

Puissance de la radio

Dans le vaste ensemble des technologies de l'information et de la communication, la radio occupe manifestement une place à part. Pour le public, elle est à la fois intime et mystérieuse...

par Jean-Marc CHADUC*

Qu'il s'agisse de la radiodiffusion, dont on a reconnu très tôt, dès les années 1920, la capacité d'influence sur l'opinion ou du radiotéléphone, qui, à partir des années 1990, est devenu l'instrument naturel de la « communication personnelle », sous la forme du « portable » ; la radio a investi la vie des hommes, jusque dans leur intimité. Mais, dans le même temps, cette technologie, qui met en œuvre des ondes invisibles, est mal connue ; elle souffre, en effet, de connotations vaguement magiques, voire sulfureuses. L'auteur pourrait citer bien des anecdotes piquantes sur ce thème, notamment depuis qu'une certaine opinion s'inquiète de l'effet potentiel des ondes sur la santé.

Pour nombre de professionnels extérieurs comme pour les pouvoirs publics, qui reconnaissent son importance économique, sociale, voire même politique, la radio apparaît souvent comme l'affaire de techniciens hautement spécialisés, avec lesquels il n'est pas aisé de débattre. Par ailleurs, elle ne s'inscrit pas facilement dans les habitudes de pensée communes. Souvent, son impact se révèle révolutionnaire, largement imprévisible : la radio a l'art de prendre à contrepied les experts, y compris ses propres techniciens. Que l'on songe, par exemple, aux débats des années 1970 sur l'ouverture du marché des télécommunications, ou à ces innombrables études publiées alors sur l'indispensable maîtrise des câbles téléphoniques pour permettre la concurrence : le radiotéléphone, dont personne n'avait prévu le développement explosif, a largement balayé toutes ces spéculations. Rappelons aussi ces anciennes lamentations sur le retard inexorable que prenaient les réseaux de télécommunications dans nombre de pays en voie de développement ; en quelques années seulement, la radio a bouleversé le paysage et donné un essor inespéré à d'innombrables

« petits métiers » de rue. Qui ne se souvient encore de l'étonnement général, au début des années 2000, quand on découvrit soudain l'impressionnante valeur financière que pouvait représenter une « bande de fréquences » ?

Nous nous proposons de décrire quelques traits qui font de la radio un atout majeur pour le développement de la société de l'information. Ce faisant, nous espérons convaincre le lecteur que, loin d'être une technique « à la marge », la radio se doit d'être placée au centre de la réflexion sur le développement des systèmes de communication électronique. A ce titre, il convient donc d'apporter une attention toujours plus grande à ses promesses et aux questions qu'elle soulève.

DES PROPRIÉTÉS UNIQUES

Ce sont peut-être des évidences, mais il n'est pas mauvais de rappeler certains caractères techniques, qui font de la radio une ressource unique pour construire la société de l'avenir.

D'abord, la radio est seule à même d'établir une communication entre deux points quelconques de notre planète ou de l'univers, cela, sans aucun support matériel. Disponible partout, sans limites théoriques de portée ou de capacité, indéfiniment neuve, elle est apte à établir des liaisons de tous ordres, sur des distances qui peuvent aller du voisinage immédiat à l'espace intersidéral. Dès l'époque héroïque de Marconi, au tout début du XX^e siècle, elle assurait la liaison avec les navires en haute mer, ce qui avait été impossible jusqu'alors. A

