



Economie des fréquences : fondements théoriques

Laurent BENZONI

1990

TERA Consultants
32, rue des Jeûneurs
75002 PARIS
Tél. + 33 (0) 1 55 04 87 10
Fax. +33 (0) 1 53 40 85 15

S.A.S. au capital de 200 000 €
RCS Paris B 394 948 731

Economie des fréquences : Fondements théoriques

Laurent BENZONI

1990

Je remercie pour leur aide précieuse : Etienne Carpentier, Eva KALMAN et Thierry VERLYNDE et les membres du département Economie & Management de Télécom-Paris.

Matière première de tout système de radiodiffusion, de télédiffusion ou de radiocommunication, le spectre des fréquences radioélectriques est une ressource naturelle rare. Tel est l'axiome de base sur lequel s'appuie généralement l'analyse économique du spectre hertzien.

Force est de constater que, jusqu'à présent, la réflexion économique sur cette *ressource invisible* selon le mot de LEVIN [1971] s'est essentiellement développée aux Etats-Unis. Sur le continent européen, les économistes sont longtemps restés en marge des débats qui se déroulaient dans les champs technique, juridique et politique. Cette divergence d'intérêt entre les économistes des deux rives de l'Atlantique s'explique par les contextes structurels et institutionnels forts différents dans lesquels se sont développés les usages de la ressource hertzienne: diffusion radio ou télé, radiocommunications,....

Toutefois, les débats commencent aujourd'hui à se poser dans des termes sensiblement identiques dans tous les pays du monde, indépendamment des régimes juridiques ou institutionnels en vigueur. Ces débats procèdent du même constat, la ressource hertzienne se raréfie. Et, cette raréfaction ne trouve pas son origine dans les seuls mécanismes institutionnels, elle émane d'une demande croissante d'usages induits par les progrès techniques, demande qui se heurte à une ressource qui apparaît de plus en plus comme un goulet d'étranglement.

Or les situations de rareté trouvent un écho dans toutes les théories économiques [BENZONI, 1985]. Pour certaines d'entre elles, la rareté constitue même leur raison d'être.

Cette contribution débutera par un cadrage général des problèmes de rareté rencontrés au niveau des ressources hertziennes. Ensuite, nous présenterons l'approche économique du spectre hertzien à partir de la théorie des droits de propriété. Nous prolongerons alors cette analyse en systématisant l'analogie entre le sol et le spectre en montrant que, si l'analogie est pertinente, le spectre doit être analysé à l'aide des théories de la rente foncière. Enfin, nous concluons sur quelques pistes pour affronter les problèmes actuels rencontrés dans la gestion du spectre.

L'incursion ancienne des économistes américains dans les débats sur le spectre hertzien s'explique historiquement par la spécificité de l'environnement institutionnel aux USA. Dans ce pays, le spectre est devenu ressource publique en 1927. Mais, à l'exception de quelques utilisateurs en charge des fonctions régaliennes de l'Etat

(défense, police et divers services publics), les utilisateurs du spectre ont toujours été des *entités privées* (radio, chaînes de télévision, opérateurs de télécommunications, compagnies d'électricité,...).

Le premier problème d'allocation de cette ressource renvoie ainsi à des rivalités entre *acteurs privés* évoluant dans un contexte marchand pour accéder à une ressource publique. Or, cette ressource publique aux Etats-Unis, comme dans tous les pays du monde jusqu'à récemment d'ailleurs, est concédée gracieusement aux utilisateurs, moyennant le respect d'un cahier des charges et des frais de gestion de dossier symboliques.

Dans le contexte américain, les décisions publiques quant à l'offre de la ressource hertzienne recouvrent des enjeux d'autant plus importants qu'elles conditionnent en grande partie l'organisation de la concurrence au niveau des secteurs utilisateurs. Rappelons par exemple que, dans les télécommunications, la décision "Above 890" de la F.C.C., prise dès 1959, ouvrait une brèche dans le monopole des infrastructures de réseaux à travers la possibilité d'utilisation des fréquences hertzienne par toute entreprise pour installer des liaisons spécialisées à usage interne [BROCK G., 1981].

Dans les années soixante-dix et quatre-vingts, l'intensification et l'accélération de la déréglementation des télécommunications ne font qu'exacerber cette situation. Des opportunités nouvelles de by-pass de réseaux locaux, de construction de micro réseaux privés de radio-mobiles, etc..., surgissent. Les demandes de fréquences croissent dans une proportion telle que la FCC est contrainte de modifier les règles d'attribution ; plus de 1 500 000 demandes de fréquences concernant les seuls radiotéléphones ont été registrées entre 1984 et 1988 [NTIA, 1988]. Face à l'emballement de la demande de nouvelles procédures d'attribution ont été expérimentées pour éviter tout autant des décisions discrétionnaires arbitraires que pour éviter l'engorgement des services administratifs chargés de dépouiller les dossiers ou d'entendre les postulants (hearings). Parmi les méthodes employées dorénavant on trouve le système de tirage au sort par loterie, d'enchères au mieux disant, enfin attribution de fréquences sans détermination a priori de leur utilisation finale par les acquéreurs du droit d'usage ("*flexible allocation*", [FCC, 1985]). Ces nouveaux mécanismes, nous le verrons par la suite, se font en partie l'écho des réflexions menées par les économistes américains depuis le début des années cinquante.

