.

PREMIER MINISTRE

Conseil d'Analyse Économique

Hôtel de Broglie 35 rue Saint Dominique 75700 PARIS
Télécopie : 01 42 75 76 46

Site Internet : www.cae.gouv.fr

Cellule permanente

Jean Pisani-Ferry

Président délégué du Conseil d'analyse économique

Mario Dehove

Secrétaire général

01 42 75 76 13

Joël Maurice

Conseiller scientifique
Membre du CAE

*Politiques structurelles
Questions européennes*

Laurence Bloch

Conseillère scientifique

*Commerce extérieur
Questions internationales*

Jean-Christophe Bureau

Chargé de Mission

*Agriculture
Environnement*

Éric Dubois

Conseiller scientifique

*Macroéconomie
Conjoncture*

Christine Carl

Chargée des publications et de la communication

01 42 75 77 47
c.carl@cae.pm.gouv.fr

Katherine Beau

Chargée d'études documentaires

01 42 75 77 40
k.beau@cae.pm.gouv.fr