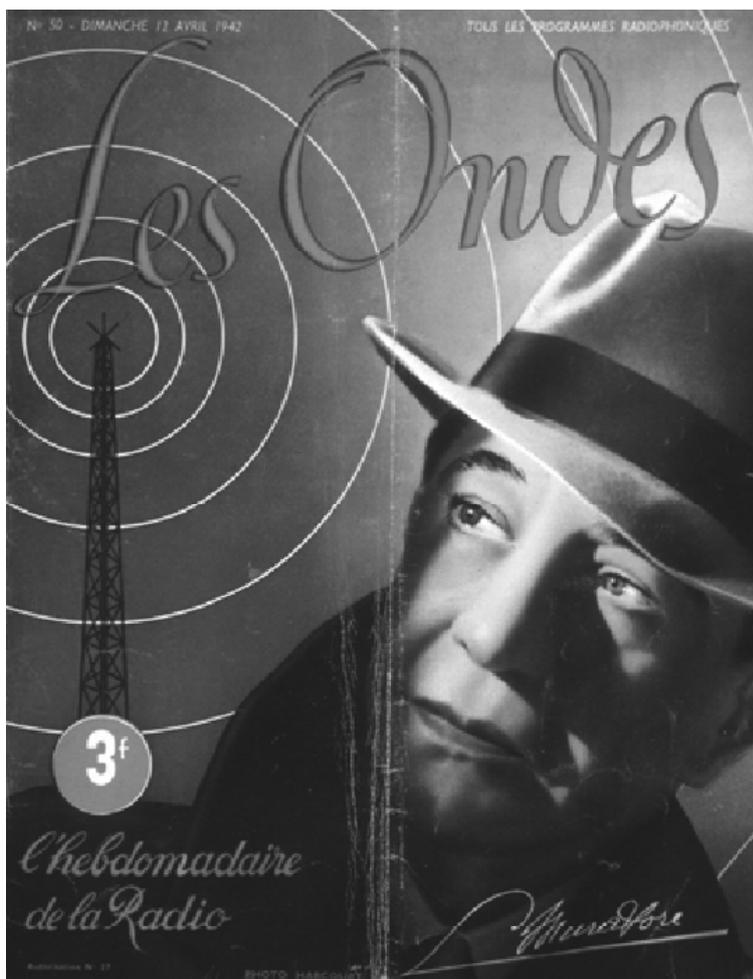
* Ingénieur général des télécommunications. Ancien directeur général de l'Agence nationale des fréquences.

partir des années 1960, elle a permis la conquête spatiale : sans radio, pas de satellites, ni d'explorations extraterrestres. De manière plus triviale, elle investit aujourd'hui la maison, la rue, le bureau ou l'usine, en multipliant des liaisons sans fil de toutes les espèces.

Corollaire de la propriété précédente : la radio est le seul moyen de communiquer avec des téléphones mobiles. Muni d'un « terminal », un mobile peut communiquer avec une station fixe par le biais d'une liaison radio, qui le « suit » partout. Désormais, plus personne ne s'étonne de pouvoir téléphoner ou surfer sur Internet à bord d'une voiture, d'un train ou d'un avion, aussi naturellement

que chez soi. A ce sujet, il est utile de souligner que la « mobilité », telle que la réglementation l'entend et telle que la technologie la conçoit, n'est pas principalement le fait de communiquer avec un mobile en mouvement, mais celui de joindre un terminal dont on ne connaît pas, a priori, la position dans une certaine zone de service. Ainsi, lorsqu'un usager téléphone avec son « portable », assis à la terrasse d'un café, il est considéré comme « mobile ».

Cette conception de la mobilité en tant qu'ubiquité, qui devient une exigence de base pour quantité de services, bien au-delà du téléphone, induit une organisation de plus en plus sophistiquée des réseaux. Aujourd'hui, les plus complexes sont les réseaux cellulaires (du type GSM ou UMTS), dans lesquels des logiciels extrêmement puissants suivent à la trace chaque abonné et aiguillent ses communications en conséquence, en temps réel et sans interruption. Pour augmenter « l'efficacité spectrale » des ressources radioélectriques allouées à chaque service particulier, c'est-à-dire le nombre de communications que celui-ci peut acheminer, dans une bande de fréquences donnée et sur un certain territoire, les « cellules », ces zones de



« Mais, dans le même temps, cette technologie qui met en œuvre des ondes invisibles est mal connue ; elle souffre, en effet, de connotations vaguement magiques, voire sulfureuses ». Couverture d'un numéro de la revue « Les Ondes » consacrée à la radio (12 avril 1942).