Cette saturation du spectre provoquée par une demande émanant des marchés des

usages de plus en plus libéralisés, ne se retrouve pas en Europe dans des proportions aussi dramatiques, parce que la libéralisation des usages sur le marché du spectre est récente et que cette libéralisation s'effectue de façon progressive et contrôlée. Historiquement, les arbitrages autour de cette ressource ont engagé quasi-exclusivement des organismes publics sans vocation marchande a priori [cf. NEBES, 1988]. Les enjeux liés à cette ressource n'ont donc pas été abordés comme des problèmes marchands. L'évaluation du *gisement* disponible de la ressource et l'optimisation de sa gestion ont toujours été traitées d'un point de vue technique, la détermination de la nature de la ressource, sa classification, le mode d'organisation des instances en charge de son attribution relevaient du domaine juridique, la détermination des usages et des utilisateurs de la ressource procédait quant à elle du débat politique. Ainsi, dans ces trois domaines, technique, juridique et politique, la littérature européenne sur le spectre est relativement abondante, tandis que les études économiques restent fort peu nombreuses. Les analyses économiques n'ont donc pas pénétré les débats sur l'attribution des fréquences. Significativement, le Royaume-Uni qui s'est engagé le plus rapidement dans la privatisation et la concurrence dans l'audiovisuel et les télécommunications, est le pays européen où la littérature économique sur les ressources hertziennes est la plus conséquente [par ex.: JONSCHER, 1987]. Il reste que la saturation de la demande par le flot des usagers potentiels ne s'est pas manifestée encore dans des proportions aussi intenses qu'aux Etats-Unis.

Cette première forme de saturation est une **saturation d'usagers**. Elle est liée aux mécanismes institutionnels en vigueur qui contraignent plus ou moins fortement l'expression d'une demande. Elle concerne la concurrence interne à une bande de fréquences dédiée à un usage défini. Cette forme de saturation est donc forte et historiquement ancienne aux Etats-Unis, elle est faible et plus récente en Europe. Sur ce point, les pays européens devraient se rapprocher des Etats-Unis dans les années à venir et connaître eux aussi cette forme de saturation. La France a ainsi découvert ce problème d'attribution des fréquences au début des années quatre-vingts au moment de la libéralisation des bande FM pour les stations de radio. Les péripéties de cette libéralisation ont sans doute permis une première prise de conscience dans le grand public et dans le monde politique de la rareté du spectre.

Le progrès technique est à l'origine d'un second type de saturation : **la saturation d'usages**. Cette saturation renvoie à la possibilité nouvelle de développer de nouveaux usages des fréquences hertziennes dans des conditions économiques satisfaisantes [ZINOVIEFF, 1989]. A court terme, ces nouveaux usages englobent

principalement les systèmes de radiocommunications avec les mobiles : paging, radiotéléphone, pointel, etc.... Liée au progrès technique, la saturation d'usages concerne autant l'Europe que les Etats-Unis. A la nuance près que ces derniers, en raison d'une demande antérieure d'usagers plus forte, connaissent actuellement un encombrement de leur fréquences sans doute plus important, qui augmente d'autant la saturation d'usages.

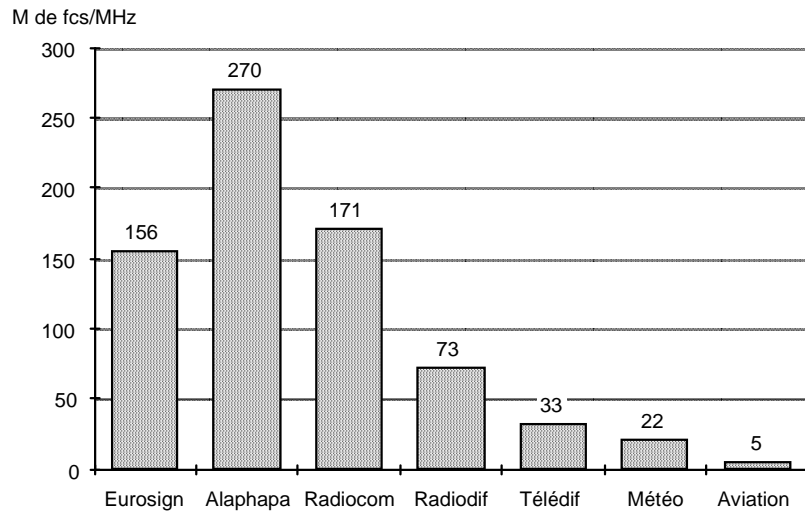
Le développement de ces nouveaux usages dans les contextes actuels pose des problèmes d'un autre ordre puisque la concurrence entre usages ne concerne pas la compétition pour **l'attribution** d'une bande de fréquences, elle concerne la **répartition** des fréquences. Chaque forme de saturation renvoie donc à un niveau différent de concurrence : concurrence intra-bandes de fréquence pour la saturation d'usagers, concurrence inter-bandes de fréquences pour la saturation d'usages. Au niveau du spectre, deux usagers concurrents sur un usage, peuvent devenir alliés dans la concurrence entre usages.

Toutes les études convergent, aux Etats-Unis comme en Europe pour admettre que la concurrence inter-usages, et donc le mode de saturation qui la sous-tend, va inéluctablement s'exacerber [ETCO, 1988] : d'une part entre les services marchands : systèmes de diffusion (télévision ou radio) et les systèmes de radiocommunication ; d'autre part entre services marchands et services non marchands (armée, police,...). Cette confrontation conduit rapidement tout observateur à s'interroger sur la rationalité économique de la répartition actuelle du spectre hertzien.

En effet, le chiffre d'affaires dégagé par les différents services marchands utilisant la bande hertzienne varie de 1 à 25 (graphique 1). En conséquence, les opérateurs de systèmes de radiocommunications pourraient payer l'usage de la ressource hertzienne entre 18 et 42 millions de francs par MHz aux Etats-Unis [PERTON, 1989]. En France une estimation pour le radiotéléphone donne un chiffre de 63,4 MF par MHz [CNET, 1987], ce qui représenterait pratiquement deux fois le chiffre d'affaires actuel par Mhz d'une télévision diffusée par voie hertzienne en France.

Graphique 1

Chiffre d'affaires de différents services par Mégahertz utilisé



Source : Dépt Economie ; Télécom-Paris.

