This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

هذه النسخة الإلكترونية (PDF) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (ITU) والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلاً.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

© International Telecommunication Union

Union internationale des télécommunications

Fascicule nº 14

3e colloque Espace et radiocommunications

Paris, 28 mai 1974

30e Salon international de l'aéronautique et de l'espace

colloque « espace et radiocommunications »

organisé par

l'union internationale des télécommunications

paris, 28 mai 1973

31e salon international de l'aéronautique et de l'espace

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

ARCHIVES
U.I.T.
GENEVE

INTRODUCTION

Comme tous les deux ans depuis 1969, l'Union internationale des télécommunications a organisé le lundi 28 mai 1973, dans le cadre du Salon international de l'aéronautique et de l'espace, le colloque "Espace et radiocommunications". Ce troisième colloque était placé sous le haut patronage de M. Hubert Germain, ministre français des Postes et Télécommunications, qui a présidé la séance d'ouverture.

Le thème retenu pour 1973 était: "Les radiocommunications spatiales après les décisions de la deuxième Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales de l'UIT (Genève, 7 juin-17 juillet 1971)".

Plus de cent spécialistes internationaux ont suivi les exposés qui donnèrent lieu à des débats extrêmement animés, dirigés par le vice-secrétaire général de l'UIT, M. Richard E. Butler.

On trouvera ci-après le programme de cette journée ainsi que les textes des exposés des conférenciers.

Le quatrième colloque "Espace et radiocommunications" se tiendra en principe en 1975, le vendredi 6 juin dans le cadre du 31e Salon international de l'aéronautique et de l'espace, Paris—Le Bourget.

Programme du troisième colloque "Espace et radiocommunications", 28 mai 1973

10 h 00: ouverture du colloque

Allocution d'ouverture de M. H. GERMAIN, ministre français des Postes et Télécommunications 5

Allocution de M. R.E. BUTLER, vice-secrétaire général de l'UIT 8

L'introduction des techniques numériques dans les systèmes de télécommunication par satellite

● D. LOMBARD, ingénieur des télécommunications, CNET, France 12

La radiodiffusion par satellite dans le contexte de la planification des radiocommunications

● E.L. SOMMERLAD, chef de la Division de la recherche et de la planification des communications, UNESCO 24

Les décisions de la Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales (1971) et les programmes d'application du CERS/ESRO

● G. BLOCK, ingénieur, Division de la politique technique et industrielle, CERS/ESRO 32

12 h 30: fin des exposés de la matinée

15 h 00: reprise du colloque

Les radiocommunications spatiales au service de l'homme

● B. MANUALI, chef de la Division des programmes d'application, Direction des programmes et de la politique industrielle, CNES, France 44

Expérience acquise par les Etats-Unis depuis la CAMTS (1971)

● W. DEAN, Jr., directeur adjoint, Frequency Management, Office of Telecommunications Policy, Executive Office of the President, Washington, DC . 70

Les radiocommunications spatiales après les décisions de la deuxième Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales (Genève, 1971)

● P. MAGNE, directeur technique, Division des faisceaux hertziens 82

● B. BLACHIER, Bureau spatial, Division des faisceaux hertziens, Thomson-CSF, France 82

18 h 00: clôture du colloque

Allocution finale de M. R.E. BUTLER, vice-secrétaire général de l'UIT .. 91

OUVERTURE DU COLLOQUE

Allocution d'ouverture prononcée par
M. H. GERMAIN
Ministre français des Postes et Télécommunications

La France est heureuse d'accueillir tous les participants à ce colloque que je suis personnellement heureux de présider.

Dans le cadre de ce salon consacré à l'aviation et à l'espace, le thème de ce colloque "Espace et radiocommunications" se situe de façon particulièrement heureuse:

- quand on évoque les communications internationales, il est maintenant naturel de se tourner vers l'espace,
- on mesure ainsi le chemin accompli depuis la première liaison opérationnelle de télécommunication par satellite, en 1962,
- actuellement, deux satellites acheminant 3500 circuits au total nous relient aux autres continents,
- on parle maintenant de satellites pour des liaisons à l'intérieur d'un même continent, voire d'un même pays (satellites canadiens, américains, européens),
- s'y ajoutent les autres utilisations, navigation, radio et télévision, météorologie,
- tous ces utilisateurs doivent se partager deux biens communs non extensibles: l'orbite géostationnaire et le spectre des fréquences radioélectriques,
- d'où la nécessité de tels colloques pour une utilisation optimale.

Au-delà, je voudrais saluer la plus ancienne organisation intergouvernementale, qui constitue à mes yeux un modèle:

- l'UIT est plus que centenaire, puisque créée en 1865, ici même à Paris;
- elle est cependant plus active que jamais, puisqu'elle suit à la fois les progrès toujours plus rapides de la technique et les besoins en communications toujours croissants des hommes — le nombre des postes téléphoniques a ainsi décuplé en trente ans, atteignant maintenant 300 millions;
- l'UIT groupe 146 pays, où tous les régimes et toutes les idéologies sont représentés. Elle a su rester, au-dessus des querelles politiques, fidèle à son double but:
  - développement des télécommunications dans le monde, en particulier pour les liaisons internationales,
  - extension de la coopération entre pays dans le domaine des télécommunications de toutes natures;

M. Hubert Germain, ministre français des Postes et Télécommunications, s'adresse aux participants au colloque. A sa gauche, M. Serge Dassault, commissaire général du Salon international de l'aéronautique et de l'espace. A sa droite, M. Richard E. Butler, vice-secrétaire général de l'Union internationale des télécommunications et M. Louis-Joseph Libois, directeur général des télécommunications au ministère français des Postes et Télécommunications

— sous la haute autorité et l'impulsion de son secrétaire général actuel, M. Mili, soutenu par toutes les hautes personnalités du Secrétariat général et des comités consultatifs, l'UIT doit poursuivre son oeuvre. Cette année verra en particulier, en septembre prochain, la réunion de la Conférence de plénipotentiaires, instance suprême de l'organisation.