© Coll. KHARBINE-TAPABOR

service de chaque station d'infrastructure, deviennent de plus en plus petites (par exemple, de l'ordre de la centaine de mètres de rayon), de manière à pouvoir réutiliser ces mêmes fréquences un peu plus loin.

On conçoit aisément la complexité des acheminements, quand il faut couvrir une zone de service comme une grande métropole, au moyen de ces microcellules. On comprend aussi que le coût des investissements nécessaires à la construction de tels réseaux s'accroît rapidement, au fur et à mesure de leur densification.

Cette dernière réflexion nous amène, tout naturellement, à une troisième propriété, remarquable, de la radio, qu'on pour-

rait appeler la « couverture universelle instantanée ». Sur ce point, l'exemple des satellites géostationnaires de télécommunication (ou de télévision) est particulièrement parlant. Depuis son orbite géostationnaire, à 36 000 kilomètres d'altitude, un satellite est dans le champ de visibilité direct du tiers de la surface de la Terre « utile » (Les pôles ne sont pas couverts). Trois satellites judicieusement disposés au-dessus de l'équateur permettent donc de desservir toute la population du globe. Ainsi, un investissement relativement léger, déployé dans un délai assez bref, permettrait d'offrir d'emblée un service universel à tout le genre humain. On imagine le temps qu'exigerait le déploiement d'un réseau terrestre susceptible d'offrir le même service, et quel en serait le coût ! Bien entendu, la capacité d'un tel réseau satellitaire élémentaire est limitée, mais il sera possible de le densifier progressivement, si le marché plébiscite le service offert. On obtient ainsi, pour un investissement minimum, un service maximum capable de s'ajuster en permanence au trafic.

Cet exemple des satellites peut facilement être transposé à des services plus ordinaires. La radiodiffusion est un autre cas intéressant : un seul émetteur, d'un coût

très modique, n'est-il pas susceptible de desservir toute la région parisienne, du jour au lendemain ? Si le promoteur d'un nouveau service destiné aux entreprises veut couvrir d'emblée 80 % du marché national français, il lui suffit bien souvent, pour lancer son offre commerciale, de déployer quelques dizaines de sites bien choisis au voisinage des grandes agglomérations.

On pourrait clore ce bref tour d'horizon des propriétés « uniques » de la radio en insistant sur le sentiment de « liberté » qu'elle procure. Cette liberté, si prisée par nos contemporains sans cesse en mouvement, rétifs à toutes les astreintes physiques, réglementaires ou contractuelles, est, bien sûr, relative. Pour se développer et maintenir la qualité de ses services, la radio doit se soumettre à une multitude de contraintes de toute nature et ce, de plus en plus. Cependant, le mythe radio demeure fort, et traduit une réalité indéniable. On se souvient de l'enthousiasme militant qu'avait suscité naguère l'ouverture de la bande FM aux « radio libres ». Plus récemment, le succès des systèmes WIFI, qui permettent un raccordement sans fil des ordinateurs personnels au réseau Internet, s'est bâti largement sur le sentiment de liberté d'installation et de connexion, ainsi que sur une promesse de gratuité. On pourrait multiplier les exemples et, de fait, une des tendances importantes de la gestion du spectre est de faciliter l'usage de bandes de « plein droit ».

L'ESSOR DE LA RADIO

Les trente dernières années ont radicalement changé les usages de la radio et l'attribution des bandes de fréquences. Désormais, une partie toujours croissante du spectre est dévolue à des services commerciaux à très



© Detlev Van Ravenswaay/SPL-COSMOS

« L'innovation la plus récente est la géo-localisation, c'est-à-dire la possibilité de se situer exactement, à chaque instant, et de manière entièrement automatique ». *Satellite européen du réseau de géo-localisation GALILEO.*

Aujourd'hui, les services de radiodiffusion occupent sensiblement les mêmes bandes, mais, nous le verrons, avec une efficacité décuplée. En même temps, l'essentiel des bandes de fréquences inférieures à 3 GHz est utilisé pour permettre aux usagers d'accéder à des services mobiles commerciaux pratiquement inconnus jusqu'alors : radiotéléphonie, accès universel à Internet, géo-localisation. Beaucoup des bandes de fréquences nécessaires ont dû être rétrocédées par le ministère de la Défense. De même, presque toutes les liaisons radio d'infrastructure ont été supprimées et remplacées par des fibres optiques.