Les experts s'accordent à dire que le problème essentiel provient de la place insuffisante attribuée aux radiocommunications, étant donné les potentiels économiques énormes que recèlent dorénavant ces systèmes. Ceux-ci occupent actuellement environ 15 % du spectre dans la plupart des pays : c'est trop peu, si l'on souhaite développer ces nouveaux systèmes. Cette répartition paraît d'autant plus gênante que certains utilisateurs du spectre recourent à la ressource hertzienne pour fournir un service fixe, c'est à dire un service où les installations et les usagers ne se déplacent pas dans l'espace. Or ces services, la télévision en particulier, possèdent un moyen de substitution évident pour assurer la transmission de leur information (voix, données ou image): le câble. En revanche, les services mobiles (autoradio, radiotéléphone de voiture,...) ne disposent d'aucun substitut pour la transmission et sont exclusivement attachés à la disponibilité des fréquences hertziennes.

Saturation d'usages ou saturation d'usagers, il est clair que le spectre est devenu une ressource de plus en plus **rare**, sous la pression conjuguée du progrès technique et de la libéralisation des marchés d'usages de la fréquence. Cette rareté ira en s'accroissant, aucun pays du monde ne pourra ignorer cette situation et faire l'économie d'un réaménagement de la répartition actuelle des ressources hertziennes.

A situation nouvelle débats nouveaux, en Europe, la nouveauté du débat sera, de toute évidence, l'introduction des critères économiques dans les décisions de réaménagement du spectre. D'une part, parce que les enjeux sont économiques (le

chiffre d'affaires réalisé par les services utilisateurs des fréquences hertziennes représenterait, en Europe, environ 100 milliards de francs en 1988) ; d'autre part, parce que les situations de rareté sont au coeur des réflexions économiques.

La situation actuelle est d'autant plus intéressante pour les économistes, que cette ressource très rare n'a pas de prix, dans le sens où son propriétaire actuel, l'Etat, la met quasi-gratuitement à la disposition des usagers, à l'exception de quelques usages. Nous allons donc présenter de façon synthétique l'approche du spectre par la théorie économique.

2/ Spectre hertzien et théorie des droits de propriété

La demande pressante de canaux hertziens par de multiples chaînes de télévision dans l'immédiat après-guerre au détriment des grands utilisateurs de l'époque suscite les premières réflexions économiques sur le spectre [HERZEL, 1951]. Observant que les utilisateurs de statut privé du spectre ont l'habitude d'acheter leurs consommations intermédiaires (machines, terrains,...) sur des marchés, en concurrence avec d'autres acheteurs, HERZEL pense que la ressource hertzienne, qui n'est pense-t-il qu'une consommation intermédiaire parmi d'autres, doit aussi faire l'objet d'une concurrence entre utilisateurs potentiels. Il propose donc que cette ressource hertzienne soit mise en concurrence entre utilisateurs sous la forme d'enchères remportées par le plus offrant au lieu d'être allouées gratuitement moyennant des frais symboliques de gestion de dossier. Implicitement, l'Etat se comporte comme un agent maximisant le revenu des ressources naturelles qu'il monopolise, indépendamment de toute référence à la maximisation du bien-être collectif qu'il est censé représenter.

La faille de ce raisonnement apparaît à Ronald COASE lorsqu'il s'intéresse pour la première fois à cette question en 1959, année de la décision "Above 890". S'appuyant sur des exemples précis, il commence d'abord par montrer l'inaptitude de l'Etat à gérer correctement la ressource sur les bases de la réglementation en vigueur [COASE 1959]. En premier lieu, il souligne l'arbitraire des attributions, source d'inefficacité dans l'utilisation de la ressource. Il cite à cet égard un responsable de la F.C.C. qui déclare : "Je suis de plus en plus embarrassé pour expliquer pourquoi une firme sidérurgique établie dans une grande ville se désespère d'obtenir des fréquences sans pouvoir utiliser les fréquences attribuées au service public des forêts dans un endroit où il n'y a pas d'arbres". En second lieu, il montre les conséquences néfastes et perverses du système de la gratuité. Les chaînes locales de télévision, écrit-il, se revendent à des prix oscillant entre 5 et 20 millions de dollars. Ces sommes

dépassent amplement la valeur des équipements de transmission et de régie de ces entreprises. Le surprix payé par les acheteurs représenterait le droit d'émission des images et donc le prix d'accès au spectre. Ainsi, les utilisateurs du spectre revendent, en aval, une ressource que l'Etat leur a concédée gracieusement en amont. En termes plus directs, l'Etat se fait spolier et apparaît comme un piètre défenseur de l'intérêt de ses citoyens.

Pour pallier ces insuffisances, l'espace hertzien doit faire l'objet de **droits privés de propriété librement transférables** sur un marché. L'analogie avec le sol est alors mise à contribution pour justifier cette position radicale. Le sol est **disponible à l'état naturel**. Il est **rare**, dans le sens où sa surface n'est **pas extensible**. Il peut être valorisé par des **usages alternatifs** et **concurrents** (agriculture, zones industrielles, immeubles de bureaux, habitation, etc...). Il est **saturable** car une portion de sol ne peut servir à de multiples usages ou usagers. Le spectre possède des propriétés identiques. Or, contrairement au sol, il n'est pas appropriable et il n'est pas vendu sur un marché.

Pour expliquer cette incongruité, COASE rappelle qu'un marché ne peut exister que sur la base d'une reconnaissance des droits de propriété garantis par la loi qui prévoit des sanctions pénales lorsque ces droits ne sont pas respectés. Pour le spectre hertzien, ces droits n'existaient pas lorsque se multiplièrent les stations de radio privées aux Etats-Unis pendant l'entre deux-guerres. Cette situation aboutit à une conquête sauvage du spectre y compris dans les bandes utilisées jusqu'alors par le Département de la Défense. En outre, surgit très vite le fameux problème des interférences qui rendaient inaudibles pratiquement toutes les émissions. En l'absence de tout droit de propriété, les utilisateurs privés étaient incapables de résoudre par les méthodes contractuelles ou juridiques classiques les interférences. Comment arbitrer des conflits de voisinage entre des propriétaires ne pouvant faire valoir leurs titres de propriété ?