Notre pays a fait siens les deux objectifs de l'UIT:

— nous participons activement au développement du réseau de télécommunications mondial, que ce soit par l'intermédiaire d'organismes comme INTELSAT, ou par des actions plus spécifiques, dont l'exemple sera le *TAT-VI,* ou le futur câble France—Royaume-Uni;

— dans le domaine de la coopération, on peut citer notre action au Mexique, en République Populaire de Pologne ou en Afrique.

Enfin, je voudrais souligner le rôle fondamental joué par les télécommunications pour le rapprochement de tous pays, et pour que se développe une compréhension mutuelle et le sentiment d'appartenir à une même communauté, la communauté humaine.

(Langue originale: français)

Allocution de M. R.E. BUTLER
Vice-secrétaire général de l'UIT

Monsieur le ministre,
Monsieur le commissaire général du salon,
Mesdames et messieurs,

Je tiens, Monsieur le ministre, à vous remercier très vivement de vos paroles aimables, qui montrent bien l'intérêt que vous portez à des initiatives comme celles-ci, dont l'objet est de susciter une meilleure compréhension — ou de meilleures "communications" — entre spécialistes des télécommunications spatiales (ingénieurs, constructeurs et usagers) qui tous, assument d'importantes responsabilités et font en sorte que cette technologie nouvelle soit mise au service de l'humanité.

Ce troisième colloque s'ouvre deux ans après la dernière Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales qui s'est tenue à Genève, du 7 juin au 17 juillet 1971.

Le deuxième colloque, qui avait eu lieu peu avant cette conférence, avait permis aux participants d'exprimer leurs désirs et leurs vues sur les travaux de la conférence.

C'est la raison pour laquelle nous avons cru bon de choisir pour le présent colloque le thème suivant: "Espace et radiocommunications" à la suite des décisions de la Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales de 1971.

En 1957, il y a maintenant près de 16 ans, l'homme est entré dans l'ère spatiale et les plus grands espoirs furent placés dans les possibilités nouvelles

que la conquête de l'espace offrait à l'humanité. Déjà, les vols spatiaux nous sont devenus familiers et il en est de même des diverses "retombées" telles que les retransmissions transocéaniques et continentales en téléphonie, télégraphie, transmission de données et télévision; nous sommes également déjà accoutumés à obtenir des prévisions météorologiques plus sûres grâce aux applications des connaissances spatiales et on ne saurait passer sous silence les avantages directs et indirects dont bénéficient les techniques industrielles ainsi que la recherche scientifique et médicale, par exemple.

Si nous faisons le bilan de ces 16 dernières années, nous constatons qu'un long chemin a été parcouru et que le résultat est indiscutablement positif.

Il va sans dire que l'apparition spectaculaire de ces nouvelles applications n'a été possible que grâce à une coopération internationale persévérante et réaliste (fondée, en fait, sur la notion de réglementation) dans laquelle l'Union internationale des télécommunications a démontré sa vitalité en tant qu'organisation habilitée à formuler des avis, à coordonner, planifier et réglementer en vue d'une application harmonieuse de ces techniques nouvelles dans le réseau mondial des télécommunications.

Avant même que les Nations Unies aient, au début des années 1960, exprimé leur intérêt légitime pour la création d'une structure politique de base et d'un organe législatif compétent pour les questions de l'espace extra-atmosphérique, le Comité consultatif international des radiocommunications (CCIR), organisme de l'UIT, avait entrepris l'étude de la normalisation nécessaire pour assurer une utilisation efficace et rationnelle des radiocommunications spatiales, en parallèle avec les systèmes traditionnels: aviation civile, service maritime, radiodiffusion, radioastronomie, radioamateurs, etc., cette activité venant s'ajouter aux échanges d'informations scientifiques et techniques dans le cadre des procédures de consultation appliquées par notre Union.

La première Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales, celle de 1963, a décidé des premières attributions de fréquences aux services de radiocommunications spatiales; elle a aussi fixé les conditions techniques et les règles de coordination à respecter dans la mise en oeuvre et l'exploitation de ces services. A l'époque, l'accent était mis principalement sur les applications spatiales des satellites de télécommunications (téléphonie, télégraphie et distribution télévisuelle), la recherche spatiale et l'utilisation des satellites dans la météorologie.

