

# L'explosion des « Télécom »

*La prochaine conférence mondiale de radiocommunications ne sera pas comme les autres ; pour la première fois les pays en voie de développement n'entendent pas du tout que la « raison du plus fort » domine le partage des fréquences et que les pays industrialisés disposent de 90 % du spectre radio-électrique. L'explosion des « Télécom » devient une affaire de la plus haute politique : l'avenir de toutes les nations en dépend.*

## I - LES ENJEUX DE GENÈVE

Le 24 septembre prochain s'ouvre à Genève la Conférence administrative mondiale des radiocommunications, la CARM 79. Sous l'égide de l'UIT, l'Union internationale des télécommunications, 2 000 délégués venus de 154 pays vont réviser, pour les vingt prochaines années, le grand partage des fréquences.

■ C'est une tâche ardue qui attend les confédérés de Genève. Réviser le « Règlement des radiocommunications » n'est pas une mince affaire ! Ce (gros) livre rouge de 680 pages contient tous les accords internationaux qui régissent l'emploi des ondes. Sans règlement, impossible de capter une émission de radio ou de télévision, d'assurer la sécurité de la navigation maritime ou aérienne, de communiquer avec les continents éloignés ou l'espace. C'est que les ondes sont une ressource inépuisable certes, mais limitée. Lorsque deux émetteurs trop proches se servent de la même fréquence, ils se brouillent. Exactement comme deux personnes qui parlent en même temps.

Cette limitation est accentuée par l'explosion des « télécom » qui caractérise notre époque. La prolifération des émetteurs, leur puissance croissante, sont responsables d'une véritable pollution du spectre radioélectrique.

Et les technologies les plus récentes — satellites, fibres optiques — n'ont pas encore pris le relais. La gamme la plus encombrée est sans aucun doute celle des ondes courtes, de 3 à 30 MHz. Ces ondes permettent d'obtenir de grandes portées avec des puissances relativement faibles. Tout propriétaire d'un récepteur a fait l'expérience pénible qui consiste, la nuit, à essayer de sélectionner une émission sur ondes courtes. Il est rare que l'on puisse capter moins de deux ou trois postes simultanément.

Comme si cela ne suffisait pas, certains pays n'hésitent pas à enfreindre le règlement international, en émettant en dehors des fréquences qui leur sont attribuées pour un usage déterminé. C'est ainsi que les Russes et les Albanais utilisent, en radiodiffusion, des fréquences réservées aux radio-amateurs. Dans de telles situations, le plus fort gagne, en l'occurrence l'émetteur le plus puissant. La « Voix de l'Amérique » et d'autres émetteurs occidentaux sont amenés à changer de fréquence et à monter en puissance pour mettre en échec les brouilleurs soviétiques répartis le long des frontières.

Dans le même ordre d'idées, un phénomène inquiétant perturbe toute la gamme des ondes courtes depuis trois ans. Surnommé la « mitrailleuse russe » par les radio-amateurs, il consiste en émissions d'une très grande puissance, supérieure au million de watts. Ces émissions, qui se déplacent sur une très grande largeur de bande, brouillent par intermittence les ondes courtes dans le monde entier. Téléphonie inter-

nationale, communications militaires et maritimes ont été affectées par ces signaux qui se présentent comme des fréquences pulsées (800 par seconde) émises de quatre points différents. Les stations de contrôle international du spectre ont établi que l'un des émetteurs se trouvait près de Gomel, un autre à Minsk, deux villes situées en Biélorussie. Ni l'OTAN, ni les PTT ne s'expliquent les raisons qui poussent les Soviétiques à poursuivre leurs émissions, en dépit de toutes les plaintes internationales.

De tels faits ne figurent pas à l'ordre du jour officiel de la CAMR 79. S'il y a gros à parier qu'ils seront évoqués « dans les couloirs », ils n'en constituent pas moins des situations exceptionnelles. Le pain quotidien d'un spécialiste de la gestion du spectre est fait d'une farine plus banale. A Genève, l'on discutera de questions à la fois très terre-à-terre et très complexes, étant donné les intérêts contradictoires mis en jeu. Chaque décision pèsera lourd dans la balance économique mondiale, influencera les grands choix technologiques en matière de télécommunications. Et cela jusqu'à l'an 2000, date de la prochaine CAMR.

C'est l'Union internationale des télécommunications (UIT) qui veille à l'application du règlement des radiocommunications. Cet organisme qui comprend aujourd'hui 154 pays membres supervisera la Conférence de Genève. L'UIT a été créée en 1865 à Paris. Elle s'appelait alors Union télégraphique internationale et s'occupait de la tarification et de la normalisation du télégraphe.

Dès les premiers balbutiements de la TSF, il apparut nécessaire de réglementer l'emploi des ondes au plan mondial. A cette époque, c'étaient essentiellement les navires et les stations côtières qui utilisaient la télégraphie sans fil. La Compagnie Marconi, créée par le célèbre inventeur italien, essayait d'établir un monopole mondial de la radio. Elle interdisait aux stations et aux navires équipés avec du matériel Marconi de communiquer avec les stations équipées d'un autre matériel. Un « S.O.S. » lancé par un émetteur n'appartenant pas à Marconi n'était pas accepté par les bateaux ou les stations de cette Compagnie !

En 1906, la première conférence radiotélégraphique réunie à Berlin interdit cette pratique douteuse. Le principe de la communication obligatoire entre stations utilisant des matériels différents fut établi, ainsi que d'autres normes encore en usage de nos jours. Les stations côtières devaient obligatoirement être reliées au réseau télégraphique international, donner une priorité absolue aux messages de détresse (pour lesquels fut attribuée une bande de fréquence spéciale), et éviter au maximum les brouillages. Deux fréquences furent attribuées à la correspondance publique maritime, et une autre à l'armée et à la marine. Toutes les stations devaient envoyer leurs caractéristiques au bureau d'enregistrement

du secrétariat de l'Union. Depuis 1906, chaque invention, chaque nouveau service se sont alignés sur ces principes.

En 1912, la conférence de Londres enregistra les attributions de fréquences pour les nouveaux services : balises radiophares, signaux horaires et bulletins météorologiques. A Washington, en 1927, il fallut réglementer le développement des fantastiques nouveautés apparues entretemps : la radiodiffusion, la radiotéléphonie, la TSF aéronautique, l'extension des émetteurs dans la gamme des ondes courtes au-dessus de 3 000 kHz. Madrid en 1932, Le Caire en 1938 précisèrent les modes d'attributions des fréquences et créèrent des commissions spécialisées. La conférence d'Atlantic City en 1947 permit d'élaborer une réglementation entièrement nouvelle, mieux adaptée aux progrès scientifiques et techniques survenus. Enfin, il y eut Genève en 1959, et voici Genève-bis, la CAMR 79 qui fixera le partage mondial des fréquences pour les vingt prochaines années.

L'enjeu est si énorme que les administrations concernées des pays participants, tout comme l'UIT, préparent la conférence depuis des années. Réunions, documents de travail, comités spécialisés ont été multipliés. Le Comité consultatif international des radiocommunications (CCIR) a adressé aux 154 pays de l'UIT un document de 600 pages sur les nouvelles techniques de radiocommunication et leur exploitation. Le Comité international d'enregistrement des fréquences (IFRB) a entièrement révisé le fichier des fréquences qu'il est chargé de tenir à jour. On n'estime pas à moins de 20 000 pages le volume des documents de travail qui seront publiés, dans chaque langue, à l'issue de la CAMR.

L'organisation des travaux préparatoires a différé selon les pays. En Australie, aux Etats-Unis, en Nouvelle-Zélande, l'industrie privée et les associations de citoyens ont participé au débat. Mais dans de nombreux pays, l'affaire est restée entre les mains de hauts fonctionnaires spécialisés.

C'est le cas en France, où existe un monopole des télécommunications, hérité du système des Postes de l'Ancien Régime.

La loi du 2 mai 1837 confirma ce monopole : « Quiconque transmettra sans autorisation des signaux d'un lieu à un autre, soit à l'aide de machines télégraphiques, soit par tout autre moyen, sera puni d'un emprisonnement d'un mois à un an et d'une amende de 1 000 à 10 000 F. »

Ce texte fut appliqué au télégraphe électrique, à la télégraphie sans fil et plus tard à la radiodiffusion. Cette dernière opération ne se fit pas sans contestations. Dans l'entre-deux-guerres, de nombreuses stations privées de radiodiffusion coexistèrent avec le monopole qui les engloba dans les nationalisations de 1945. Des imperfec-

## QUI A LE DROIT D'ÉMETTRE EN FRANCE ?

En France, le Secrétariat d'État aux Postes et Télécommunications exerce un monopole des ondes. Tous les utilisateurs privés sont soumis au contrôle et à la réglementation des P.T.T. : taxis, ambulances, radio-amateurs, modélistes, etc.

Les administrations suivantes dépendent directement du **Secrétariat d'État aux Postes et Télécommunications** :

- Direction Générale des Télécommunications (D.G.T.).
- Direction des Télécommunications du Réseau International (D.T.R.I.).
- Direction des Télécommunications du Réseau National (D.T.R.N.).
- Direction Générale des Postes (D.G.P.).

Le Secrétariat d'État aux Postes et Télécommunications exerce de plus sa tutelle sur un certain nombre d'organismes dépendant d'autres ministères :

- Administration des douanes ;
- Ministère de l'Équipement (Ponts et Chaussées) ;
- Ministère de l'Éducation (Radioastronomie) ;
- C.E.A., E.D.F., S.N.C.F.

En 1978, l'administration des P.T.T. recensait 240 000 stations privées (taxis, ambulances, etc.), 10 400 stations d'amateurs, 22 500 de télécommande, 3 600 radiotéléphones reliés au réseau téléphonique, 13 000 stations de navires et 6 000 d'avions, 7 000 Euro-signals et 18 600 stations diverses. Certains organismes gouvernementaux échappent à la tutelle des P.T.T. En voici la liste :

### Organismes dépendant du ministère de la Défense :

- Division technique (S.D.E.C.E., Secrétariat général de la Défense nationale) ;
- État-major de la marine ;
- Délégation ministérielle pour l'armement ;
- Direction de l'exploitation des transmissions de l'armée de terre ;
- Gendarmerie nationale ;
- État-major de l'air.

Le ministère de la Défense dispose d'un grand nombre de fréquences et d'un important parc de matériel de transmission.

### Organismes dépendant du ministère de l'Intérieur :

- Service des transmissions du ministère de l'Intérieur ;
  - Direction générale de la police nationale.
- Télédiffusion de France (T.D.F.) qui diffuse les émissions de Radio-France et des sociétés de télévision, et se trouve sous la tutelle du Premier ministre.