Cette expérience désastreuse de concurrence sans droits de propriété de la ressource hertzienne fût à l'origine de la loi de 1927 qui remit entre les mains de l'Etat la propriété et l'autorité sur l'ensemble du spectre hertzien, au lieu d'aboutir à l'établissement et à la reconnaissance de droits de propriété privés. Pour COASE, un retour en arrière est souhaitable car le marché, par sa souplesse due à la multitude de ses intervenants, par la possibilité de nouer et de dénouer, rapidement et librement, des contrats favorisera une meilleure allocation de la ressource que ne fait le système de gestion centralisée.

Il faut donc ***transformer la ressource publique en bien privé***.

Toutefois, conscient des externalités importantes associées à l'usage du spectre (il évoque sur ce point PIGOU), COASE pense que l'Etat ne peut se désintéresser du fonctionnement de ce marché. Les autorités réglementaires auront pour fonction de limiter le pouvoir des chaînes de radio ou de télévision, marché particulier où les initiatives commerciales privées affectent des millions d'auditeurs ou de téléspectateurs. Il lui semble aussi impératif de réserver certaines bandes aux usages où l'intérêt public semble évident (défense, police, pompiers,...). En cas de nécessité, les interventions de l'Etat altéreront les droits de propriété des utilisateurs, cela modifiera le prix de marché des fréquences concernées et provoquera les réallocations souhaitables. COASE évoque ainsi, dans certaines circonstances et pour certaines bandes, la pratique de ***zoning***, véritable plan d'occupation des fréquences (assimilable au plan d'occupation des sols).

Etudiant ultérieurement la gestion des fréquences des organismes gouvernementaux assurée par l'IRAC, COASE élargit son analyse et préconise l'intégration des utilisateurs étatiques dans les mécanismes de marché (armée par exemple) [COASE, 1962]. Cette confrontation des organisations non-marchandes à la concurrence facilitera, selon lui, les procédures de réallocation, limitera les risques de sur-allocations, donc de gaspillages, inhérents à la gestion administrative du spectre hertzien.

Ces articles très novateurs constituent, aujourd'hui encore, les références fondamentales autour desquelles s'articulent les contributions ultérieures des économistes américains qui se sont intéressés ou s'intéressent au spectre hertzien. Certains contesteront la logique coasienne [MELODY, 1980, WHITERS, 1989, par exemple], mais nombre de recherches s'inscriront dans son prolongement.

Il manque néanmoins deux types de spécifications à l'argumentation de COASE pour être plus achevée et plus convaincante :

- ***le marché sera-t-il plus efficace que l'administration*** ? les coûts de transaction inhérents au fonctionnement des marchés : recherche d'information, rédaction des contrats, procédures de contrôle, etc... ne risquent-ils pas en définitive d'être supérieurs dans un système décentralisé, parce qu'il sont dupliqués, plutôt que dans un système centralisé ?

- Comment gérer **la transition entre les deux systèmes** ? le processus de création des droits de propriété ? Quelle est la valeur du spectre hertzien ? Comment l'évaluer sur une base acceptable par toutes les parties en cause ?

Ces deux types de questionnements vont donner lieu à des investigations spécifiques.

Sur le premier point, COASE, MECKLING et MINASIAN modélisent les articles pionniers de COASE et tentent une introduction peu convaincante des coûts de transaction [COASE, MECKLING et MINASIAN, 1963]. En effet, partant d'une hypothèse de coûts de transaction inférieurs dans le cas du marché, ils démontrent effectivement que cette forme d'organisation est plus efficiente que l'administration centralisée. Poursuivant dans cette voie, MINASIAN publie une étude historique pour démontrer les mécanismes de concurrence en vigueur pendant les années vingt [MINASIAN, 1969]. Six ans plus tard, il produit une typologie extrêmement fouillée des coûts de transaction associés à la gestion du spectre hertzien [MINASIAN, 1975]. Il étudie ainsi de multiples formes de réallocation du spectre en tenant compte des contraintes liées aux interférences. L'objectif étant de lever le doute des ingénieurs et des économistes quant à la faisabilité de la détermination des droits de propriété sur le spectre.

L'idée centrale consiste à postuler qu'à l'instar du sol, la gestion des droits de propriétés sur le spectre hertzien implique simplement d'ériger des "**barrières électroniques**" [MUELLER, 1988] qui seront évolutives en fonction des innovations et des réallocations [pour une analyse analogue sur les orbites géostationnaires et les satellites LEVIN, 1988 ou OPINA, 1987]. Si les mécanismes présentés préfigurent les modes d'organisation et d'administration d'un marché du spectre aucune évaluation systématique des coûts du marché n'est, en revanche, proposée (coûts des barrières électroniques, financement de la *police* des ondes, etc...).

En fait, plutôt que de comparer les coûts de gestion des systèmes alternatifs, les études s'attachent surtout à quantifier précisément les coûts et inefficacités de la gestion centralisée. Ces inefficacités sont considérées comme autant d'économies à réaliser par le biais du marché [cf. JONSCHER, 1987]. Les inconvénients associés au fonctionnement du marché sont éludés ou juste évoqués, jamais évalués, y compris d'ailleurs par les défenseurs d'une gestion publique. Cette carence de données provient sans doute de l'absence d'expérience en grandeur d'un marché du hertz qui

servirait de base pour évaluer ses inefficacités potentielles. A cet égard, la décision récente de la Nouvelle-Zélande de créer un tel marché aidera peut-être à combler cette lacune [FOSTER, 1989]. Pour l'instant, la comparaison gestion publique/gestion privée reste sans réciprocité ; seuls les coûts d'un mode d'organisation représentent les gains de l'autre ; inéluctablement, la balance penche en faveur du marché.