Nous avons assisté ensuite à une véritable "explosion" des besoins de télécommunications pour tous les services. Il y a eu des demandes de plus en plus pressantes pour l'utilisation du spectre radioélectrique. En même temps, on notait des possibilités d'application extrêmement diverses pour d'autres services, notamment:

- aviation et transport maritime (trafic et navigation);
- possibilités de réception télévisuelle directe, avec ses conséquences incalculables pour la suppression de l'analphabétisme et le progrès social et en matière d'éducation;
- exploration des ressources naturelles de la terre et satellites d'environnement, pour accroître le bien-être de l'humanité.

Il n'est pas encore possible d'évaluer pleinement le succès de la deuxième Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales de 1971, c'est-à-dire la mesure dans laquelle cette conférence a permis de satisfaire aux demandes des divers services. Ce succès apparaît de plus en plus grand, mois après mois. A la Conférence de 1971, toutes les délégations ont travaillé d'arrache-pied pendant six semaines, et ces efforts ont mis en évidence les énormes possibilités des télécommunications — cela après un travail de préparation technique persévérant, accompli individuellement et collectivement par les pays Membres de l'UIT, par l'intermédiaire du CCIR. Personne ne se serait aventuré à imaginer de telles possibilités il y a 15 ans, époque où le CCIR commença ses études systématiques sur l'application et l'intégration des nouvelles techniques. Pour l'innovateur, le concepteur et l'ingénieur spécialiste des applications, les travaux peuvent commencer sur les systèmes de radiocommunication de la prochaine décennie, avec des répercussions non seulement sur les systèmes spatiaux proprement dits, mais aussi sur les stations mobiles et terrestres qui assurent les jonctions nécessaires. On peut même parler d'une contribution à la troisième décennie du développement, sous la forme d'une optimisation des investissements et d'une accélération du progrès économique.

Les mémoires présentés à ce colloque traitent de nombreuses questions découlant des travaux de la deuxième Conférence des télécommunications spatiales. J'ai le plaisir d'être accompagné aujourd'hui par mon collègue, M. A. Berrada, membre du Comité international d'enregistrement des fréquences (IFRB), qui est un organisme de l'UIT. M. Berrada participera aux discussions sur les conséquences pratiques découlant des décisions de la conférence, notamment:

i) introduction, dans le Règlement des radiocommunications, non seulement de paramètres techniques nouveaux concernant l'utilisation des divers systèmes, mais également de procédures de coordination détaillées qui doivent être respectées par les organes de planification des services spatiaux; cette coordination doit se faire par l'intermédiaire de l'IFRB, qui est responsable de l'utilisation rationnelle et efficace du spectre radioélectrique;

ii) utilisation des bandes de fréquences radioélectriques avec égalité des droits;

iii) pas de préemption permanente du spectre (ni des positions orbitales) pour les "premiers utilisateurs"; ceux-ci sont tenus de prendre les mesures pratiques et techniques nécessaires pour permettre à d'autres de mettre en place ultérieurement les services qu'ils auront planifiés;

iv) respect d'un principe nouveau et spécifique: les pays Membres qui établissent des services de radiodiffusion par satellite sont tenus de prendre toutes les mesures techniques nécessaires pour réduire le plus possible le rayonnement de leurs signaux au-dessus d'autres pays, sauf accord préalable;

v) résolutions qui prévoient la convocation d'autres conférences de planification et la conclusion d'accords régionaux pour la planification et l'exploitation des services de radiodiffusion par satellite.

Des demandes ont déjà été formulées, visant à l'extension de certains services fixes et mobiles; ces demandes sont à l'origine d'une suggestion tendant à convoquer une conférence mondiale de l'UIT qui serait chargée de planifier l'utilisation de certaines fréquences à utiliser en partage avec les services de radiodiffusion. Notre Conseil d'administration a décidé de recommander à la Conférence de plénipotentiaires de l'UIT, qui se tiendra en septembre-octobre de cette année, que cette conférence mondiale de planification soit convoquée dans un avenir pas trop éloigné, éventuellement entre 1978 et 1980. On a là un nouvel exemple de la vitalité de l'UIT, qui regarde loin dans l'avenir pour essayer de faire face aux demandes dont elle est saisie et pour effectuer les travaux de préparation technique dans les meilleures conditions et d'une façon systématique. Ces travaux ont une importance capitale pour la réussite des conférences de réglementation, car ils contribuent grandement à l'application efficace des nouvelles technologies et à l'utilisation rationnelle des énormes investissements à prévoir.

Je tenais à vous donner ces quelques indications de caractère général pour planter le décor de notre troisième colloque.

Monsieur le ministre, c'est un grand honneur pour moi de me retrouver avec vous ici et de participer à l'ouverture de ce colloque sous votre patronage.

Je suis extrêmement conscient de la contribution éminente que la France et votre ministère ont toujours apportée aux progrès de l'UIT, tout le long de son histoire — dès sa fondation, il y a 108 ans, non loin d'ici.

Je tiens à vous remercier de l'appui que vous n'avez cessé de nous accorder.

C'est avec le plus grand plaisir que j'invite M. Lombard, du CNET, à présenter le premier mémoire.

(Langue originale: anglais)

L'INTRODUCTION DES TECHNIQUES NUMÉRIQUES DANS LES SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMUNICATION PAR SATELLITE

par
D. LOMBARD
Ingénieur des télécommunications
Centre national d'études des télécommunications (CNET)
France

1. Introduction

Les premiers systèmes de télécommunication par satellite ont largement bénéficié de l'acquis technique des systèmes terrestres de faisceaux hertziens. Ils ont donc utilisé essentiellement des techniques analogiques.