### Organismes dépendant du ministère de l'Industrie :

- Centre national d'études spatiales (C.N.E.S.) ;
- Centre national d'exploitation des océans (C.N.E.X.O.).

### Organismes dépendant du ministère des Transports :

- Direction de la navigation aérienne ;
- Service des phares et balises ;
- Direction de la météorologie nationale. □

tions juridiques apparurent dans les textes lors des procédures ouvertes contre les premières radios libres (Radio Verte, Radio Fil Bleu, etc.). Le gouvernement fit voter une nouvelle loi, en juin 1978, afin d'éviter qu'une suite d'acquiescements judiciaires n'entraînent une disparition de fait du monopole de la radiodiffusion au profit des radios libres. C'est en vertu de ce nouveau texte que les membres du Parti Socialiste responsables de « Radio-Riposte » sont poursuivis. L'initiative socialiste ne bénéficiera donc pas des failles juridiques de 1977 ; mais elle contribuera certainement à poser, face à l'opinion publique et au Parlement, un débat qui n'a pas fini de susciter les passions.

Aujourd'hui, le monopole est exercé par l'administration des Postes et Télécommunications, sauf pour la radio et la télévision, confiées à Télédiffusion de France (TDF), sous la tutelle du Premier Ministre. Les services « privés » qui utilisent les radiocommunications (taxis, ambulances, amateurs) sont soumis à un étroit contrôle des services spécialisés des PTT. Certains organismes nationaux dépendants des Ministères de la Défense, de l'Intérieur, de l'Industrie, des Transports, échappent à la tutelle des PTT.

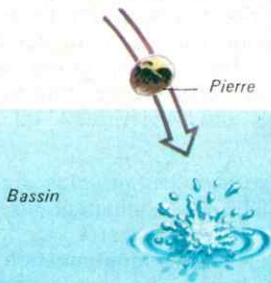
La coordination entre les différents services est assurée par un organisme peu connu, le Comité de Coordination des Télécommunications ou CCT. Quatre officiers supérieurs du Ministère de la Défense et un haut fonctionnaire des PTT président le CCT et animent ses nombreuses commissions permanentes.

L'une de ces commissions permanentes, la Commission mixte des fréquences, travaille depuis 1974 à établir un point de vue unitaire pour la délégation française à Genève. Des groupes de travail ont examiné les attributions de fréquence, bande par bande, et des contacts ont été établis avec les sociétés productrices de matériel électronique.

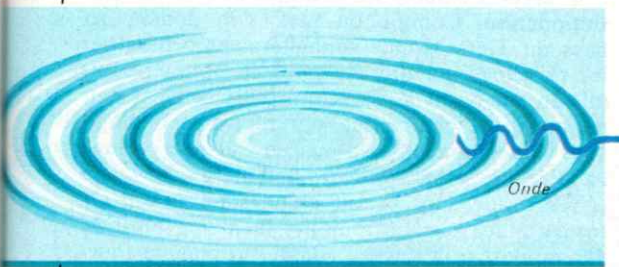
L'ensemble des propositions françaises est présenté dans un document de 308 pages qui a été envoyé à toutes les administrations participant à la conférence. La rédaction du texte final n'a pas été sans difficultés. « Il n'y a eu que des divergences », nous confiait par boutade un haut fonctionnaire de TDF. C'est que les besoins des différents ministères sont multiples, et leurs intérêts souvent contradictoires. Ce que l'un gagne, l'autre le perd. En plusieurs occasions, seul l'arbitrage des services du Premier Ministre a permis d'aboutir à la position unitaire que défendront les 80 délégués français à Genève.

En quoi consistent les propositions françaises ? Un premier point, plus important qu'il n'y paraît, concerne la terminologie utilisée dans les textes de l'UIT. La France souhaiterait que cette terminologie soit assez précise pour éviter au maximum les ambiguïtés ou confusions. Le français est en effet l'une des cinq langues offi-

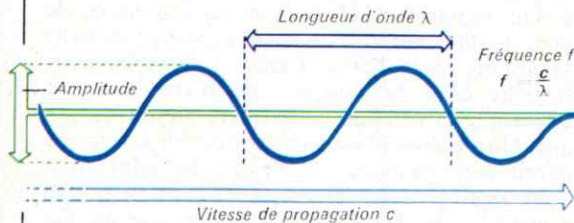
## QU'EST-CE QU'UNE ONDE ?



1. Lorsqu'on jette une pierre à la surface d'une eau tranquille, elle produit une perturbation qui se propage autour du point d'impact. D'une manière générale, toute onde est une perturbation qui affecte un milieu initialement au repos. Ce milieu peut être un solide, l'eau, l'air ou tout simplement le vide, dans le cas des ondes électromagnétiques. La lumière comme les ondes radio qui sont de la même nature, évoluent dans l'espace sans aucun support matériel.



2. La propagation d'une onde se traduit par une modification périodique du milieu. La pierre dans l'eau produit les cercles concentriques qui s'élargissent autour du point d'impact. Dans le cas des ondes radio, ce sont des grandeurs invisibles, mais parfaitement détectables, qui sont affectées : les champs électrique et magnétique.



3. Toute onde se caractérise par un certain nombre de grandeurs physiques : sa longueur d'onde qui est la distance entre deux « crêtes » successive de l'onde ; son amplitude, la hauteur d'une crête ; sa fréquence, c'est-à-dire le nombre de crêtes qui passent par un point donné en une seconde ; sa vitesse de propagation. Dans l'air, les ondes sonores se déplacent à 1 192 km/h environ. La vitesse de la lumière dans le vide, comme celles des ondes radio, des rayons X ou des rayons cosmiques est de 300 000 km/s. □

cielles de l'UIT, et en cas de contestation, le texte français fait foi.

Second objectif : élargir la part du spectre accordée aux *services mobiles*, c'est-à-dire toutes les liaisons qui mettent en cause une station en mouvement : navire, avion, véhicule... Ce souci se justifie par l'augmentation continue des besoins en matière de mobile terrestre (radiotéléphone public et privé), et de mobile maritime.

La France souhaiterait, enfin, élargir les bandes de fréquences attribuées aux communications spatiales, ce qui permettrait de développer les applications des satellites.

Bien entendu, la France n'a pas, si l'on ose dire, le monopole des divergences, et les autres pays ont connu leurs contradictions. La CARM sera toutefois dominée par un autre affrontement, au niveau international celui-là : l'opposition entre nations industrialisées et pays en voie de développement. D'autant plus qu'en 1959, date de la précédente CARM, la plupart des nations du Tiers Monde n'avaient pas encore conquis leur indépendance politique et n'étaient donc pas représentées.

Le règlement de l'UIT stipule que chaque Etat, quelle que soit son importance, dispose d'une voix. Avec plus de 100 voix, le groupe des pays en voie de développement sera donc assuré d'une majorité absolue, chaque fois qu'un vote devra trancher une question non résolue en commission.

En 1977, lors d'une conférence spécialisée, sur la question des satellites de radiodiffusion, on s'est rendu compte du poids des pays en voie de développement. Sur plusieurs points, ceux-ci réussirent à contrer les propositions des nations développées, notamment des USA.

Sous la pression des Etats-Unis, deux principes avaient jusqu'en 1977, prévalu à Genève. En premier lieu, le principe du « free flow of information », du « libre flux de l'information ». Autrement dit un libéralisme « sauvage » en matière d'information qui autorise tout pays à diffuser ses émissions sans souci des frontières. La conférence de 1977 adopta une doctrine différente pour la radiodiffusion par satellite : le texte voté stipule que tous les moyens techniques devront être mis en œuvre pour éviter que les émissions de radio et de télévision diffusées par satellite ne débordent trop du territoire du pays émetteur, sauf accord préalable des pays concernés. Un échec donc pour les Etats-Unis qui, s'appuyant sur leur avance technologique, comptaient « arroser » la planète d'émissions radio et TV venues de l'espace.

Le second principe en vigueur jusqu'en 1977 était la règle du « premier arrivé, premier servi » qui permet aux pays technologiquement avancés d'occuper les fréquences inaccessibles aux autres, sans autre limitation que celle de leurs possibilités techniques. Ce qui aboutit aujourd'hui

à ce que, comme le fait remarquer un responsable de l'administration soudanaise, Ali Shimmo, « les pays industrialisés disposent de 90 % du spectre radioélectrique, alors qu'ils ne représentent que 10 % de la population mondiale ».

Sous la pression des pays en voie de développement, la conférence de 1977 a mis pour la première fois un frein au principe du « premier arrivé, premier servi ». Sauf pour le continent américain, des bandes de fréquences et des zones de rayonnement ont été attribuées, pays par pays. Ainsi, une nation qui ne dispose pas encore de satellites de radiodiffusion possède néanmoins sa « place » réservée dans le spectre, qu'elle pourra occuper lorsque sa technologie le lui permettra. En vertu de ce mécanisme, la France, comme les autres pays européens, s'est vu attribuer cinq canaux de TV par satellite, ainsi qu'un « cône » de rayonnement bien délimité.

La conférence de septembre 1979 risque de provoquer des bouleversements encore bien plus importants que celle de 1977. Elle touchera en effet l'ensemble du spectre et pas seulement un domaine particulier comme celui des satellites de radiodiffusion. C'est à une redistribution générale des fréquences que l'on va assister. Pour les pays développés, pour les Etats-Unis surtout, cela signifie qu'il faudra lâcher du lest, rééquilibrer la balance.

Du côté du Tiers Monde, principalement sous l'impulsion de l'Algérie et du Cameroun, le mouvement s'organise. Les nations en voie de développement se sont réunies à plusieurs reprises, afin de préparer une position commune. Les délégations algérienne, camerounaise, brésilienne, mexicaine, qui disposent d'excellents spécialistes, sauront faire entendre leur voix.

Sur quels enjeux précis se portera l'opposition Nord-Sud ? Sans être devin, on peut prévoir deux points chauds : les ondes courtes, dont nous avons déjà évoqué l'encombrement ; et les satellites, pour lesquels les pays en voie de développement voudraient consolider les acquis de 1977.

● Premier enjeu : le partage des ondes courtes. Les pays industrialisés se sont abondamment servi des ondes courtes pour les liaisons téléphoniques à moyenne et à grande distance. Aujourd'hui, ce service est de plus en plus relayé par les satellites de télécommunications, les faisceaux hertziens, qui sont de véritables « autoroutes des ondes ». Ces faisceaux utilisent des micro-ondes, dans la bande au-dessus de 3 GHz, et libèrent donc des bandes d'ondes courtes. D'où le souhait des pays développés d'utiliser ces bandes désormais inexploitées pour développer les services mobiles, tels que téléphones à bord des véhicules, par exemple. Ce qui ne fait pas du tout l'affaire des nations du Tiers Monde, qui ne disposent pas toujours d'assez de satellites et de faisceaux hertziens, et

pour qui les liaisons ondes courtes point à point s'avèrent encore très économiques.