Faute de comparaisons empiriques satisfaisantes et en l'absence de modèles théoriques pertinents, la préférence pour le marché procède de l'intuition, de la pétition de principe ou de l'acte de foi. Mais en se plaçant sur ce terrain on supposerait que l'approche du spectre par la théorie des droits de propriété s'inscrit dans une logique à laquelle on peut opposer une autre logique, celle de la gestion centralisée, sans que l'on puisse disposer de critères pour choisir l'un des deux modes d'organisation en toute connaissance de cause.

La question de la **transition** entre les deux systèmes donne aussi lieu à de nombreuses réflexions. Toutefois, les auteurs s'intéressent moins, dans cette perspective, au titre de propriété lui-même qu'aux relations entre propriétaires et utilisateurs à travers les contrats de concessions octroyés pour l'usage du spectre. Trois types de propositions dominent la littérature concernant ces concessions:

- elles doivent être attribuées sous forme d'enchères ;
- elles doivent être librement transférables pendant toute leur durée ;
- le prix de mise aux enchères doit être évalué au coût d'opportunité, c'est à dire au coût de substitution entre usages ou entre supports de transmissions lorsque cela est possible, ou par d'autres moyens lorsque la bande de fréquences ne supporte pas d'usage alternatif et ne peut être substituée par aucun autre support de transmission des signaux.

Quelques remarques s'imposent sur ces points. La vente aux enchères des concessions participe à la réalisation concomitante de trois objectifs : créer les droits de propriété, provoquer simultanément une allocation optimale des fréquences, maximiser le revenu de l'Etat vendeur. La recherche théorique sur les mécanismes d'enchères a remarquablement progressé ces dernières années [NAEGELEN, 1988]. Cependant, les résultats obtenus jusqu'à présent ne permettent pas de garantir que les processus d'enchères dans le domaine des fréquences aboutiront aux objectifs désirés. D'une part, le mécanisme d'enchères ne concerne pas que le seul marché des fréquences. En effet, le prix et la quantité des ondes acquises interagissent, de toute évidence, avec le fonctionnement des marchés aval utilisateurs de la fréquence :

marchés de la télévision, de la radio, du radiotéléphone, etc... Les mécanismes d'enchères sur le spectre doivent, en toute rigueur, tenir compte de ces interactions et donc s'inscrire dans une analyse en terme d'équilibre général. Or, la théorie des enchères ne produit des résultats que dans les analyses en terme d'équilibre partiel ; elle ne sait pas encore intégrer les interactions mentionnées entre plusieurs marchés. En conséquence, parmi les trois objectifs recherchés, seul le premier est assurément réalisé, à savoir la création des droits de propriété. En revanche, rien ne peut nous garantir que les deux autres objectifs seront atteints : ce qui est un vrai problème. Tout autre mécanisme que celui des enchères est alors théoriquement justifiable, enchères restreintes, accords de gré à gré, etc....

La durée des concessions constitue, dans les modèles, une donnée exogène de l'enchère. Or si des usages alternatifs entrent en concurrence, la durée de la concession n'est plus neutre sur le résultat de l'enchère. Ainsi, pour une durée de concession de 5 ans, les usages présentant les temps de retour des investissements les plus courts et inférieurs à 5 ans sont favorisés par rapport aux autres. Ils dégagent un flux net de revenu leur permettant de remporter l'enchère. Le même appel d'offre passé avec une durée de 10 ans de la concession peut provoquer une inversion de la rentabilité des projets. Les usages évincés dans le premier cas seraient alors en position favorable dans le second cas. C'est un problème classique de choix d'investissement. Le résultat des enchères et donc la répartition des fréquences dépendent de la durée des concessions, c'est-à-dire de la préférence pour le présent de l'administration vendeuse, critère éminemment subjectif. Un critère aussi subjectif peut lui être substitué, celui de la préférence pour les usages de l'administration. En fonction de cette préférence, le vendeur déterminera les durées de concessions. Solution de quasi statu-quo par rapport à la situation actuelle, où l'administration décide de la répartition des usages sur tout le spectre. La durée des concessions est définie en fonction des usages, la concurrence sur les enchères engage uniquement des offreurs du même usage.

On notera en outre qu'en l'absence de certitude quant au renouvellement des concessions, la ressource hertzienne est traitée par les acheteurs de concessions comme une **ressource épuisable** [GIRAUD, 1987]. Ils maximisent en effet leurs objectifs en fonction d'une ressource dont ils disposent sur une période limitée. Transformer par le biais d'un mécanisme économique *ad hoc*, une ressource inépuisable en terme physique en une ressource épuisable en terme économique, ne conduit sans doute pas à une allocation des fréquences incontestable. La fusion du statut de propriétaire et de celui d'exploitant de la ressource constitue un moyen de

lever définitivement cet obstacle. Mais nous ne savons pas créer de droits de propriété privés dans des conditions d'optimalité économique irréfutables (cf. supra). Doit-on envisager de faire exploiter toute la ressource par le propriétaire actuel ? Une autre procédure envisageable consiste à accorder la concession *ad æternam* à un exploitant privé ou public sous condition que celle-ci soit exploitée, à tout moment, dans les meilleures conditions possibles. Nous retrouvons là une structure classique de contrôle réglementaire avec tous les problèmes bien connus qu'elle soulève (contrôle effectif par l'administration, définition des contraintes, etc.).

3/ SPECTRE HERTZIEN ET THEORIE DES BIENS FONCIERS

Les recherches précédentes existent par rapport à la situation de **rareté** de la ressource à laquelle elles se réfèrent. Le spectre doit faire l'objet des mêmes mécanismes institutionnels que le sol. Il est dommageable que les auteurs travaillant sur le spectre n'aient pas systématisé l'analogie, afin de s'appuyer sur les acquis de la théorie économique des biens fonciers et tréfonciers. Nous proposons donc de systématiser cette analogie.