Une évolution vers des techniques numériques se fait sentir actuellement aussi bien dans les transmissions terrestres que dans les télécommunications par satellite. S'agit-il encore d'une réaction de mimétisme du secteur spatial sur le secteur terrestre ou d'une évolution stimulée par des avantages substantiels? Nous allons tenter d'apporter des éléments de réponse à cette question en faisant une étude comparative des systèmes analogiques et numériques des télécommunications par satellite. Il ne s'agit pas ici de faire un exposé détaillé sur tous ces systèmes, mais plutôt d'en décrire les caractéristiques d'intérêt pour la comparaison que nous avons en vue. Pour cette présentation, nous suivrons l'ordre historique: nous aborderons donc successivement les systèmes en accès multiple à répartition en fréquence analogique et numérique, puis les systèmes en accès multiple par répartition dans le temps. Les systèmes en accès multiple par répartition en fréquence analogique (modulation de fréquence) sont les seuls actuellement en service dans le réseau INTELSAT; le système *SPADE*, qui utilise une forme numérique (modulation par déplacement de phase) d'accès multiple par répartition en fréquence en est à ses essais en vraie grandeur sur un satellite *Intelsat-IV*. Après plusieurs expériences probantes de faisabilité, un système

en accès multiple par répartition dans le temps est en cours de spécification au sein d'INTELSAT pour préparer des essais en vraie grandeur.

2. L'accès multiple par répartition en fréquence (AMRF)

2.1 Définitions

A l'origine, l'expression "accès multiple" représente la possibilité donnée à des signaux provenant de diverses stations terriennes d'être amplifiés dans un même répéteur du satellite.

L'accès multiple est dit "par répartition en fréquence" quand des signaux d'origines différentes sont émis vers le satellite sur des fréquences distinctes. L'identification de l'origine d'un signal peut alors être faite par sa fréquence. Autrement dit, dans un système en accès multiple par répartition en fréquence, chaque station émet une ou plusieurs porteuses vers le satellite, toutes les porteuses sont amplifiées simultanément par un des répéteurs du satellite. Cette amplification simultanée de plusieurs porteuses n'est possible que parce que les répéteurs des satellites utilisés en accès multiple ne comportent pas de limiteur. Rendu nécessaire dans les relais de faisceaux hertziens (et même dans un satellite à défilement) par l'ampleur des fluctuations des niveaux reçus, cet élément fortement non linéaire devient inutile avec un satellite géostationnaire car, aux fréquences utilisées (4 et 6 GHz), les fluctuations de niveau sont faibles. On verra cependant (2.2) que l'élément amplificateur lui-même est non linéaire et donne naissance à un bruit d'intermodulation d'autant plus important que le nombre de porteuses à amplifier est grand.

Pour réduire le nombre de porteuses nécessaires pour acheminer le trafic, et pour simplifier le matériel des stations terriennes, on préfère regrouper à l'émission d'une station terrienne les voies téléphoniques relatives à plusieurs liaisons sur un seul multiplex qui module une porteuse à destinations multiples. Cette méthode permet de réduire sensiblement le nombre total de porteuses à amplifier dans les répéteurs du satellite et améliore les conditions de transmission. A la réception, il faut un récepteur pour chaque porteuse qui contient des voies téléphoniques qui sont destinées à la station; on ne conserve que ces voies après démodulation. Le fonctionnement avec des porteuses à destinations multiples conduit à une structure dissymétrique pour les équipements d'une station terrienne, le nombre de porteuses émises étant en général inférieur au nombre de porteuses reçues.

2.2 L'intermodulation

A bord des satellites actuels, la puissance primaire est limitée. Pour obtenir une puissance rayonnée aussi grande que possible, on utilise l'élément amplificateur (tube à onde progressive — TOP) du répéteur du satellite dans une partie non linéaire de sa caractéristique. En AMRF, la coexistence de plusieurs porteuses dans un élément non linéaire a pour conséquence:

1. Un recul de la puissance de sortie disponible par rapport à un fonctionnement en porteuse unique.

2. L'apparition de composantes de fréquences parasites (produits d'intermodulation) dont l'ensemble va se comporter comme un bruit supplémentaire dit bruit d'intermodulation ([1]). Ce bruit d'intermodulation dû aux non-linéarités du TOP coexiste d'ailleurs avec du bruit dû à la conversion amplitude-phase du TOP, bruit qui comporte des composantes aux mêmes fréquences que le bruit d'intermodulation non linéaire ([2]).

Les deux phénomènes décrits ci-dessus conduisent à une réduction notable de la capacité d'un répéteur de satellite quand on augmente le nombre de porteuses qui y accèdent. A titre d'exemple, on donne au tableau I, la capacité d'un répéteur d'*Intelsat-IV* (supposé couplé à une antenne d'émission à couverture globale) en fonction du nombre de porteuses MF amplifiées ([3]).

Tableau I — Capacité d'un répéteur Intelsat-IV utilisé avec une antenne à couverture globale

nombre de porteuses accédant au répéteur	*capacité du répéteur*	*nombre de voies par porteuse*	*bande radioélectrique utilisée par porteuse (MHz)*
14	336	24	2,5
7	420	60	5
3,5 [1]	456	132	10
1	900	900	36

[1] Trois porteuses de 132 voies et une de 60 voies.