Une évolution du même type peut être constatée dans les services spatiaux. Les premières générations de satellites de télécommunications, dans les années 1970, servaient à réaliser des liaisons intercontinentales de point à point, pour permettre l'acheminement des circuits téléphoniques internationaux ou des programmes

(1) La principale caractéristique d'une onde est sa fréquence, exprimée en hertz, nombre d'oscillations par seconde. Les ondes radio vont de quelques kilohertz (1 kHz = mille hertz) à quelques centaines de gigahertz (1 GHz = un milliard de hertz). On dit que le « spectre » radio s'étend entre ces limites. Cependant, les ondes radio les plus utilisées ont des fréquences qui vont de quelques mégahertz (1 MHz = un million de hertz) à quelques gigahertz.

de télévision entre studios. Aujourd'hui, ces mêmes satellites sont principalement utilisés pour assurer la diffusion télévisée en direct, *via* les paraboles des abonnés.

Tout se passe comme si l'analyse de la valeur démontrait qu'une ressource rare, comme l'est le spectre radio, devait désormais être réservée aux applications pour lesquelles celle-ci s'avère irremplaçable, de par ses propriétés uniques évoquées plus haut. On constate d'ailleurs que la société adopte très vite les offres correspondantes, qui augmentent le confort et l'efficacité d'utilisation pour les personnes. En quelques années se sont ainsi créés des marchés de masse, qui se chiffrent en centaines de millions de clients. Ces derniers achètent des terminaux, s'abonnent, consomment du trafic. Les chiffres d'affaires qui en résultent sont tels, que les opérateurs valorisent aujourd'hui le spectre à des niveaux qu'on n'imaginait même pas à une époque, pas si lointaine, où il était quasiment gratuit. Rappelons qu'en 2000, le Royaume-Uni a mis aux enchères des bandes destinées au radiotéléphone de troisième génération : cette vente a permis de récolter près de 40 milliards d'euros.

On peut passer en revue quelques-uns de ces nouveaux marchés, qui, grâce à la numérisation systématique des signaux, ainsi qu'à la normalisation des codes et des protocoles d'échange, s'intègrent parfaitement dans la société de l'information et de l'économie numérique.

Le radiotéléphone est, sans conteste, le service qui a initié le mouvement et a déclenché la révolution des usages. Initialement réservé à un marché restreint (quelques dizaines de milliers de clients fortunés dans les années 1970), il est devenu, à partir des années 1990, l'instrument de base de la communication et de la transaction personnelles. Le nombre des « portables » a dépassé celui des lignes téléphoniques fixes. Dans les pays les plus développés, on compte plus d'un téléphone portable par habitant. Le GSM, standard européen en matière de téléphonie mobile, s'est imposé comme la référence dans le monde entier. Tous les dix ans, les opérateurs déploient une nouvelle génération de produits offrant des services de plus en plus puissants. Du téléphone, on est passé à l'Internet, puis à la vidéo. La communication des machines sera le prochain marché, et ce marché sera illimité. Le besoin en fréquences croît en proportion, au point que la radiodiffusion et le radiotéléphone se retrouvent aujourd'hui presque à égalité de capacité spectrale, et même désormais en concurrence, sur certaines bandes.

La radiodiffusion connaît des bouleversements tout aussi importants. Désormais, une simple parabole d'abonné orientée vers un bouquet de satellites géostationnaires placés sur une même position orbitale peut recevoir des centaines de programmes, de toutes origines, contribuant ainsi à faire de la planète le « village global » prophétisé par Marshall McLuhan.