Le spectre peut être assimilé à un bien **rare** dans le sens **physique** car sa quantité est limitée de façon **absolue** pour les transmissions aériennes. Au même titre que la surface du globe terrestre représente la quantité physique maximale de sol disponible, les fréquences comprises entre 0 et 4×10^{14} Hertz bornent le spectre en dehors duquel les transmissions aériennes ne sont pas envisageables. La limite supérieure est théorique car, aujourd'hui, on ne sait pas exploiter **techniquement** le spectre au-delà de 4×10^{10} Hertz. Le gap entre les limites physique et technique se resserre, bien entendu, au fur et à mesure du progrès technique. Enfin, la limite **opérationnelle** correspondant à des systèmes industrialisables se situe aux alentours de 10^{10} Hertz.

Ces trois limitations du spectre établies, nous n'avons en rien cerné les problèmes actuels de rareté du spectre, de même que la rareté du sol sur le marché parisien de l'immobilier n'est aucunement liée à la surface exploitable du globe terrestre. En réalité, la rareté d'une ressource n'est pas **uniforme**, elle est **hétérogène** et **locale**.

Hétérogène, car les ondes possèdent des propriétés intrinsèques de propagation qui les rendent plus ou moins aptes à la communication et/ou à la diffusion. Cette propriété est assimilable à la notion de **fertilité originelle** des sols : les déserts se prêtent moins bien à la culture que les zones tempérées. Certaines bandes de fréquences sont d'ailleurs totalement inexploitable : exemple de la bande des 22 GHz

où les ondes sont absorbées par la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère. Autre hétérogénéité de la ressource hertzienne, plus la fréquence est élevée plus l'espacement entre les canaux doit être élevée. Ainsi, une utilisation optimale du spectre voudrait que les fréquences basses soient réservées aux usages où les largeurs des canaux sont les plus étroites. De la même façon, les cultures de céréales s'accommodent mieux de grandes parcelles que les cultures maraîchères.

Enfin, et sans doute surtout, la "fertilité" de la bande hertzienne est **évolutive**. Elle peut être améliorée par le progrès technique comme la fertilité du sol évolue avec les techniques agricoles. Le progrès technique permet d'**intensifier l'usage** de la bande en réduisant l'espacement entre les canaux disponibles. Ainsi, le nombre potentiel de canaux utilisables a été multiplié par 8 entre 1940 et 1980 dans la bande des 150 MHz. L'intensification de l'utilisation peut aussi être accrue dans le domaine des radiocommunications avec les mobiles en augmentant le nombre de cellules dans une surface donnée ; celui-ci a été multiplié par 10 au cours des vingt dernières années. Le progrès technique permet aussi d'abaisser les coûts d'équipement et d'exploitation des réseaux complexes, tel celui du radiotéléphone, ainsi que les coûts des terminaux utilisés par les consommateurs finals (téléviseurs, postes téléphoniques sans fil, etc...). En dernier lieu, les techniques de compression du signal permettent de réduire considérablement la largeur de bande nécessaire pour la transmission du son ou de l'image.

Le progrès technique a donc considérablement augmenté le potentiel économique du spectre en générant de nouvelles opportunités dans son usage. L'émergence des systèmes de radiotéléphonie est à cet égard exemplaire. Toutefois, comme la "fertilité originelle" du spectre subsiste la concurrence entre les usages pour l'obtention des bandes, "les plus fertiles", s'exacerbe. Tous les utilisateurs désirent accéder à ces ressources pour minimiser leurs coûts d'exploitation.

Comme pour la terre, l'hétérogénéité **irréductible** des qualités du spectre est, tout simplement, source de **rentes différentielles**. Pour un usage donné, le montant potentiel des rentes différentielles des fréquences les plus fertiles s'accroît avec la "mise en culture" de fréquences moins fertiles : application directe de la loi des rendements décroissants du sol mise en évidence par David RICARDO au XVIIIème siècle.

La dernière forme de rareté économique du spectre concerne son caractère **local**. La rareté est liée à l'intensité de sa demande d'usages, elle-même dépendante de la

densité des usagers potentiels. En définitive, la rareté du spectre est corrélée aux densités de la population et des activités économiques. On observe logiquement que les **raretés du spectre et du sol vont de pair**. Ainsi, les grandes villes connaissent la plus forte saturation du spectre (Londres ou Paris en Europe). Sur le marché du sol cette rareté, que le terme de pénurie qualifie parfaitement, induit la perception de **rentes** par les propriétaires. La ressource n'étant pas reproductible, son offre est très inélastique. Toute croissance de la demande induit des hausses de prix. Les perspectives de rente s'accroissent et attirent des capitaux qui s'investissent, non pour valoriser la ressource, mais pour bénéficier des perspectives de plus-value ; signe indubitable de l'existence de comportements spéculatifs.

L'Etat adopte rarement des comportements spéculatifs en tant que gestionnaire d'une ressource publique et collective. En conséquence, de même que pour les rentes différentielles, il ne perçoit pas, en tant que propriétaire, la rente associée à la possession d'une ressource non-reproductible pour laquelle la demande dépasse l'offre.

L'analogie entre la terre et la ressource hertzienne fonctionne parfaitement, car les deux ressources présentent des caractéristiques intrinsèques identiques. Leur traitement économique procède donc du même corpus. La littérature très abondante sur l'analyse économique de la terre et de ses revenus constitue donc un cadre adapté au spectre hertzien.

Or l'engouement que nous avons relaté pour la création d'un marché pour une ressource qui n'en possède pas, le spectre hertzien, ne se retrouve pas dans le domaine foncier où lorsqu'un marché relativement libre existe, les économistes tendent plutôt à penser qu'il faudrait, au mieux le supprimer, au pire le contraindre sérieusement.

En d'autres termes, il faut **transformer le bien privé en ressource publique**.

En effet, à partir du XVIIIème siècle, le régime de la propriété privée du sol et de ses revenus ne soulève guère l'enthousiasme des économistes. Il ne s'agit pas ici de reprendre les prises de position d'économistes opposés, par principe, à la propriété privée et au système de marché, il s'agit, au contraire, d'évoquer l'analyse des plus ardents mais aussi des plus célèbres promoteurs du système libéral. Ainsi cette défiance vis-à-vis de la terre et de ses revenus se retrouve aussi bien dans le pessimisme de RICARDO et les doutes de MARSHALL ou de PARETO, que dans les

attaques de MILL contre les revenus fonciers ou l'inefficience de la propriété privée des terres démontrée par GOSEN et surtout dans la nationalisation du sol préconisée par WALRAS.