De plus, les pays du Tiers Monde souhaiteraient développer des systèmes de radiodiffusion pour leurs besoins internes, ou pour des liaisons à but éducatif entre voisins, plutôt que de grands réseaux de propagande internationale comme « La Voix de l'Amérique » ou Radio-Moscou.

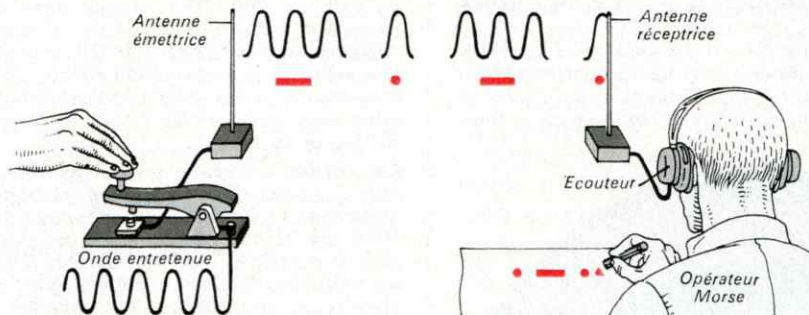
La contradiction est d'autant plus aiguë que les nations industrialisées souhaitent un partage des bandes ondes courtes entre service fixe (c'est-à-dire toute radiocommunication entre deux points fixes déterminés), service mobile et radiodiffusion. Or ce partage contraindrait les pays en développement à s'équiper de matériels sophistiqués dont ils ne disposent pas présentement, tant pour les émetteurs que les récepteurs. Pour défendre leur point de vue, les pays non-alignés se regrouperont sans doute autour de la résolution de l'Algérie ; celle-ci prévoit une procédure détaillée qui permettrait aux pays en voie de développement de bénéficier de priorités dans l'utilisation des ondes courtes.

● Second enjeu : les satellites et l'orbite géostationnaire. Comme on peut s'en douter, les pays du Tiers Monde souhaiteraient généraliser les principes qui ont été pour la première fois mis en œuvre en 1977, et qui seuls peuvent leur permettre de compenser leur retard technologique. Concrètement, cela met en cause le partage de l'orbite géostationnaire ; l'intérêt de cette orbite réside dans le fait qu'un satellite qui s'y trouve placé occupe toujours la même position par rapport à la Terre ; comme la planète tourne sur elle-même, un satellite placé sur une orbite quelconque « défile », et ne se trouve en face d'une station donnée que pendant un laps de temps limité. C'est ce qui se passait pour les premiers satellites de télécommunication, comme « Telstar », qu'il fallait « suivre à la trace » dans le ciel.

C'est le célèbre écrivain Arthur C. Clarke qui a fait remarquer, le premier, que puisque la période de rotation d'un satellite augmente avec sa distance à la Terre, il existe une orbite pour laquelle cette période a exactement la même durée que la rotation de la Terre autour de son axe. Un satellite placé sur cette orbite synchrone paraît donc immobile au-dessus du point où il a été satellisé. L'orbite géostationnaire se trouve à une altitude de 35 900 kilomètres, elle est circulaire et dans le plan équatorial.

L'avantage des satellites géostationnaires est évident : l'antenne des stations terriennes peut être pointée une fois pour toutes sur le satellite, à de petits réglages près. Malheureusement, l'orbite n'a qu'une capacité limitée, ce qui est logique puisqu'il s'agit là de partager un espace physique, et non un espace immatériel comme les ondes. Pour donner un ordre d'idées, on estime à environ six degrés l'angle qui devrait sépa-

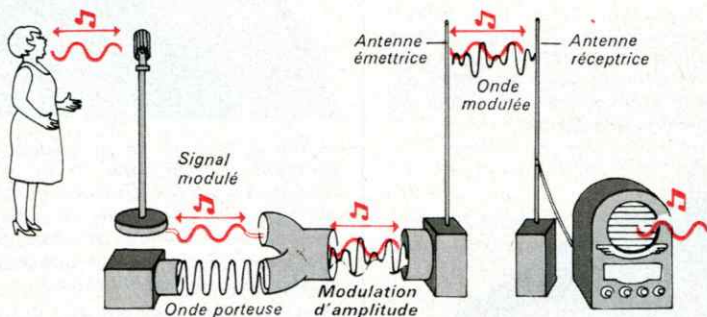
## COMMENT LA TSF TRANSPORTE LA VOIX OU LA MUSIQUE



**Pour acheminer des signaux morse par TSF, même les plus basses fréquences peuvent convenir. En effet, ces signaux ne contiennent qu'une faible quantité d'information.**

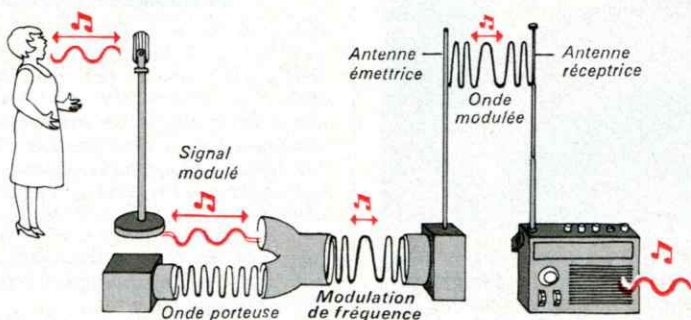
A partir d'un circuit oscillant émetteur, on produit un courant électrique d'une fréquence donnée. Parcourant une antenne émettrice, ce courant donne naissance à des ondes radio de même fréquence. Entre le circuit et l'antenne s'intercale l'opérateur morse. En actionnant un manipulateur, il interrompt ou rétablit la liaison circuit-antenne ; il produit ainsi une succession de trains d'ondes qui peuvent être longs ou brefs selon qu'ils représentent un trait ou un point du code morse.

Du côté du récepteur, les trains d'ondes sont captés par une autre antenne. Un circuit détecteur les convertit en un courant électrique qui fait fonctionner un écouteur.



**Pour transmettre la voix ou la musique, il faut transporter beaucoup plus d'information que pour les signaux morse. La première technique qui a été utilisée est la modulation d'amplitude. Un micro capte les sons et les convertit en un courant électrique qui varie de façon analogue aux signaux sonores. D'autre part, un circuit oscillant produit un courant haute fréquence constant, le courant porteur.**

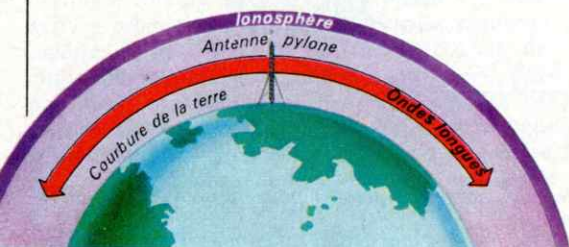
Les deux courants sont envoyés dans un modulateur. Il en ressort une onde entretenue, dont l'amplitude est modulée selon les variations du courant produit par le micro. A la réception, cette onde est reconvertie en un courant ; un démodulateur sépare le courant porteur du signal modulant. Ce dernier, amplifié, fait vibrer un haut-parleur en reproduisant les sons émis.



**Dans l'émission en modulation de fréquence, le courant modulateur n'agit pas sur l'amplitude, mais sur la fréquence du courant porteur. Ce système permet une meilleure qualité de transmission. L'onde porteur a une amplitude constante ce qui permet un meilleur rendement de l'émetteur. De plus, les parasites sont éliminés. En revanche, la modulation de fréquence nécessite des fréquences porteuses beaucoup plus élevées que la modulation d'amplitude.**

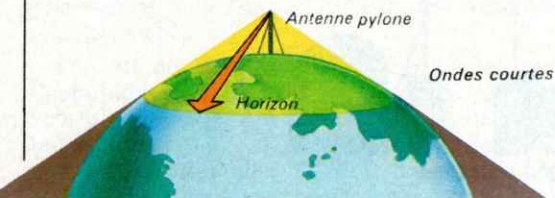
## TOUTES LES ONDES NE SUIVENT PAS LE MÊME CHEMIN

**Les ondes radioélectriques** émises par une antenne verticale se propagent autour d'elle dans presque toutes les directions. Il n'y a cependant pas de rayonnement à la verticale de l'antenne. Les ondes longues et moyennes, jusqu'à des fréquences de l'ordre de 3 MHz, ont tendance à suivre la courbure de la Terre,

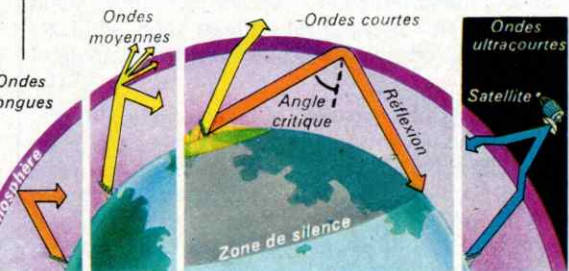


ce qui leur permet d'atteindre des portées de l'ordre de plusieurs milliers de kilomètres. Les ondes très longues ont l'inconvénient de nécessiter des antennes gigantesques. Celles-ci doivent en effet mesurer à peu près une demi-longueur d'onde. Or une onde de 30 kHz a une longueur de 10 km!

**A partir de 3 MHz**, les ondes ne suivent plus la courbure de la Terre, mais se propagent à peu près en ligne droite. Elles ne peuvent donc atteindre, par émission directe, que la zone s'étendant autour de l'antenne, jusqu'à l'horizon de celle-ci.



**En plus de l'émission directe**, une onde peut se propager par réflexion sur la couche ionisée de l'atmosphère, l'ionosphère. Les ondes longues (a) sont totalement réfléchies. Les ondes moyennes (b) sont également réfléchies par l'ionosphère, bien qu'il existe aussi une légère réfraction.