Les données du tableau I correspondent à des configurations où les porteuses sont supposées de même capacité. Dans la pratique, ce n'est pas le cas:

on peut alors avoir intérêt à adopter des plans de fréquence où les produits d'intermodulation les plus importants retombent en dehors de la bande utile du répéteur; ils seront donc éliminés par filtrage dans le satellite. Ceci peut induire quelques contraintes sur les plans de fréquence utilisable.

3. Le système SPADE* (MIC/MDP/AMRF)** [4,6]

Dans le système AMRF/MF/MRF (système à accès multiple par répartition en fréquence/à modulation de fréquence (de chaque porteuse)/à multiplexage (des voies téléphoniques) par répartition en fréquence) d'*INTELSAT,* la taille minimale disponible est de 12 voies. Comme, d'autre part, les circuits sont établis en permanence entre deux correspondants, un tel système convient bien à l'établissement de liaisons de grande ou moyenne capacité, mais répond mal aux exigences d'utilisateurs qui ont besoin d'un grand nombre de liaisons acheminant chacune un faible trafic.

La situation est un peu analogue à celle d'abonnés au téléphone à qui l'on proposerait de louer en permanence autant de lignes qu'ils ont de correspondants: en étant raccordés à un autocommutateur, les petits utilisateurs verraient leur problème résolu de façon plus économique, pour eux et pour l'administration. INTELSAT s'en est préoccupé et offre maintenant l'équivalent d'un autocommutateur entre les stations participantes, le système SPADE.

Un autocommutateur établit une liaison entre demandeur et demandé pour la durée d'une communication. De même, le SPADE établit à la demande une liaison entre deux stations terriennes pour la durée d'une communication: c'est un système AMRF avec *affectation à la demande.*

Huit cents porteuses, chacune modulée en phase par une voie préalablement codée, sont à la disposition des stations participantes. Pour chaque communication, un couple de fréquences porteuses est affecté aux stations concernées. A l'issue de la conversation, les deux porteuses sont remises à la disposition de tous. Ainsi une entraide est-elle établie, au niveau des 400 circuits disponibles, pour l'ensemble des stations.

C'est le trafic de crête total, bien inférieur à la somme des trafics de crête de chaque station, que le système doit pouvoir écouler. Mais les dégradations

---

* *SPADE* est une abréviation mnémotechnique pour *single channel per carrier PCM multiple access demand-assignment equipment.*

** Modulation par impulsions et codage; modulation par déplacement de phase; accès multiple par répartition en fréquence.

dues à l'intermodulation dans un système AMRF s'aggravent quand on augmente le nombre des porteuses: or, le SPADE est un système AMRF à 800 porteuses. Bien qu'il utilise les signaux numériques, il souffrirait donc d'un bruit d'intermodulation très élevé s'il n'était muni de *détecteurs de parole*, qui interrompent l'émission quand la voie n'est pas active à l'intérieur d'une conversation car, du simple fait que deux interlocuteurs ne parlent généralement pas à la fois, la voie est inoccupée la moitié du temps.

Ce n'est d'ailleurs pas à la transmission, mais à la gestion du système d'affectation à la demande, qu'est due la complexité des équipements SPADE. Ceux-ci doivent, en effet:

- décoder la signalisation téléphonique reçue du centre de transit international;
- converser avec les autres stations pour choisir le couple de fréquences utilisées pour le circuit;
- établir le circuit jusqu'à la station de destination;
- transmettre la signalisation téléphonique au centre de transit de destination.

Ils doivent en outre effectuer les opérations symétriques à la réception de toute demande de circuit en provenance des autres stations de système.

Malgré sa complexité, le SPADE devrait, au fur et à mesure de sa mise en exploitation, montrer sa viabilité. Il faut espérer que sa disponibilité contribuera à promouvoir l'établissement de nouvelles stations terriennes dans les pays à trafic très étoilé.

4. Accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) ([7,8])

4.1 Pour éviter les limitations imposées par l'amplification simultanée de plusieurs porteuses dans un tube à ondes progressives, on envisage d'amplifier séquentiellement les signaux issus des différentes stations suivant un processus périodique. On peut alors utiliser toute la puissance du tube et se régler sur la même fréquence puisqu'une seule porteuse est reçue à la fois par le satellite. Bien sûr, un tel procédé suppose que l'information, c'est-à-dire le signal analogique de parole soit mis sous forme qui permette cette transmission séquentielle. Aussi utilise-t-on la modulation par impulsions et codage (MIC) dans laquelle chaque voie téléphonique est échantillonnée au rythme de 8000 échantillons par seconde puis codée sous une forme de 7 ou 8 éléments binaires. Toutes les voies issues d'une station

sont ensuite multiplexées dans le temps pour former une trame de $n \times 7$ (ou 8) éléments binaires.