Les objections sont de deux ordres :

- le fractionnement des terres induit par les titres de propriété privée ne permet pas l'exploitation optimale de la ressource ;

- l'appropriation individuelle de revenus non créés par l'*habileté des hommes* mais par la détention exclusive d'une ressource non-reproductible induit un enrichissement condamnable au regard des lois du marché et de la libre concurrence.

Approfondissons le premier point. Le fractionnement induit par les titres de propriété coïncide, en effet, rarement et à tout instant avec les nécessités d'une exploitation optimale de la ressource. Des réallocations sont nécessaires. Toute réallocation est conditionnée par les décisions individuelles des propriétaires, décisions qui *de facto* sont **interdépendantes** (phénomène d'externalité). Si certains propriétaires n'adoptent pas un comportement de maximisation de leur revenu et gèrent leur titre de propriété comme un patrimoine familial ou culturel, comme une épargne latente ou une assurance individuelle, leurs décisions peuvent induire un retrait de ces biens du marché altérant ainsi le mécanisme de réallocation. Dans le domaine du sol, les exemples abondent où les titres de propriété privée nuisent à une bonne gestion des ressources. Ainsi la forêt française, la plus vaste d'Europe, voit son exploitation entravée par sa dissémination entre d'innombrables petits propriétaires peu enclins à valoriser une ressource qui ne leur procure qu'un revenu subsidiaire. L'obtention des contrats d'exploitation est alors plus coûteuse, voire impossible, dans les zones fractionnées par la propriété privée que dans les grandes forêts domaniales fractionnées que pour les besoins de leur exploitation. Voilà un exemple où la détention de la ressource naturelle par l'Etat permet de minimiser les coûts de transaction inhérents au marché. Preuve si besoin était que l'existence de droits de propriété privés transférables ne suffit pas pour garantir l'allocation optimale d'une ressource. Cette mésaventure de la forêt française ne risque-t-elle pas de se reproduire sur un marché libre de l'hertz ?

Conscient des limites du marché, l'Etat, s'agissant de projets d'intérêt public immobilisant le sol abaisse les coûts de transaction du marché par des expropriations,

autoritaires et centralisées, afin d'accélérer les réallocations. La construction de trains à grande vitesse en France pose peu de problèmes pour cette raison. Il n'en va pas de même dans certains pays où le pouvoir des propriétaires privés face à la puissance publique est plus affirmé. Les droits de propriété privés peuvent eux-aussi freiner la diffusion des innovations.

Concernant les revenus fonciers (rentes différentielles ou de rareté), la justification de leur appropriation grâce à la propriété privée du sol obligerait à poser la question de l'origine de la propriété et sa justification dans le champ de la théorie économique, boîte de Pandore qu'il est plus sage de laisser fermée [PICORY, 1990]. Rappelons simplement la solution proposée par WALRAS [1880] qui est la plus achevée. L'Etat, après un processus de rachat des terres autofinancé, devient l'unique propriétaire de toutes les ressources naturelles. Il perçoit l'ensemble des rentes foncières qui lui servent, en conséquence, de recettes fiscales pour financer ses fonctions régaliennes (armée, justice, police,...). L'impôt sur les revenus du travail peut être réduit ou supprimé, ne subsistent que les revenus fonciers publics [cette proposition a été reprise et développée par M. ALLAIS].

Dans cette perspective, l'Etat louerait effectivement la ressource hertzienne au plus offrant. Mais le problème de la nature des concessions liant l'Etat aux utilisateurs (durée, mode d'attribution,...) reste entier, car les insuffisances que nous avons relevées dans le cas de la théorie des droits de propriété s'appliquent totalement à cette forme de gestion de la ressource.

3/ EN GUISE DE CONCLUSION

Pour une même ressource nous disposons de deux approches théoriques : l'une préconise le marché pour valoriser la ressource, l'autre préconise la gestion publique pour la gérer. Incontestablement, la théorie économique ne fournit aucune réponse unanime sur le mode d'organisation permettant d'obtenir de façon incontestable la meilleure allocation d'une ressource disponible à l'état naturel.

Il reste que les deux théories s'accordent à penser que la rareté est génératrice de rentes qu'il convient d'intégrer explicitement dans les mécanismes d'allocation. Le manque de conscience véritable de l'existence de rentes que procure toute ressource naturelle explique, sans doute, une partie des griefs à l'encontre de la gestion du spectre par les administrations. Ce manque de conscience s'explique par le fait que la

ressource étant concédée gratuitement, la rente n'est pas **monétarisée** au moment de l'allocation du spectre. En définitive, le débat posé se résume à la question : **à qui profite la rente ?**

Dans un système comme celui des Etats-Unis, où les exploitants de la ressource sont privés, elle peut être captée par ces exploitants et réapparaître sous formes de profit ou de plus-values lors de la cession des actifs des sociétés exploitantes. La véhémence des économistes américains à l'encontre du système de gratuité semble alors tout à fait justifiée.

Dans le système en vigueur jusqu'à présent en Europe, où les exploitants étaient en majorité des entités publiques, la rente était sans doute captée en grande partie par le consommateur final. La télévision hertzienne où le volume des messages publicitaires reste très en deçà de ce que l'on constate aux Etats-Unis paraît à cet égard significatif. Des investigations supplémentaires seraient nécessaires pour quantifier ce phénomène de captation des rentes. Il reste que si le consommateur final capte la rente, l'opinion publique ne restera pas indifférente aux modifications de statut du spectre. Et, en tout état de cause, des mécanismes qui assurent une réallocation du spectre tout en neutralisant la redistribution des rentes semblent les plus réalistes, du moins à court terme.