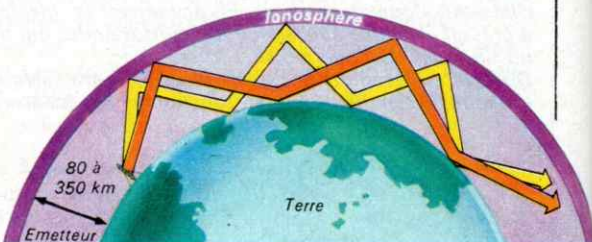


Pour les ondes courtes, de 3 à 30 MHz (c), la situation est plus complexe : elles ne sont réfléchies qu'à partir d'un certain angle d'incidence critique en-dessous duquel il y a réfraction. Par réflexion, les ondes courtes peuvent ainsi « arroser » une zone au-delà de l'horizon du point émetteur. Il existe néanmoins une « zone de silence » où ne parvient aucune onde ; elle correspond à la portion de rayonnement qui n'est pas réfléchi, mais réfracté.

Au-delà de 300 MHz (ondes très courtes, ultra-courtes et micro-ondes), il n'y a plus du tout de réflexion sur l'ionosphère (d). On ne peut donc utiliser ces ondes qu'en propagation directe, en les envoyant d'une station à une autre. Éventuellement, un satellite-relais peut réfléchir les ondes et les renvoyer à la surface de la Terre.

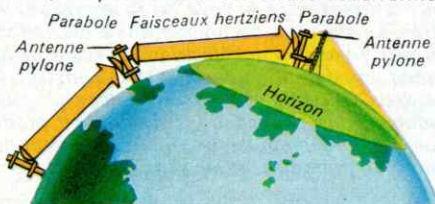
**Les ondes courtes**, de 3 à 30 MHz, peuvent par réflexion atteindre de très longues portées. Malheureusement, l'ionosphère ne se conduit pas comme un miroir parfait. Son altitude, sa composition varient, surtout du fait de l'activité solaire. Il en résulte que les différentes fréquences se propagent plus ou moins bien selon les saisons. Les émetteurs sur ondes courtes changent de fréquence en moyenne quatre fois par an.

Un autre effet gêne la propagation des ondes courtes. C'est le fading, ou évanouissement : lorsque deux



rayons atteignent un point donné après un nombre différent de réflexions, ils ne sont plus en phase. Cela provoque une variation continue de l'intensité du signal capté, comme si quelqu'un déréglait sans arrêt le potentiomètre du récepteur. Sur les postes modernes, des systèmes automatiques corrigent les effets désagréables du fading.

**A partir des très hautes fréquences**, de l'ordre de 30 MHz, on peut utiliser les ondes sous forme de



faisceaux qui se propagent à vue, d'un relais à un autre. Ces faisceaux hertziens sont de véritables « autoroutes » des ondes. Les relais sont des tours construites sur des hauteurs et munies d'antennes en forme de paraboles. Celles-ci jouent un rôle tout à fait analogue à celui du réflecteur d'un phare de voiture. Les relais sont espacés, en moyenne, de 40 à 50 km. Les faisceaux hertziens à micro-ondes sont particulièrement utiles pour relier les grands centres urbains. Leur énorme fréquence leur permet de transporter une quantité colossale d'informations : des milliers de conversations téléphoniques, plusieurs canaux de TV, des émissions radio, etc.

Un faisceau hertzien ne peut pas desservir directement les usagers : il est tout à fait analogue à un câble, joignant deux relais. Pour diffuser par exemple une émission TV acheminée par relais hertziens, il faut raccorder les relais à des antennes d'émission classiques.

rer deux satellites de radiodiffusion. Ce qui limiterait à une soixantaine le nombre total de satellites de radiodiffusion logeables sur l'orbite géostationnaire.

Entre 1965 et 1979, 87 satellites géostationnaires ont été lancés (bien sûr, pas uniquement pour la radiodiffusion, sinon ce serait contradictoire avec les données précédentes). Cela signifie que l'orbite géostationnaire risque de devenir rapidement encombrée. Une stricte application de la règle du « premier arrivé, premier servi » aboutirait à ce que les pays du Tiers Monde ne trouvent plus de place dans l'orbite, le jour où ils disposeront des satellites. D'où la proposition de ces pays, d'attribuer à chaque état une portion de l'orbite géostationnaire et une gamme de fréquences. On pourrait ainsi assurer le partage équitable de cette orbite tant convoitée.

En vertu du « libre flux de l'information », les satellites américains de télédétection Landsat observent depuis plusieurs années les ressources naturelles de la Terre. Ils constituent des banques de données qui sont ensuite revendues aux pays intéressés. Les pays du Tiers Monde souhaiteraient que cette collecte fort lucrative soit réglementée, mais la chose paraît assez peu applicable.

Allant plus loin dans la surenchère, la Colombie, située à la latitude de l'équateur, a revendiqué la portion de l'orbite géostationnaire qui se trouve au-dessus de son territoire, et a même exigé de percevoir un droit de location ! Il ne semble pas que cette proposition ait été très suivie, sauf peut-être par les autres pays équatoriens...

Si importante qu'elle soit, l'opposition « Nord-Sud » ne constituera pas le seul affrontement de la Conférence de Genève. Indépendamment des frontières nationales, chaque groupe d'utilisateurs constitue un « lobby » qui essaie d'étendre ses prérogatives. Les responsables de l'aviation civile lutteront pour disposer de nouvelles fréquences ; les organismes de radio-télévision pour que les télécommunications n'empiètent pas trop sur leurs bandes par l'extension des services mobiles ; les militaires de l'OTAN se sont réunis en juin pour examiner les moyens de conserver l'énorme partie du spectre qui leur est attribuée ; il est certain qu'ils n'utilisent qu'une faible partie de ce spectre, mais ils font valoir qu'en situation de crise ou de guerre, ils pourraient avoir besoin de toutes ces attributions.

Malgré les années de préparation, malgré les semaines de discussions animées qui vont se tenir à Genève, il est douteux que tous les problèmes soient résolus pendant la CARM. Certaines questions seront sans doute renvoyées à des conférences spécialisées. L'on n'a pas fini de négocier le partage de cette denrée précieuse, inépuisable mais limitée : le spectre radioélectrique. □

## II - L'ABOLITION DES DISTANCES

*Nées des besoins de la guerre, les télécommunications n'ont cessé de se développer. Des signaux de fumée à la retransmission des premiers pas de l'homme sur la Lune, leur essor fantastique a étendu la perception humaine bien au-delà des limites de notre planète.*

■ Dès ses premiers pas sur la Terre, l'être humain a utilisé des systèmes de signes pour communiquer avec ses semblables : gestes, sons, paroles, figures symboliques, écritures, etc. A l'origine, les hommes vivant en tribus fermées sur elles-mêmes, la communication ne sortait pas de ce vase clos.

Plus tard, les tribus s'ouvrirent. Elles durent lutter contre d'autres tribus pour agrandir leur territoire. Et s'allier pour le défendre. Les tribus devinrent des nations qui se faisaient la guerre. Avec la guerre apparut la nécessité de transmettre au loin des messages importants : ordres de l'état-major, situation de l'ennemi, appels à l'aide, etc. On utilisa d'abord des messagers, coureurs à pied ou cavaliers, relayés de loin en loin. Ce n'était guère rapide et pas toujours très sûr : témoin le sort du malheureux Philippiès qui voulut annoncer à ses compatriotes leur victoire sur les Perses, à Marathon, en 490 av. J.-C. ; il s'effondra, mort d'épuisement, après avoir parcouru en quatre heures les 39 kilomètres séparant Athènes du champ de bataille. Toujours est-il que les courriers qui sillonnèrent les routes de l'Antiquité furent les ancêtres de nos agents postaux.

Les signaux par le feu ont été en usage partout et à toutes les époques. De nos jours, ils existent encore sous la forme de phares, de fanaux, de fusées de détresse. Deux siècles avant notre ère, les Chinois allumaient, sur leur grande muraille, des feux pour signaler les incursions des Tartares. Ils se servaient de résines donnant une flamme brillante que n'éteignaient ni le vent ni la pluie. Les Perses avaient, pour leur part, établi un réseau de correspondance à l'aide de torches, utilisant de nombreux courriers et des « observateurs de signaux ». Le système était si efficace que, d'après Aristote, « le roi pouvait apprendre, dans le même jour, tout ce qui s'était passé de nouveau en Asie ».

Les Grecs firent encore beaucoup mieux, puisqu'ils inventèrent un système de signaux tout à fait comparable au code Morse. Ils utilisaient des fanaux, que l'on apercevait la nuit par leur lumière, et le jour par leur fumée ; à l'origine ces fanaux ne transmettaient qu'un certain nombre de signes déterminés d'avance ; on ne pouvait donc signaler que des événements généraux, pour lesquels on avait convenu d'un signe : « Par exemple (...) », écrit l'historien Polybe, deux siècles avant notre ère, « il était



facile d'annoncer par certains signes convenus, que la flotte se trouvait à Péparèthe, à Orée ou bien encore à Chalcis. Mais s'agissait-il d'indiquer que cette ville s'était révoltée, que telle autre avait été livrée par quelques citoyens, qu'un massacre avait eu lieu, ou de prévenir un de ces accidents si ordinaire dans le train habituel des choses et qu'on ne saurait prévoir... Comment convenir de signes pour des choses qu'il est impossible de connaître d'avance ? »

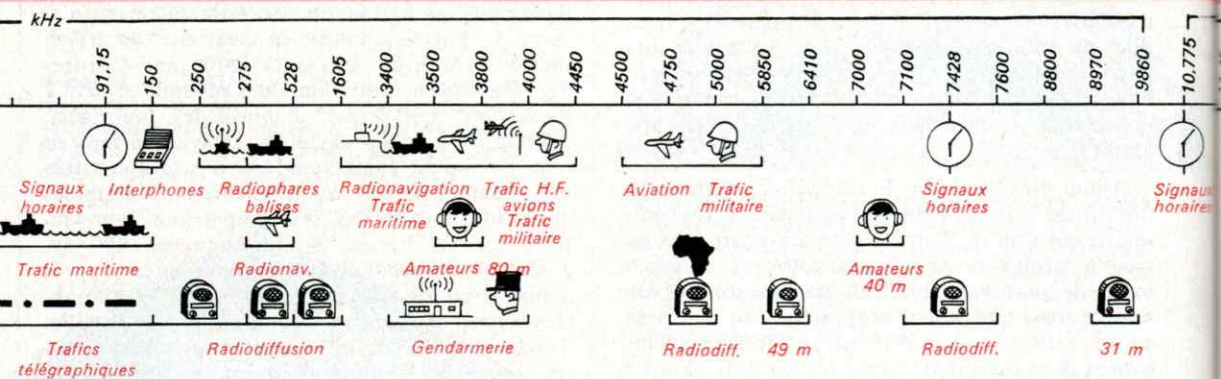
La réponse, Polybe la donne quelques pages plus loin, en décrivant un système fort ingénieux, dû à Cléomène et Démocrite et amélioré par Polybe lui-même. L'alphabet grec, qui comprend 24 lettres, est divisé en cinq classes de cinq lettres (la dernière n'en a que quatre). Pour chaque classe, les lettres correspondantes sont inscrites sur une tablette. On utilise deux batteries de cinq fanaux, disposés de chaque côté d'une lunette de visée. Les fanaux qui sont à

colline pour transmettre les nouvelles importantes. Toutefois, aucun de ces procédés n'apportait d'éléments nouveaux.