La télévision terrestre n'est pas en reste. On sait qu'au terme de la transformation en cours, le même spectre hertzien, qui, comme en France, n'accueillait que cinq

ou six chaînes, permettra désormais de distribuer une cinquantaine de programmes, dont certains en haute définition et d'autres dédiés à la réception mobile. De plus, dans les grandes agglomérations, la portabilité des récepteurs sera assurée.

L'innovation la plus récente est la géo-localisation, c'est-à-dire la possibilité de se situer exactement, à chaque instant, et de manière entièrement automatique. L'on sait que c'est le système satellitaire américain GPS, qui est à l'origine du marché. Un concurrent européen, GALILEO, va bientôt voir le jour. Les réseaux radio-cellulaires terrestres, comme ceux du radiotéléphone, sont également susceptibles de fournir cette information. Les applications sont infinies : la possibilité de localiser en permanence chaque événement, chaque objet ou chaque personne, dans le temps et dans l'espace, ouvre des perspectives vertigineuses...

Une autre évolution de fond est la prolifération (discrète, mais irrésistible) des dispositifs radio à courte portée. Télécommandes, connectique sans fil, micros et caméras HF, détecteurs divers : des milliers d'équipements se banalisent, facilitant la vie courante. Nous en sommes de plus en plus dépendants. Leur fonctionnement nécessite de nombreuses bandes de fréquences, selon les services rendus. La gestion des ressources hertziennes correspondantes pose des problèmes spécifiques, car la diffusion de tels matériels est quasi impossible à contrôler. C'est pour eux, notamment, que doivent être ouvertes des bandes accessibles sans licence, dites « bandes de plein droit ».

Il est important de noter que ce bref tour d'horizon n'évoque que la radio « commerciale », qui concerne le grand public. Celle-ci mobilise environ 40 % des ressources spectrales « utiles » ; tout le reste est dédié à des applications régaliennes ou professionnelles : défense et sécurité, navigations maritime et aéronautique, météorologie, espace, science, etc. Le rôle de ces applications est bien sûr fondamental et leurs évolutions sont tout aussi impressionnantes (mais tout ne peut pas être dit dans un article).

QUELQUES QUESTIONS

Le contraste est grand entre la croissance exponentielle des marchés et la pénurie permanente de fréquences. A chaque moment de l'histoire, la ressource paraît strictement contingentée, alors que, dans le même temps, le nombre des usagers et des services s'accroît sans fin : comment expliquer ce paradoxe ?

Plusieurs causes jouent dans le même sens. La plus simple à comprendre est l'incessant progrès technologique. La numérisation de l'information, la puissance des composants électroniques, l'intelligence des réseaux se combinent pour utiliser de manière toujours plus efficace les bandes disponibles. On a évoqué plus haut les réseaux cellulaires, qui réutilisent indéfiniment les

mêmes fréquences. On pourrait tout aussi bien développer les avantages de la TNT, la télévision numérique terrestre, qui permet la transmission de cinq programmes à la fois, sur un seul canal de télévision traditionnelle.

Le profane mesure moins l'incessant labeur d'analyse de la valeur et de réglementation que doivent effectuer les instances spécialisées. L'Union internationale des télécommunications (UIT), la Conférence européenne des postes et télécommunications (CEPT), ainsi qu'en France, l'Agence nationale des fréquences (ANFR), travaillent à un chantier permanent, toujours recommencé, d'aménagement du spectre. Sans cesse, on analyse la pertinence des services, la quantité de ressources qui leur sont allouées, les clauses techniques qu'on leur impose. On décide de supprimer des droits, d'en créer d'autres ou, encore, d'établir des contraintes de coexistence entre services. Plusieurs milliers de personnes d'un très haut niveau technique, réparties dans le monde entier, conjuguent leurs efforts pour améliorer de jour en jour l'efficacité spectrale, adaptant, au plus juste, l'offre de ressources aux besoins réels.