Pour réaliser un système d'accès multiple par répartition dans le temps, on définit d'abord l'intervalle de temps de récurrence qui sépare deux émissions successives d'une station. Il semble logique, pour des raisons de simplicité du système, de le prendre égal à un multiple entier de l'intervalle de temps qui sépare deux échantillonnages successifs, soit $n \times 125$ µs. On partage ensuite cet intervalle de récurrence en autant d'intervalles élémentaires qu'il y a de stations à utiliser le satellite. Chaque station émet à grande vitesse pendant l'intervalle élémentaire qui lui est alloué le paquet de données correspondant à une trame (ou autant de trames que l'intervalle de récurrence en contient); comme dans le cas de l'accès multiple par répartition en fréquence, elle reçoit tous les paquets réémis par le satellite et en extrait les voies qui lui sont destinées. On utilise la modulation par déplacement de phase (MDP) à 2 ou 4 états car elle réalise le meilleur compromis puissance–bande passante pour la transmision de données numériques.

La définition des intervalles de temps affectés à chaque station nécessite l'existence d'une base de temps synchronisée sur un signal (paquet de synchronisation) émis par une station dite station de référence.

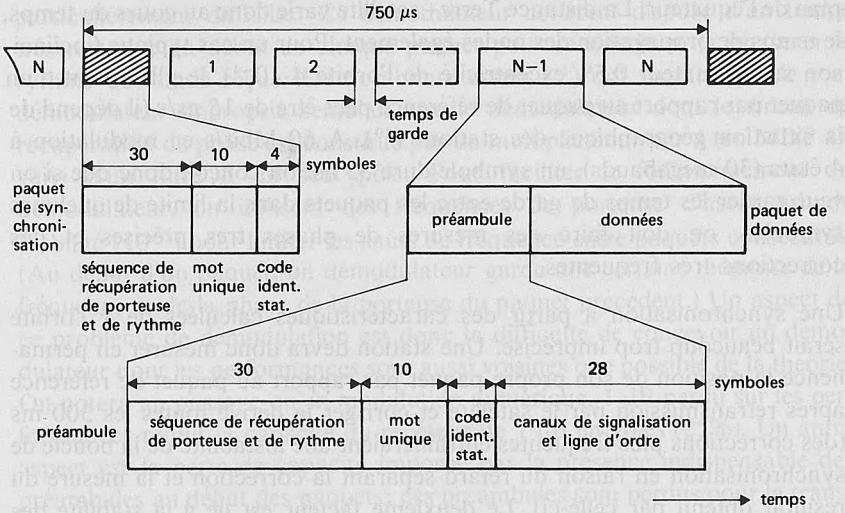


Figure 1
Format de la trame et des paquets dans un système AMRT

4.2 La figure 1 représente une configuration typique d'une trame AMRT. On notera que les paquets émis par les différentes stations sont séparés par des temps de garde nécessaires pour éviter les recouvrements éventuels dus aux imprécisions inévitables de la synchronisation.

4.3 Quelques éléments d'une confrontation des systèmes AMRF et AMRT.

4.3.1 Du point de vue strictement transmission, les systèmes AMRT présentent un avantage décisif sur les systèmes AMRF: en AMRT, un seul signal traverse le TOP du satellite, il n'y a donc ni recul de la puissance de sortie, ni bruit d'intermodulation. On peut donc utiliser le TOP du satellite en son point de saturation.

Quelles sont les contreparties de cet avantage?

4.3.1.1 Il faut maintenir une synchronisation très précise entre les paquets émis par les diverses stations. La difficulté de cette synchronisation peut être entrevue grâce aux ordres de grandeur suivants: deux facteurs affectent la fréquence et la finesse des corrections à apporter à la position des paquets émis, l'un d'eux dépend de la précision du maintien en position du satellite. Un satellite géostationnaire n'a jamais une orbite strictement circulaire dans le plan de l'équateur, il se déplace généralement sur une trajectoire légèrement elliptique, inclinée de quelques dixièmes de degré sur le plan de l'équateur. La distance Terre–satellite varie donc au cours du temps, le temps de propagation des ondes également. Pour un cas typique (inclinaison sur l'équateur 0,5°, excentricité de l'orbite $4 \cdot 10^{-4}$), le glissement d'un paquet par rapport au paquet de référence peut être de 15 ns/s (il dépend de la situation géographique des stations ([10]). A 60 Mbit/s en modulation à 4 états (30 mégabauds), un symbole dure 33 ns; on conçoit donc que si on veut garder les temps de garde entre les paquets dans la limite de quelques symboles, on doit faire des mesures de phases très précises et des corrections très fréquentes.

Une synchronisation à partir des caractéristiques calculées de x l'orbite serait beaucoup trop imprécise. Une station devra donc mesurer en permanence la position de son propre paquet par rapport au paquet de référence après retransmission par le satellite et corriger la dérive toutes les 300 ms (des corrections plus fréquentes entraîneraient une instabilité de la boucle de synchronisation en raison du retard séparant la correction et la mesure du résultat obtenu par celle-ci). Le deuxième facteur est lié à la stabilité des horloges numériques du terminal AMRT, en choisissant une stabilité de ces horloges de l'ordre de 10^{-9} à court terme, la dérive due aux instabilités des

horloges devient négligeable devant celle due à l'effet Doppler. L'état actuel de la technique permet de réaliser cette stabilité sans difficultés particulières.