Il faut faire un bond dans le temps de près de vingt siècles, jusqu'à la Révolution française, pour découvrir un nouveau progrès dans la science des communications à distance. Le 22 mars 1792, l'ingénieur Claude Chappe présenta à l'Assemblée législative un système de télégraphie visuelle qui utilisait des tours munies de bras articulés. On représentait chaque lettre de l'alphabet par une configuration particulière des bras. A la longue-vue, on lisait le message d'une station à la suivante, qui le reproduisait à l'adresse d'une autre tour, et ainsi de suite.

En raison de la situation politique et militaire très trouble qui agitait alors la France, le fait d'équiper le pays d'un système de liaisons rapides revêtait une importance capitale. Le gouvernement décida donc de réaliser le projet de

## BANDE PAR BANDE, TOUT LE SPECTRE



Dans ce tableau, nous avons représenté la répartition des fréquences radio entre les utilisateurs, de 0 à 275 GHz, c'est à dire tout le domaine qui est soumis aux attributions de l'UIT. La portion du spectre correspondant aux infrarouges, à la lumière visible et aux rayonnements ultraviolet, X,  $\gamma$  et cosmique a également été indiquée. Ce tableau est établi pour la France. Bien entendu, un certain nombre de bandes sont mondiales : bandes amateurs, bandes de radiodiffusion, par exemple. En revanche, il est clair que lorsqu'une bande est attribuée à un organisme

gauche de la lunette indiquent sur quelle tablette figure la lettre que l'on transmet, et ceux de droite donnent la position de la lettre sur sa tablette. La lunette permet de bien distinguer la droite de la gauche. Par exemple, en levant d'abord un fanal à gauche, puis un fanal à droite, l'opérateur transmet la première lettre de la première tablette, soit  $\alpha$  (alpha). On voit que ce système permet de transmettre n'importe quel message écrit, sous forme d'une série de signaux codés. Il est assez frappant de voir que les Grecs avaient déjà compris, il y a plus de deux mille ans, ce qui est à la base de la théorie moderne de la communication !

Après les Grecs, les Carthaginois, les Romains, les Byzantins utilisèrent des signaux par le feu, ou des variantes de cette méthode. Nos fameux ancêtres les Gaulois se sont eux aussi servis, bien avant la conquête romaine, de signaux de feu et de cris répétés de colline en

Chappe. Un réseau de 5 000 kilomètres comprenant 534 stations fut mis en place pour relier Paris à 29 villes importantes. Le « télégraphe Chappe » — c'est à cette occasion que le mot fut créé — fonctionna de 1793 à 1855, et fut adopté par l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie, la Belgique, la Hollande, le Danemark, la Russie et l'Egypte.

Beaucoup plus rapide que les systèmes précédents, le télégraphe Chappe restait encore lent. Certes, il pouvait transmettre un signal de Paris à Toulon en 20 minutes, mais à condition que le temps fût clair sur tout le parcours entre les deux villes, ce qui est exceptionnel. Souvent le message était bloqué en cours de route par manque de visibilité, ou par l'arrivée de la nuit. De plus, c'était un système fort coûteux, inutilisable pour un service destiné au grand public. En fait, il resta jusqu'à sa disparition, un instrument politique et militaire, exclusivement à la

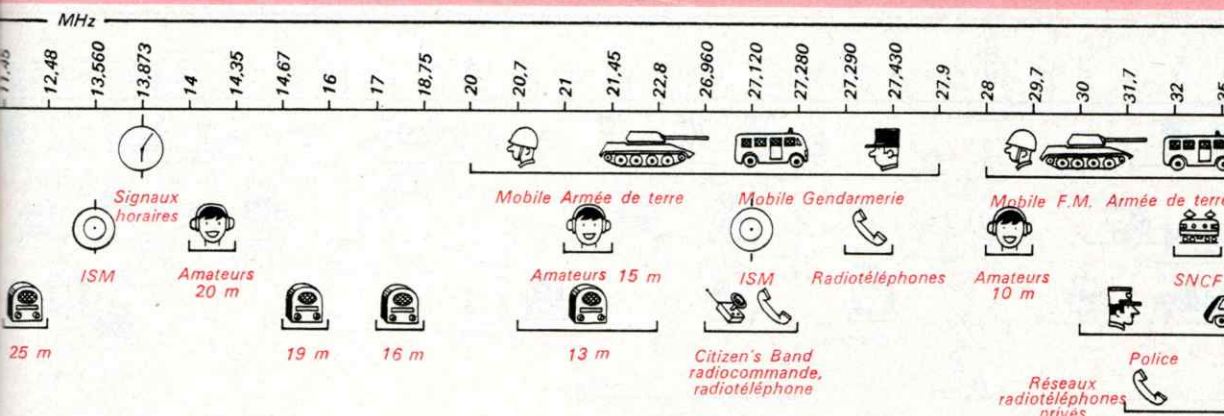
disposition de l'Etat.

« Avec l'électricité, nous allons voir cette institution (la télégraphie) subir une transformation radicale dans son organisation et ses procédés et se plier aux moindres exigences de la vie sociale. » Cette citation est tirée d'un ouvrage publié en 1888 et intitulé *La Télégraphie historique*. Il est l'œuvre d'un certain Alexis Belloc, inspecteur du contrôle à la « direction générale des postes et des télégraphes », l'ancêtre de notre secrétariat d'Etat aux postes et télécommunications (en 1888, le mot « télécommunication » n'existait pas encore ; il fut créé par Edouard Estaunié, ingénieur des télégraphes, qui publia en 1903 un *Traité pratique des Télécommunications* ; aussi surprenant que cela puisse paraître, le mot ne figure pas dans l'édition 1974 en six volumes du plus « classique » des dictionnaires, le Littré).

Ainsi, il y a près d'un siècle, Belloc estimait

glais Sturgeon. Un électro-aimant est constitué d'un fil conducteur enroulé autour d'un noyau de fer doux. Lorsqu'un courant passe dans le fil, il crée un champ magnétique autour du fil, auquel s'ajoute le champ produit par le noyau de fer doux. Sturgeon n'avait pas trouvé de moyen pour empêcher le courant de passer d'une spire à l'autre. La petite histoire raconte qu'en observant les rubans de soie de la jupe de son épouse, Henry eut l'idée d'enrouler ces rubans autour d'un fil de cuivre qu'il bobina ensuite sur une barre de fer doux... Ainsi fut confectionné le premier fil isolé.

En 1832, le peintre américain Samuel Morse conçut le premier télégraphe électrique moderne. Son principe était simple. Un manipulateur-émetteur, qui n'était rien d'autre qu'un interrupteur électrique, agissait sur un électro-aimant qui constituait le récepteur. Lorsque le courant passait, l'électro-aimant attirait un stylet qui



*national comme l'EDF ou la SNCF, cela correspond à la situation de notre pays et n'est pas forcément général. Pour la radiodiffusion ou la télévision nous n'indiquons pas la fréquence de chaque émetteur. Ces fréquences peuvent facilement être trouvées dans un journal de programmes ou dans le « World Radio-TV Hand book ». Dans d'autres cas, des fréquences précises sont indiquées, soit parce qu'elles sont peu connues, soit parce qu'elles peuvent servir à étalonner les récepteurs.*

déjà que l'électricité allait révolutionner les communications humaines ; c'était aussi l'avis de l'écrivain anglais Walker : « Le télégraphe électrique a une existence à part : il ne peut être remplacé par rien, il fait ce que la poste ne peut pas faire, il distance les pigeons voyageurs, il va plus vite que le vent, il arrache le sablier de la main du Temps et supprime les limites de l'espace... »

Dès le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, les esprits n'avaient pas manqué d'être frappés par la vitesse extraordinaire de l'électricité, et l'idée de s'en servir pour la télégraphie suscitait un intérêt croissant. Chappede lui-même l'avait envisagé, avant d'abandonner ce projet, qu'il jugeait chimérique, au profit de son télégraphe aérien.

Chimérique, la télégraphie électrique cessa de l'être au début des années 1830. L'Américain Joseph Henry mit au point l'électro-aimant dont le principe avait été découvert en 1825 par l'An-

appuyait sur un ruban de papier déroulé continuellement. Dès que le courant était coupé, un ressort faisait remonter le stylet. Selon la durée du signal, un point ou un trait était tracé sur le ruban. Chaque lettre de l'alphabet était représentée par une séquence de points et de traits.

La première ligne télégraphique fut installée en 1845 par Morse, entre Washington et Baltimore. Bientôt, les poteaux du télégraphe électrique jalonnèrent en tous sens l'Europe et l'Amérique du Nord. Dans les années 1850, fut mise au point la technique de la gutta-percha, substance isolante et imperméable qui permit de réaliser des câbles immergés. Le 5 août 1858, la première dépêche télégraphique franchit l'océan Atlantique, entre l'Irlande et Terre-Neuve. Un mois plus tard, le câble s'était déjà rompu, mais l'expérience avait suffi à démontrer l'énorme intérêt économique qu'il représentait. On ne tarda pas à le rétablir...

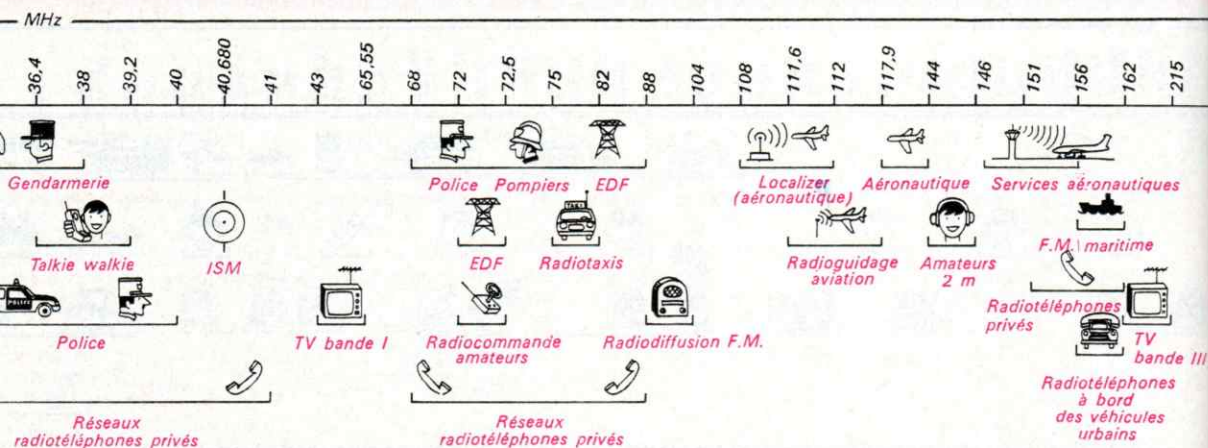
Avec le télégraphe électrique s'ouvrait véritablement l'ère des télécommunications. La télégraphie électrique n'était pas, comme sa devancière, un instrument à la discrétion de l'Etat. Elle devenait un service public, accessible à tous. En 1878, le réseau français comptait plus de 145 000 kilomètres de fils (sans compter le réseau souterrain), et le volume des communications était de 10 007 363 télégrammes intérieurs. A cette époque, une communication intérieure coûtait 5 centimes par mot...