Aussi la situation se caractérise-t-elle par un « équilibre précaire » permanent. La pénurie menace sans cesse, mais les efforts des experts et des opérateurs, l'étude et l'investissement permettent de surmonter les blocages. La ressource est rare, mais sa capacité est infinie.

En même temps, ces prouesses d'ingénieurs laissent certains insatisfaits et il est vrai que repousser sans cesse les limites nécessite de plus en plus de temps, suscite des procédures lourdes, bouscule et restreint les droits acquis, impose l'arbitrage des administrations. Aussi, ces dernières années, a-t-on vu se développer la tentation d'abandonner la décision au marché : puisque les voies traditionnelles sont de plus en plus complexes et lourdes, alors, laissons s'appliquer la loi de l'offre et de la demande, sous l'arbitrage de la finance.

Nous ne développerons pas ici toutes les propositions et tentatives en la matière, depuis la mise aux enchères de bandes jusqu'au « marché secondaire » du spectre. Si, dans certains domaines restreints, l'approche apparaît pertinente, elle ne peut pas concerner l'ensemble du spectre. Comment laisser le marché arbitrer entre les besoins des services commerciaux, de la défense nationale, de la sécurité publique et de la recherche scientifique ? Ils se partagent tous le même spectre ! Même en se restreignant aux services commerciaux, le marché peut-il arbitrer entre le radiotéléphone et la radiodiffusion ? Faut-il en rester aux « contenants » ? Ou bien ne faut-il pas faire valoir les « contenus » ?

Ces interrogations renvoient au problème de la redevance d'utilisation du spectre. Celui-ci est considéré comme un bien public inaliénable, administré par l'Etat, sous réserve des droits des autres Etats. Il apparaît assez légitime que tout utilisateur d'un tel bien paie une redevance à la collectivité, une sorte de loyer, en échange de la ressource qu'il immobilise. Or ce principe, très simple, suscite les mêmes polémiques que le recours au marché. Au nom de quoi, par exemple, la

défense nationale, domaine relevant de la responsabilité de l'Etat, devrait-elle payer une redevance à ce même Etat pour l'utilisation de ses fréquences ? Et pourquoi la radiodiffusion, investie de missions culturelles par cahier des charges, serait-elle mise sur le même plan que les télécommunications, dont le contenu est libre ? Le débat reste ouvert, mais beaucoup pensent qu'une redevance générale, même minimale, pourrait servir de « ticket modérateur » et renforcerait le débat sur le bon usage des ressources hertziennes.

Une autre école est aussi radicale que celle qui attend tout de la « main invisible » du marché, mais dans une logique inverse. Elle préconise une sorte d'utopie technique, qui banaliserait l'accès aux bandes de fréquences. Chacun aurait le droit d'accéder librement aux bandes de son choix, sous réserve de limites techniques générales permettant d'éviter les abus, tout en s'accommodant des utilisations déjà en place. Pour cela, chacun recourrait à une « radio intelligente », qui, à chaque moment et à chaque endroit, s'adapterait au mieux au contexte radioélectrique et trouverait le moyen le plus adéquat pour transmettre et recevoir, sans gêner autrui. Comme l'autre, cette philosophie libérale peut être mise en œuvre dans certains domaines spécifiques (par exemple, dans les systèmes à faible puissance), mais elle ne peut pas être la panacée.

LA GESTION DE LA RADIO

Les débats, qui précèdent, montrent que l'« autorégulation » de la radio n'est pas envisageable avant longtemps, et qu'elle semble, même, irréaliste. Le recours à des institutions de réglementation et de régulation est indispensable, si l'on veut garantir la qualité des services et l'augmentation indéfinie de la « capacité » du spectre. Si l'Etat et les assemblées internationales sont amenés à libéraliser toujours davantage la communication électronique, ils doivent demeurer les gestionnaires ultimes du spectre, afin de garantir les droits et de faire respecter les devoirs des innombrables utilisateurs, tous légitimes et concurrents, en matière d'accès à une ressource naturelle commune.