On vient d'évoquer la question de la synchronisation en régime permanent; l'acquisition de cette synchronisation implique la conception de dispositifs supplémentaires. Avant de commencer son émission, une station (qui n'est pas de référence) ignore à quel instant de la trame son paquet va arriver au satellite. Si elle émettait à pleine puissance, son paquet pourrait venir recouvrir et brouiller un paquet déjà en place; elle doit donc commencer par émettre un signal auxiliaire à bas-niveau pour connaître la phase de son horloge trame locale par rapport à celle de la station de référence; ce signal bas-niveau (20 dB au-dessous du niveau nominal de la porteuse) ne brouillera pas de façon sensible les émissions des autres stations déjà en service car la modulation numérique est peu sensible aux brouilleurs (surtout s'ils ne sont pas à la même fréquence que la porteuse). Une fois cette phase connue, la station entrante amènera son signal bas-niveau au milieu de l'intervalle de temps qui lui est alloué, puis émettra son paquet au niveau nominal. L'acquisition sera alors terminée. De telles procédures d'acquisition ont été essayées avec succès sur les trois systèmes AMRT expérimentés à ce jour (TTT, AMRT 1 et système allemand). Une version automatique est en cours d'étude par la COMSAT pour le compte d'INTELSAT.

4.3.1.2 Le démodulateur AMRT doit fonctionner dans des conditions particulièrement difficiles. Ce démodulateur cohérent dispose d'un temps très restreint au début de chaque paquet pour reconstituer la phase et le rythme de l'onde reçue. De nombreux essais ([11]) ont montré que le seul démodulateur approprié semblait être le démodulateur dont le circuit de récupération de phase est constitué par un multiplicateur par 4 (en MDP 4), suivi d'un filtre à un seul pôle. Pour faciliter le fonctionnement du démodulateur, on utilisera des fréquences de porteuse d'assez grande stabilité (10^{-7}) pour limiter les sauts de fréquence entre paquets consécutifs. (Au début d'un paquet, un démodulateur garde une certaine mémoire de la fréquence et de la phase de la porteuse du paquet précédent.) Un aspect de ce problème de démodulation est donc la difficulté de concevoir un démodulateur dont les performances sont aussi voisines que possible de la théorie. On notera au passage qu'en modulation numérique, 1 dB perdu sur les performances réduit la capacité du répéteur de 1 dB en voies (25%). Un autre aspect est la perte de capacité imposée par la présence indispensable des préambules au début des paquets; ces préambules sont perdus pour la transmission effective d'information. La perte est d'autant plus importante que le nombre de préambules par unité de temps est plus grand. D'où l'idée de

prendre une durée de trame AMRT égale à plusieurs fois 125 µs. On doit alors mettre en mémoire les octets de l'émission et à la réception de manière à les restituer au rythme normal de l'échantillonnage d'une voie. Un compromis économique a été étudié au sein d'INTELSAT et a conduit à une trame AMRT de 750 µs = 6 × 125 µs (valeur particulièrement bien adaptée à une exploitation en MDP 4, puis en MDP 8).

4.3.1.3 Ces diverses réductions de capacité que l'on doit consentir pour un système AMRT par rapport à la transmission d'une porteuse continue émise au niveau de la saturation conduisent à une capacité moyenne de 900 voies téléphoniques par répéteurs d'*Intelsat-IV* (faisceau global).

4.4 Retour sur la question du facteur de charge en transmission numérique. Les systèmes de concentration des conversations.

On pourrait faire remarquer que le gain de capacité d'un système AMRT sur un système SPADE ne paraît pas très grand: 900 voies contre 800 voies, pourquoi?

La réponse à cette question a déjà été donnée au sujet du système SPADE: en modulation numérique, la charge de la porteuse est la même, que la voie soit active ou non. Les systèmes AMRT acheminent donc des trains numériques chargés partiellement. Une solution analogue à celle de la détection de parole du SPADE permet de doubler la capacité d'un système AMRT. Depuis de nombreuses années, des systèmes TASI sont en service sur les câbles sous-marins; ils utilisent les temps d'inactivité des conversations pour acheminer sur un même support d'autres conversations. Le gain ainsi obtenu est de l'ordre de deux. Un système de type TASI peut être utilisé avec l'AMRT. La réalisation d'un tel système est facilitée par l'emploi de techniques numériques; on peut, par exemple, multiplexer la fonction détection de parole ([12]).

Sans entrer dans les détails, on notera que les dispositifs de concentration de la parole ne nécessitent pas le traitement de la signalisation téléphonique; ils y sont transparents. Les problèmes d'interface avec les centres de transit n'existent pas.

Avec un système AMRT et un dispositif de concentration des conversations (CELTIC), la capacité du répéteur *Intelsat-IV* double, elle est de l'ordre de 1800 voies. On voit donc que le concept d'accès multiple par répartition dans le temps utilisé avec son complément logique, la concentration de la parole, apporte un gain important sur les systèmes analogiques.

5. Systèmes plus évolués

On imagine déjà des techniques plus élaborées pour augmenter l'efficacité des systèmes.

Avec des satellites de même structure qu'*Intelsat-IV*, on envisage d'utiliser l'AMRT dans des zones de couverture étroites. On gagne évidemment de la puissance en évitant de rayonner dans des zones inutiles; la synchronisation de l'AMRT est alors difficile puisque certaines stations ne peuvent plus recevoir leur paquet retransmis par le satellite ([10]). Quand plusieurs répéteurs du satellite utiliseront un système AMRT, on envisagera d'utiliser dans les stations terriennes une seule chaîne d'émission et de réception qui sera commutée au rythme des paquets d'une fréquence sur l'autre. Ceci n'est possible qu'avec une synchronisation commune de tous les systèmes AMRT ([12] séance G).