Mais c'est avec le téléphone que les télécommunications électriques prendront véritablement leur essor. Le télégraphe était trop lent pour transmettre un dialogue : la transcription de toutes les lettres de chaque mot devenait très fastidieuse dès que le message était un peu long. L'idée de transmettre directement la parole fit vite son chemin. La première liaison téléphonique fut établie le 10 mars 1876, par les Améri-

à l'A.T.T. : « one policy, one system, universal service », c'est-à-dire « une politique, un système, un service universel ». Les principes de cette doctrine sont devenus aujourd'hui des postulats de base : service accessible à tous et au moindre coût, compatibilité entre les réseaux des différentes compagnies, au plan national comme international. Ces principes ont des conséquences très importantes en matière de tarifs et de normalisation. Notons qu'en Europe l'évolution vers le service universel fut relativement plus rapide car elle s'effectua sous l'égide des Etats.

Abordons maintenant le domaine des ondes. Il faudrait un livre entier pour rendre compte de l'ensemble des découvertes physiques et des progrès techniques qui ont abouti à la télégraphie sans fil. La « TSF » est de ces inventions qu'on ne peut attribuer à un seul homme. Il faudrait citer Henry, Thomson, Faraday, Helmholtz, Feddersen et d'autres, pour leurs travaux

## BANDE PAR BANDE, TOUT LE SPECTRE ( suite )



cains Graham Bell et Auguste Watson. Bell avait déposé sa demande de brevet le même jour qu'un certain Elisha Gray, industriel de Chicago. L'antériorité de l'invention fut néanmoins attribuée à Bell, parce qu'il avait déposé sa demande quelques heures avant Gray !

Toujours est-il que, sous l'impulsion d'industriels dynamiques, le téléphone ne tarda guère à se développer. Il existe aujourd'hui à peu près 450 millions de postes téléphoniques qui sont presque tous interconnectables entre eux. Ce résultat, qui nous paraît banal, était loin d'être évident a priori. Aux Etats-Unis, le principe d'un réseau universel ne fut acquis qu'assez tard. Il y avait plusieurs compagnies, possédant chacune son réseau ; l'on ne pouvait correspondre qu'avec les abonnés de la compagnie à laquelle on était soi-même abonné !

Il fallut toute l'influence d'un grand organisateur, Theodore Vail, le premier président de l'A.T.T., l'American Telegraph and Telephone, pour imposer une conception globale des télécommunications. La doctrine de Vail se résume parfaitement dans le célèbre slogan qu'il donna

sur les phénomènes d'induction et de self-induction ; ces physiciens présentaient l'existence des ondes électromagnétiques, sans pouvoir les mettre en évidence. Maxwell formula, entre 1865 et 1873, la théorie de ces ondes immatérielles comme la lumière, mais invisibles.

C'est le physicien allemand Heinrich Hertz, élève de Maxwell, qui réussit à mettre en évidence les ondes électromagnétiques, réalisant la première liaison TSF. Le dispositif de Hertz comportait un émetteur constitué d'une bobine de Ruhmkorff (c'est-à-dire une sorte de transformateur capable de délivrer des tensions de plusieurs dizaines de milliers de volts) reliée à un « éclateur » (deux petites boules métalliques prolongées par des tiges et des plaques formant condensateur) ; le récepteur était un simple cerceau métallique présentant une minuscule coupure. Les tensions élevées produites par la bobine pouvaient faire jaillir une étincelle entre les boules de l'éclateur. On observait alors une étincelle microscopique dans la fente du cerceau récepteur, placé à quelques mètres. Bien entendu, il n'y avait aucune liaison matérielle, fil ou

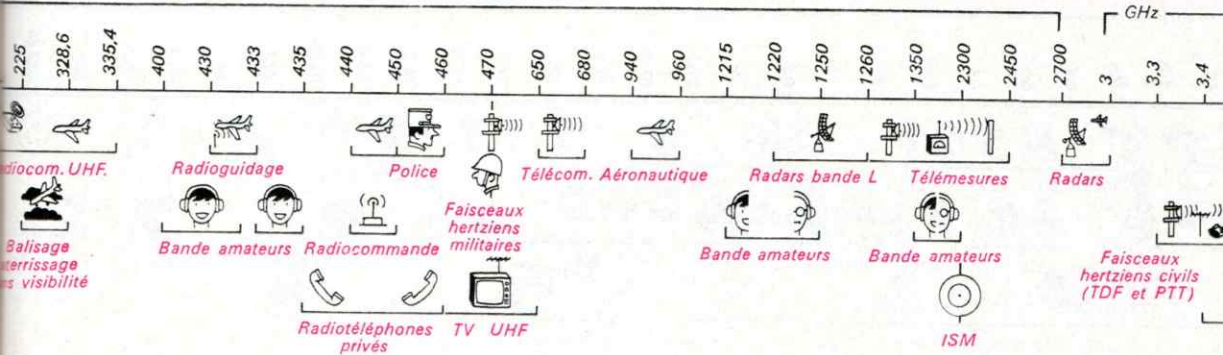
autre, entre l'émetteur et le récepteur. La petite étincelle témoignait donc de la propagation d'ondes invisibles, immatérielles, entre l'éclateur et le cerceau.

Après Hertz, Nikola Tesla découvrit les courants polyphasés, base de l'électrotechnique moderne, et fut bien près de réaliser la TSF à ondes entretenues (elle n'apparut que vingt-cinq ans plus tard) ; Branly inventa le « cohéreur », un tube de verre rempli de limaille d'argent, qui devenait conducteur lorsqu'il était parcouru par des ondes électromagnétiques ; Popov, professeur de physique à l'École des officiers torpilleurs de la Marine russe à Kronstadt, utilisa le cohéreur pour recevoir des signaux télégraphiques ; le 24 mars 1896, Popov réussit à transmettre entre deux locaux de l'Université de Saint-Petersbourg, éloignés de 250 mètres, les mots « Heinrich Hertz », codés en Morse.

L'ingénieur italien Marconi mit véritablement

gênées par les problèmes de brevets. En effet, il n'était pas rare, à l'époque, qu'une compagnie qui voulait développer un procédé dut racheter une dizaine de brevets aux compagnies rivales. Cela donnait lieu à des situations rocambolesques, comme celle qui se produisit à propos de la lampe-triode par Lee de Forest en 1906. C'était tout simplement le tube à vide de nos bons vieux postes « à lampes ». De Forest, qui pressentait l'importance vitale de ce dispositif pour transmettre la voix sur les ondes, déposa un brevet en 1907 ; il fonda la « De Forest Radio Telephone Company », au capital de deux millions de dollars. Mais il fit faillite et se vit tenter un procès qui faillit l'envoyer en prison. On lui reprocha d'avoir trompé le public avec un appareil « dénué d'intérêt », selon les termes mêmes du tribunal !

Les choses n'en restèrent pas là. Vail, le président de l'A.T.T., voulait réaliser une liaison té-



au point la technique de la TSF. Il réalisa les premières liaisons à grande distance : Angleterre-France en 1899 (46 kilomètres), et surtout la première liaison transatlantique, le 12 décembre 1901, entre Poldhu en Cornouailles et Saint-Jean de Terre-Neuve (3 400 kilomètres). La Compagnie Marconi, fondée en 1900, équipa de nombreux navires et joua un grand rôle dans le développement de la TSF. Elle échoua cependant dans son intention d'exercer un monopole mondial des ondes, mais ceci est une autre histoire.

La première guerre mondiale eut des effets très importants sur le développement de la radio, confirmant une fois de plus le lien crucial entre la guerre et les télécommunications. En France, la station militaire de la Tour Eiffel, créée en 1904 par le capitaine Ferrié (qui devint plus tard général), joua un rôle décisif. 50 millions de mots passèrent sur ses antennes entre 1914 et 1918.

Une conséquence inattendue de la guerre de 1914 fut qu'elle permit aux différentes firmes de développer leurs techniques sans être trop

léphonique (par câbles) entre New York et San Francisco. Il acheta pour 50 000 dollars le droit d'utiliser les propriétés amplificatrices de la lampe de de Forest. La ligne fut inaugurée en 1915.

Un an plus tôt, l'A.T.T. avait acheté également, pour 90 000 dollars, le droit d'utiliser la triode en radio. La Compagnie Marconi attaqua alors de Forest, prétendant que l'emploi de la triode était couvert par le brevet de la valve de Fleming ; ce dispositif avait précédé la lampe de de Forest ; ce n'était en fait qu'une diode. Finalement, le jugement du tribunal aboutit à interdire aux deux parties la fabrication de lampes à trois électrodes : cette fabrication aurait constitué une contrefaçon de la valve pour de Forest, une contrefaçon de la triode pour la Compagnie Marconi...

La situation ne se clarifia que vers les années 1920, qui marquent le début de la radiodiffusion. Avec les lampes triodes, il devenait possible de fabriquer des amplificateurs, et ainsi de transmettre non seulement des signaux télégraphiques, mais la voix ou la musique. La guerre avait fait progresser la technique des compo-

sants ; la fin des hostilités permit aux radio-amateurs de construire de petits émetteurs sur lesquels ils commencèrent à diffuser des disques ou à improviser des émissions en direct. Ces émissions n'étaient audibles que dans un rayon de quelques kilomètres, mais elles furent le point de départ du « boom » de la radiodiffusion.

Pour l'ensemble du monde, on comptait quelque 600 stations émettrices en 1925 ; leur nombre dépassa 10 000 au début des années 1960. Aujourd'hui, rien qu'en France, il y a 36 millions de récepteurs radio et plus de 15 millions de téléviseurs.