L'un d'eux consisterait à faire financer la réallocation des fréquences par les usages dégageant les plus fortes rentes. Ainsi, dans la région parisienne, si les 6 chaînes de télévision hertzienne étaient transmises par un satellite de moyenne puissance, le coût induit du changement de bandes fréquences (émetteurs, antennes et récepteurs compris) serait de 15 MF par MHz [CNET, 1987]. Les bandes libérées seraient disponibles pour les radiocommunications avec les mobiles. Or, ce service peut dégager un surplus de 63,4 MF par MHz, somme amplement suffisante pour financer la libéralisation du spectre par les télévisions dans la bande des 30-960MHz. La gestion centralisée peut aisément organiser ce type de transfert par un système de taxes du service entrant directement reversées au service sortant. Ainsi, la saturation d'usages trouverait un début de solution.

Il reste que la saturation d'usagers générée par une libéralisation plus grande des systèmes d'information et de communication ne saurait être résorbée par ces mécanismes. Sans trop s'engager sur cette question des relations entre l'Etat et les exploitants sur la base de contrats qui empruntent au marché son caractère incitatif et à la centralisation, son approche globalisante devrait être étudiée. Sur ce point la

théorie des contrats et des incitations qui connaît de nombreux développements théoriques pourrait être mise à contribution pour appuyer les réflexions et les décisions.

En 1959, COASE terminait son article pionnier sur le constat suivant : "Les juristes et les économistes ne devraient pas se laisser submerger par l'émergence de nouvelles technologies au point de changer le système juridique et économique en vigueur sans être tout à fait certains que ce changement est indispensable". [COASE, 1959, p. 40]. Il pensait bien sûr à la décision américaine de 1927 qui avait transformé le spectre hertzien de bien libre en bien public. Nous partageons pleinement cette attitude prudente de COASE. Pour cette raison, sur un continent européen en pleine phase de construction et de restructurations, la transformation du spectre, bien public, en bien privé devrait appeler de nombreuses investigations supplémentaires avant d'être engagée.

Bibliographie

- BENZONI Laurent, *Eléments pour une théorie des ressources épuisables*, Université Paris-XIII, 1985.
- BROCK Gerald, *The Telecommunications industry*, Harvard University Press, Cambridge, Massachussets, 1981.
- COASE Ronald, "The Federal Communications Commission", *Journal of Law and Economics*, vol. II, October 1959.
- COASE Ronald, "The Interdepartment Radio Advisory Committee", *Journal of Law and Economics*, vol. V, n°17, 1962.
- COASE Ronald, MECKLING Walter, MINASIAN Jora, *Problems of Radio Frequency Allocation*, papier non-publié, Rand Corporation, mai 1963.
- ETCO, *Market Requirements for Radio Spectrum*, Report to the Commission of the European Communities, 1988.
- FOSTER Robin, "Selling the Air-waves", *Communications International*, May 1989.
- GOSEN Hermann-Henry, *Exposition des lois de l'échange et des règles de l'industrie qui s'en déduisent*, Cologne, 1854.
- HERZEL Leo, "Public interest and the market in color television", *University of Chicago Law Review*, vol. 18, summer 1951.
- GIRAUD Pierre-Noël, *Utilisation de la bande hertzienne*, rapport pour la Mission Economique du CNET, 1987.
- GUIGOU Jean-Louis, *La rente foncière: les théories et leur évolution depuis 1650*, Economica, 1982.
- JONSCHER Charles, *Deregulation of the Radio Spectrum in the UK*, rapport de CSP INTERNATIONAL pour le Department of Trade and Industry, Radiocommunications Division, HMSO, mars 1987.
- LEPAGE Henri, "Théorie économique et Télécommunications : l'approche libérale" , *Le Communicateur*, n°1, juillet 1987.
- LEVIN Harvey, *The Invisible Resource : Use and Regulation of the Radio Spectrum*, The John Hopkins Press, Baltimore, 1971.
- MELODY William, "Radio Spectrum Allocation : Role of the Market", *American Economic Review Papers and Proceedings*, vol. 70, n°2, May 1980.
- MINASIAN Jora, "The Political Economy of Broadcasting in the 1920's", *Journal of Law and Economics*, vol. VII, 1969.
- MINASIAN Jora, "Property Rights in Radiation : An Alternative Approach to Radio Frequency Allocation", *Journal of Law and Economics*, vol. XVIII, December 1975.

MUELLER Milton, "Technical Standards : the Market and Radio Frequency Allocation", *Telecommunications Policy*, volume 12, n°1, mars 1988.

NAEGELEN Florence, *Les mécanismes d'enchères*, Economica, Collection frontières de la Théorie économique, 1988.

NEBES Anne-Marie, "La foire aux fréquences", *Dossiers du SPES*, n°3, octobre 1988.

NTIA, *Telecommunications 2000*, Special Publication 88-21, U.S. Department of Commerce, Washington D.C., octobre 1988.

OPINA Sylvia, "Orbital slots : should they be for rent ? ", *Space communications and Broadcasting*, juillet 1987.

PICORY Christian, *Le concept de propriété dans la théorie économique*, Thèse, soutenance mars 1990.

PURTON Peter, "A Cordless Tug of War", *Financial Times*, Tuesday ,October 24, 1989.

WALRAS Léon, *Théorie mathématique du prix des terres et de leur rachat par l'Etat*, Mémoire lu à la société vaudoise des sciences naturelles, Lausanne, 1880.

WEBBINK Douglas, "Setting FCC License Fees According to Frequency Spectrum Utilization: A Suggestion", *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. BC-17, n°3, september 1971.

WEBBINK Douglas, "The Value of the Frequency Spectrum Allocated to Specific Uses", in Frederick MATOS ed., *Spectrum management and engineering*, IEEE Press, 1985.

WITHERS David, "Spectrum Deregulation : the Arguments Against", *Communications International*, June 1989.

ZINOVIEFF Eric, "Mobiles et fréquences", *Télécom*, n°82, Hiver 1989-90 .