Deux niveaux paraissent pertinents. L'élaboration de la réglementation technico-administrative est de la responsabilité d'un ensemble de corps cités plus haut : l'UIT, la CEPT en Europe, l'ANFR en France. Les préconisations de telles instances doivent être entérinées par des règlements établis par les pouvoirs politiques : les Etats, l'Union Européenne. Ces règlements, ainsi que des lois générales touchant à des « exigences essentielles », comme, par exemple, la santé et la sécurité, ou au régime juridique des réseaux radioélectriques, constituent un cadre juridique. Cependant, il faut aller bien au-delà pour organiser l'assignation contractuelle de bandes à des opérateurs, fixer des priorités entre utilisations voisines, détailler et mettre en vigueur les normes des services, en un mot : pour gérer

la rareté de la ressource, au quotidien. C'est le rôle d'institutions particulières de régulation, qu'on a vues se créer en même temps que la concurrence s'instaurait sur le marché de la radiodiffusion ou des télécommunications : en France, ce sont le Conseil supérieur de l'audiovisuel (CSA) et l'Autorité de régulation des communications électroniques et des postes (ARCEP).

Il convient de souligner un caractère remarquable de la gestion du spectre, à savoir la culture du consensus. Dans tous ces organismes, la concertation est de règle. L'assistance est souvent pléthorique, les groupes de travail innombrables et redondants, l'ouverture aux tiers généreuse. Les débats sont âpres, parfois houleux, entre les protagonistes. Cependant, il existe une règle non écrite, qui est que l'on s'acheminera, tôt ou tard, vers un accord général. Si un tel accord n'est pas possible dans l'immédiat, la question litigieuse fera l'objet d'un réexamen, lors d'une réunion ultérieure : on ne procède jamais à un vote contraignant pour imposer l'avis d'une majorité.

Pourquoi ? C'est simplement le réalisme technique et l'intérêt bien compris de tous qui imposent de s'entendre. Les ondes ignorent les frontières et les autres limites administratives. Le spectre, on l'a dit, est un bien commun : pour un usage efficace de la radio, les droits et les devoirs s'équilibrent, en permanence. Aucun usager n'est isolé. Ce que chacun fait rejaillit obligatoirement sur l'autre. Tout écart par rapport aux règles se paie par des brouillages, qui ruinent la qualité. Services et opérateurs sont donc condamnés à progresser de conserve, ou bien à régresser.

UN FUTUR LARGEMENT OUVERT

Dans quelle direction va-t-on ? Les diverses questions que nous avons évoquées montrent que l'avenir est grand ouvert. Il est certain que les usages de la

radio vont continuer de croître rapidement. De nouvelles ressources spectrales apparaissent dans des bandes de fréquences très élevées, jusqu'ici peu utilisables. La technologie, l'analyse de la valeur, la cartographie précise des champs radioélectriques mis en œuvre, ainsi que des réglementations toujours plus affinées, permettent d'augmenter sans cesse l'efficacité du spectre. On ne doit donc redouter aucune pénurie.

La principale interrogation porte, en réalité, sur les modes de gestion de la ressource. Le temps où des administrations pouvaient décider, dans le détail, des caractéristiques de chaque service, de chaque émetteur, sur chaque site d'émission, est aujourd'hui révolu. Tout concourt, sous peine de blocage du développement, à décentraliser l'analyse et la décision, à augmenter la liberté et la responsabilité des utilisateurs. Comment faire, pour garantir à tous une ressource hertzienne suffisante, de qualité, sans délais excessifs de mise à disposition ? Plusieurs thèses sont sur la table. Les experts et les régulateurs sont placés devant des choix difficiles, mais ils sauront relever le défi, comme ils ont franchi tous les autres obstacles, depuis que la radio existe – plus d'un siècle, déjà – notamment en multipliant la capacité à l'infini.

BIBLIOGRAPHIE

Jean-Marc CHADUC, « La gestion des fréquences ». Editions Lavoisier, Collection technique et scientifique des télécommunications, Paris, 2005.