Les premières émissions publiques de télévision ont eu lieu en 1936 à Londres, sur les antennes de la BBC. En fait, le principe de l'image vidéo était connu dès les années 1910, mais sa pratique fut laborieuse.

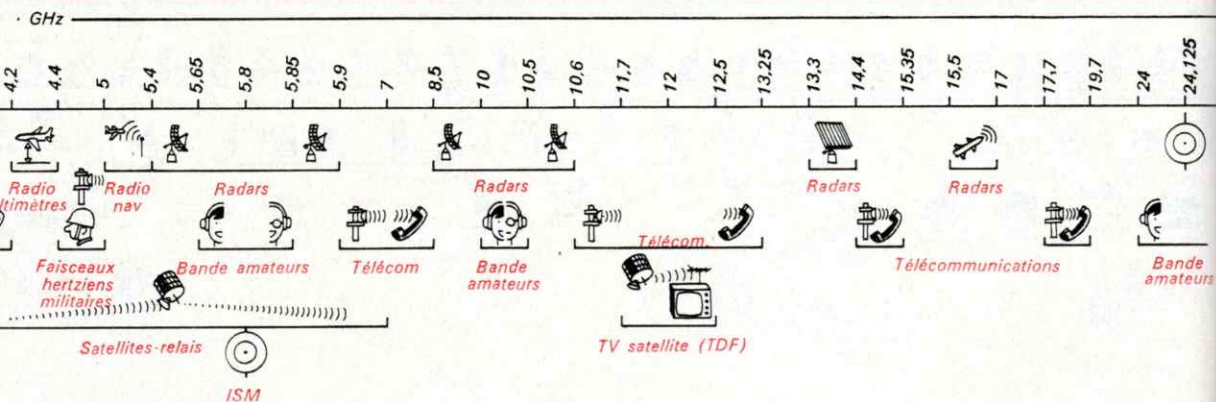
En 1962, le satellite *Telstar* transmit la première émission télévisée en direct, par-dessus

### III - LE PARTAGE DES FRÉQUENCES

*S'il se pose un délicat problème du partage entre les nations et l'ensemble du spectre électromagnétique, il faut considérer dans le détail à quoi correspond chaque tranche de fréquences. Car les parts de ce gâteau répondent à des appétits si divers qu'on pense même attribuer les miettes du fond... aux extraterrestres.*

A chaque seconde, des ondes venues de millions d'émetteurs sillonnent l'espace, transportant émissions de radio, de télévision, conversations téléphoniques, communications aériennes et maritimes, appels de détresse, signaux horaires, etc. Devenu banal, ce résultat est pourtant loin d'être évident. Sans une coor-

#### BANDE PAR BANDE, TOUT LE SPECTRE ( suite )



l'Atlantique, entre les Etats-Unis et l'Europe. Et il y a tout juste dix ans, un demi-milliard de téléspectateurs assistaient en direct à la première marche de l'homme sur la Lune, le 21 juillet 1969. Ainsi, la conquête spatiale a fait reculer les frontières de la communication humaine au-delà des limites de notre planète.

A cause du fantastique développement des « Télécom », la Terre s'est, en un sens, « rétrécie ». Si le coureur de Marathon avait pu aller aussi vite que les messages du télégraphe Chappe, il ne lui aurait fallu que quelques secondes pour rallier Athènes ; à la vitesse d'une onde radio, il aurait mis moins d'un dix-millième de seconde !

Marshall McLuhan, philosophe et sociologue canadien, pense que l'effet d'abolition des distances engendré par les communications électriques aboutit à transformer notre monde en un « village planétaire », à « retribaliser l'humanité ». Pourtant l'isolement de l'homme moderne est assez contradictoire avec les liens intenses qui resserraient les membres des tribus primitives. Et si, après tout, la communication n'était pas une affaire de distance ? □

dination au niveau mondial des utilisateurs, les émissions se brouilleraient de manière inextricable. Chaque service ne peut fonctionner que dans la mesure où les autres n'empiètent pas sur les fréquences qui lui sont attribuées ; inversement, lorsqu'un service ne s'en tient pas à ses fréquences, il gêne les autres.

Les attributions de fréquences sont décidées lors des conférences administratives mondiales des radiocommunications (ou CAMR). L'UIT publie, dans le « Règlement des radiocommunications », la liste détaillée, bande par bande, des attributions aux différents services : fixe (liaison point par point entre deux stations fixes), mobile (liaison avec une station qui se déplace), radiodiffusion, etc. La notion de service désigne un type de liaison, quel qu'en soit l'utilisateur.

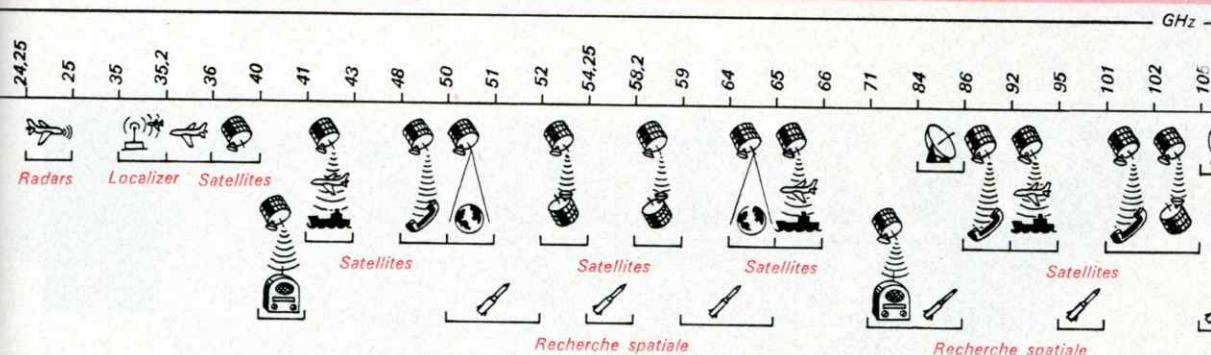
Par exemple, le service mobile terrestre peut concerner aussi bien l'Armée, la Police, la Gendarmerie, que les taxis ou les ambulances. Dans les accords internationaux, les utilisateurs n'apparaissent pas explicitement. C'est ensuite à chaque pays qu'il appartient, selon sa législation, de répartir les fréquences attribuées par l'UIT

entre les utilisateurs concernés des différents services.

Aujourd'hui les attributions figurant dans le Règlement des radiocommunications couvrent la portion du spectre qui s'étend de 10 kHz (très basses fréquences) à 250 GHz (micro-ondes). Pour établir ces attributions, il faut tenir compte de plusieurs facteurs. D'abord toutes les fréquences ne peuvent pas servir à tous les usages. D'une manière générale, plus une fréquence est élevée, plus elle permet de transporter un signal complexe. Pour obtenir une reproduction assez bonne, sans plus, de la parole et de la musique il faut une largeur de bande au moins égale à 9 kHz. En pratique, il n'est guère commode de faire de la radio en dessous de 10 kHz parce que cela nécessiterait des antennes gigantesques. Pour la télévision, la largeur de bande nécessaire est d'au moins 5 MHz, ce qui se situe dans les ondes courtes. En fait la bande de fréquences

jour continuelle de la réglementation des ondes. Où en est-on aujourd'hui ? Sur quels points précis des changements risquent-ils de se produire ? C'est ce que nous allons examiner, en considérant successivement les grandes gammes d'ondes : basses et moyennes, ondes courtes, très hautes et ultra-hautes fréquences, micro-ondes.

● **Les basses et moyennes fréquences :** ce sont les ondes kilométriques et hectométriques (gammes GO et MO de votre récepteur). Leur domaine s'étend d'une dizaine de kHz à 3 000 kHz (ou 3 MHz). Historiquement, elles ont été les premières utilisées. Aux débuts de la TSF, l'essentiel des radiocommunications consistait en liaisons télégraphiques entre stations côtières et navires. L'intérêt des basses fréquences résidait dans la très longue portée de ces ondes. Aujourd'hui, les basses fréquences sont de plus en plus délaissées, car elles ne permettent guère d'autres applications que la télégraphie ; de plus



ces la plus basse employée en TV est de 50 MHz environ, et on se sert plus de fréquences supérieures à 200 MHz.

Mais le problème ne se borne pas à utiliser pour chaque service, la largeur de bande minimale.

Par exemple, dans les moyennes fréquences, entre 300 et 3 000 kHz, on ne peut loger que 300 émetteurs radio (puisque chaque émetteur nécessite une largeur de bande de 9 kHz). Dans la gamme des ondes courtes, de 30 à 300 MHz, la capacité est dix fois supérieure.

Les accords internationaux doivent tenir compte également de l'état de la technologie. Au début de la TSF, lorsqu'il n'y avait que des émetteurs ondes longues, on ne se préoccupait pas des fréquences au-dessus de 3 000 kHz. Aujourd'hui, faisceaux hertziens et radioastronomie utilisent des micro-ondes.

Enfin, les rapports de force et les intérêts souvent contradictoires entre différents pays ou différents « lobbys » d'utilisateurs influencent la politique en matière d'attribution des fréquences.

Toutes ces contraintes nécessitent une mise à

elles exigent des puissances considérables et des antennes gigantesques. En dessous de 150 kHz, elles ne servent plus guère qu'au trafic maritime et à quelques trafics télégraphiques. Au-dessus, on trouve de la radiodiffusion, ainsi que divers systèmes d'aide à la navigation. Lors de la CAMR 79, les ondes kilométriques et hectométriques ne seront pas traitées, puisque planifiées en 1975 par une conférence spécialisée.

● **Les ondes courtes :** aux premiers temps de la TSF, la faible capacité d'information des basses fréquences était secondaire par rapport à la baisse de portée qu'impliquait toute augmentation de fréquence. Les radiotechniciens en déduisirent que les fréquences au-dessus de 3 MHz étaient inutilisables, et les abandonnèrent aux amateurs.

Or au début des années 1920, les amateurs réussirent, à la surprise générale, des transmissions à très longue distance. Avec un matériel sommaire, des amateurs européens captaient les émissions de leurs collègues américains. L'explication fut bientôt trouvée : les ondes de fréquences comprises entre 3 à 30 MHz se réfléchissaient sur l'ionosphère ; elles pouvaient, par

rebonds successifs, parcourir de très longues distances. Cette découverte entraîna une véritable ruée sur les ondes courtes, qui sont aujourd'hui la gamme la plus encombrée. Elles conviennent à presque toutes les applications, ce qui ne simplifie pas les choses.

Les amateurs ont conservé plusieurs bandes mondiales dans la gamme OC : 80 m, 40 m, 20 m, 15 m, 10 m. Mais ils souhaiteraient élargir leur domaine. En France, ils sont relativement moins bien servis que dans d'autres pays, comme l'Allemagne ou les USA. Lors de la CAMR 79, la France ne demandera pas d'extension de leurs bandes ; contrairement aux autorités américaines, sur lesquelles un mouvement d'amateurs puissamment organisé a pu faire pression.

● **Les ondes très courtes et ultra-courtes :** à partir d'une fréquence de 30 MHz environ,

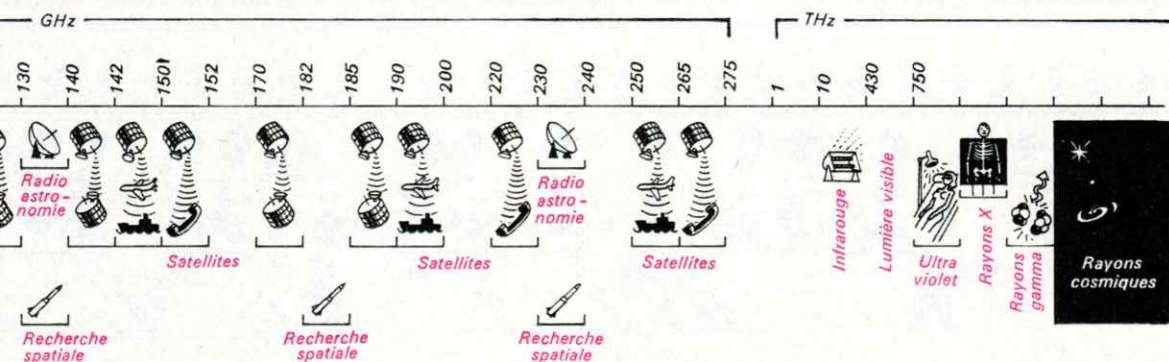
d'accord sur la limite supérieure à adopter. Un certain consensus semble s'être établi pour étendre la bande jusqu'à 104 MHz ; mais de nombreux pays voudraient aller jusqu'à 108 MHz.

En France, la bande 104-108 MHz est utilisée par le service mobile terrestre de l'Armée. On conçoit que les militaires n'accepteront pas facilement de voir diminuer leurs attributions. Par ailleurs, l'Angleterre souhaiterait maintenir des services mobiles dans la bande 100-104 MHz.

En ce qui concerne les satellites, un projet nouveau sera sans doute évoqué à Genève. Il s'agit d'utiliser des satellites de radiodiffusion dans une bande voisine de 1 GHz, quelque part entre 800 et 1 600 MHz. Cela permettrait de recevoir de la radiodiffusion, d'une qualité proche de la MF, dans les voitures. Une simple antenne-fouet suffirait à capter ces émissions.

Le projet se heurte à une opposition des PTT.

## BANDE PAR BANDE, TOUT LE SPECTRE (fin)



les ondes ne sont plus réfléchies par l'ionosphère. Elles la traversent et se perdent dans l'espace. On ne peut donc les utiliser qu'en propagation directe, jusqu'à la limite de l'horizon. Ces ondes n'en sont pas moins fort intéressantes parce qu'elles ont une propagation très stable, et une capacité d'information suffisante pour transporter les images de télévision. Elles sont également idéales pour la radiodiffusion en modulation de fréquence. A partir de 600 MHz environ, on trouve aussi des faisceaux hertziens.

En France, les bandes 41-68 MHz et 162-216 MHz sont réservées à la télévision. Le cas du 162-216 MHz est une anomalie mondiale, les autres pays se servant de la bande 174-223 MHz. Ces bandes conviennent aussi très bien aux services mobiles qui sont écrasés par la demande croissante. Ils souhaiteraient donc « rogner » un peu sur la TV ce qui ne va pas sans quelques grincements de dents...

Le problème de la radio en modulation de fréquence sera réétudié lors de la CAMR 79. Actuellement, la MF occupe la bande de 87,5 à 100 MHz. Tous les pays s'accordent à reconnaître que c'est insuffisant, mais ils ne sont pas

qui désirent étendre leurs bandes dans la même gamme.

Un problème auquel on ne pense pas toujours est celui des applications autres que les radio-communications qui se servent des ondes : fours hyperfréquences, soudeuses, applications médicales... Les pâtes Lustucru, par exemple, ont une installation de séchage de nouilles qui fonctionne à 915 MHz. On regroupe ces applications sous le sigle générique d'ISM (pour industrielles, scientifiques et médicales). Les ISM ont des attributions de fréquences précises, afin d'éviter qu'elles ne gênent d'autres services.

● **Les micro-ondes :** au-dessus de 3 GHz, on entre dans le domaine des micro-ondes. Elles sont utilisées abondamment pour relier les grands centres urbains par faisceaux hertziens ; leur énorme fréquence leur permet de transporter une quantité colossale d'informations. La porteuse d'un émetteur peut acheminer des milliers de conversations téléphoniques, plusieurs canaux de TV, des émissions de radio, etc.

C'est aussi dans cette gamme de fréquences que fonctionnent presque toutes les liaisons avec l'espace ou entre stations spatiales : satellites,

(suite du texte page 180)

(suite de la page 117)

sément étudiées. D'autres indications sur ce que pourrait être la navette russe ont été données par Radio Moscou, il y a 6 mois. L'engin aurait, selon la station de radio soviétique, l'apparence d'un avion à aile delta avec fuselage en forme de cigare. L'arrière comporterait 3 puissants moteurs fusée. La longueur hors tout du véhicule serait d'environ 60 mètres et son diamètre avec les réservoirs de carburant avoisinerait 8 mètres. Le lanceur spécialement conçu pour cet engin serait propulsé lui aussi par des moteurs fusée. La longueur mentionnée de 60 mètres montre que ce chiffre comprend la longueur du lanceur. Si l'on considère qu'il comprend les ailes de la navette, cela reviendrait à voir dans le véhicule soviétique, un engin fort petit : en effet, la navette spatiale américaine a une envergure de 24 mètres. Mais il n'est pas sûr que les Russes aient pris en compte la longueur des ailes en donnant la valeur du diamètre.

Il y a en fait peu de différences entre le vol du Shuttle, du Raketoplan ou d'Hermès. Car en dehors de l'atmosphère, il n'y a pas de vol au sens où l'on entend habituellement, aucune atmosphère n'étant là pour assurer la portance des ailes. Dans l'espace, l'engin se maintient sur sa trajectoire grâce à l'équilibre qui s'établit entre l'attraction terrestre qui tend à le ramener au sol et la force centrifuge qui tend à l'expédier plus loin dans l'espace. Au contraire, dès que l'engin revient au contact avec l'atmosphère, le freinage produit abaisse la vitesse à tel point que la force centrifuge ne peut plus équilibrer la pesanteur, ce sont alors les ailes qui prennent le relai, la portance aéro-dynamique devenant importante même dans l'air raréfié étant donné la très grande vitesse d'une navette (28 800 km/h). Au fur et à mesure que l'altitude décroît, la vitesse descend mais la portance augmente car l'air devient plus dense. Finalement, une navette descend en vol plané comme le fait tout avion qui couperait ses moteurs. La seule difficulté vient de ce que la vitesse d'atterrissage est très élevée du fait des ailes courtes nécessaires pour la rentrée dans l'atmosphère. Toutes les navettes, qu'elles soient russes, américaines ou européennes fonctionnent normalement sur ce principe, mais il est possible que les Russes aient ajouté un moteur de poussée arrière pour faciliter les manœuvres d'atterrissage. Il ne faut pas confondre ce moteur de propulsion avec les moteurs de freinage qui sont destinés à ralentir la navette américaine sur orbite pour la faire redescendre sur Terre. Le projet français Hermès ne prévoit, lui, aucun moteur de rentrée. Ce planeur dans tout le plus grand sens du terme devra alors posséder une protection thermique très efficace. C'est le problème technique le plus difficile à résoudre actuellement.

**Martine CASTELLO** ■

(suite de la page 110)

radio-astronomie, recherche spatiale.

La France développe actuellement deux projets de satellites (voir S. et V. n° 741 p. 107). D'une part le satellite « Télécom 1 » qui assurera les nouveaux services de télécommunications et les liaisons avec les D.O.M. Pour ce projet, les crédits ont été votés et « Télécom 1 » devrait être placé sur orbite géostationnaire dès 1983.

Le second projet, « TDF 1 », un satellite de télévisions directes, pose beaucoup plus de problèmes. D'après les accords internationaux, la France a droit à 5 canaux TV par satellite. En raison de contraintes techniques liées au lanceur Ariane, « TDF 1 » n'en aurait que 3.

Même avec 3 canaux, le projet resterait très onéreux et les services de TDF se préoccupent de sa rentabilisation. D'autant plus que la réception directe par satellite nécessite d'équiper chaque immeuble ou maison d'une antenne-coupole et d'un décodeur, d'un coût d'environ 3 000 F. On ne peut imposer cette dépense aux téléspectateurs, sans leur offrir un avantage en contrepartie.

Cet avantage, ce serait un programme en plus, une 4<sup>e</sup> chaîne. Les responsables de TDF se proposent donc d'émettre par « TDF 1 » les programmes de TF 1, d'Antenne 2 et de Télé-Luxembourg (RTL). La troisième chaîne, FR 3, restant régionale. Un tel accord arrangerait tout le monde : Télé-Luxembourg pourrait toucher le marché français (il ne faut pas oublier que cette chaîne fonctionne beaucoup sur la publicité). Pour TDF, ce serait le moyen de rentabiliser le projet. Et le téléspectateur hériterait d'un programme supplémentaire.

Malheureusement, il y a un « os », et de taille : la diffusion de RTL sur les antennes nationales constituerait une violation flagrante du monopole. Le gouvernement français peut difficilement assumer la contradiction qui consisterait à poursuivre les émetteurs de radios libres tout en cautionnant une violation du monopole. Conséquence : la décision sur le projet « TDF 1 » est reportée de mois en mois, depuis avril. En principe la question devrait être réglée en octobre prochain, mais on voit mal comment.

Signalons enfin une anecdote amusante : la FCC, l'organisme américain chargé de préparer la conférence de Genève, a proposé d'attribuer une fréquence à la communication avec des intelligences extraterrestres. Dans la colonne « motif », les experts américains se bornèrent, pour justifier leur proposition, à inscrire ces quatre mots : « They may help us », c'est-à-dire « Ils peuvent nous aider ». Qui osera encore dire que le rêve américain est mort ?

**Michel de PRACONTAL** ■  
Enquête Antoine LEFEBURE