Pour les satellites de la prochaine génération, on étudie la possibilité de réaliser des commutations à bord du satellite. Ce concept a déjà donné lieu à des réalisations ([12] séance G).

6. Conclusion

Le tour d'horizon qui précède montre que l'on dispose actuellement d'un ensemble de systèmes adaptés à des utilisations spécifiques.

On a rassemblé au tableau II les principales caractéristiques des systèmes décrits ci-dessus. On voit combien les systèmes numériques sont prometteurs; ils devront cependant être développés avec beaucoup de soin de façon à éviter que l'exploitant ne garde la nostalgie du bon vieux temps de l'" analogique ".

(Langue originale: français)

Tableau II — Les différents systèmes de télécommunications adaptés aux satellites de la génération Intelsat-IV

accès multiple	*par répartition en fréquence (AMRF)*			*par répartition dans le temps AMRT*	
système	AMRF/MF	SPADE	SPADE	AMRT	AMRT/CELTIC
modulation	analogique	numérique	numérique	numérique	numérique
nombre de porteuses par répéteur	une dizaine	800	800	1	1
affectation à la demande	non	oui	non	non	non
détection de parole	non	oui	oui	non	oui
capacité d'un répéteur Intelsat-IV (voies)	400	800	800	900	1800
état	en exploitation	en cours d'introduction dans le système INTELSAT	sera essayé sur *Symphonie*	spécifications achevées; en cours de développement	
adapté à un trafic par liaison	*important*	faible		moyen	

Bibliographie

([1]) Lombard D.: "Intermodulation due à la non-linéarité d'un tube à ondes progressives: programme de calcul et applications" — Etude *CNET 896 EST/EFT*

([2]) Chitre N.K.M.: "Intelsat-IV communications system simulation" — IEEE International Conference on Communications, Montréal, juin 1971

([3]) Puente J.G., Schmidt W.G., Werth A.M.: "Multiple-access techniques for commercial satellites" — Proceedings of the IEEE, vol. **59**, n° *2* (février 1971)

([4]) Werth A.M.: "SPADE: a PCM FDMA demand assignment system for satellite communications" — IEEE International Conference on Communications, *paper 70-CP-423-COM*, pages 46-22 à 46-32

([5]) McClure R.B.: "Analysis of intermodulation distorsion in a FDMA satellite communications system with a bandwidth constraint" — IEEE 70 International Conference on Communications, San Francisco, 8-10 juin 1970

([6]) Payet G., Monnot M.: "Le système SPADE" — *Echo des recherches* (avril 1971)

([7]) Schmidt W.G. *et al.*: "MAT-1: INTELSAT's experimental 700 channel TDMA/DA system" — Proceedings 1969 INTELSAT/IEE International Conference on Digital Satellite Communication, pages 428-440

([8]) Nosaka K.: "TTT system-50 Mbit/s PCM-TDMA system with time-preassignment and TASI features" — Proceedings 1969 INTELSAT/IEE International Conference on Digital Satellite Communication, pages 83-94

([9]) Lombard D.: "Codage et modulation d'une information numérique en transmission radioélectrique" — *Onde électrique* (septembre 1971)

([10]) Lombard D.: "Accès multiple à répartition dans le temps et couverture par pinceaux" — Texte 22E de la référence ([11])

([11]) Actes du colloque "L'espace et la communication", Paris, avril 1971

([12]) Actes du colloque sur les "Télécommunications numériques par satellites", Paris, novembre 1972

LA RADIODIFFUSION PAR SATELLITE DANS LE CONTEXTE DE LA PLANIFICATION DES RADIOCOMMUNICATIONS

E. Lloyd SOMMERLAD
Chef de la Division de la recherche et de la planification des communications
Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO)

Au cours d'une allocution prononcée l'an dernier à l'Université de Columbia, le secrétaire général des Nations Unies, M. Kurt Waldheim, a fait la déclaration suivante concernant l'avenir des télécommunications au service de la paix:

> "Ne pas reconnaître la primauté du politique sur le technologique est un phénomène alarmant et de plus en plus dangereux dans le monde moderne. Bien trop souvent, ceux qui ont la responsabilité du développement futur de la technologie sont insuffisamment conscients des graves conséquences politiques, économiques et sociales de leurs choix. Ce danger existe aussi dans le domaine des télécommunications. Si l'on ne supprime pas ce risque, les développements qui surviendront dans ce domaine pourraient bien avoir, dans une perspective nationale et internationale plus vaste, des conséquences qui n'ont été ni prévues ni souhaitées. Dans de nombreux cas, ces conséquences ne peuvent être modifiées ultérieurement qu'au prix d'efforts considérables, mais il peut arriver aussi que ces conséquences soient irréversibles."

Il n'est peut-être pas très opportun de souligner cet aspect de la stratégie du développement dans l'atmosphère du Salon du Bourget, entourés comme nous le sommes par les merveilles de la science moderne, mais ces considérations expliquent en partie pourquoi l'UNESCO se préoccupe des problèmes posés par les satellites et d'autres techniques, qui ont causé ce que certains appellent une révolution dans les télécommunications mais que d'autres préfèrent considérer comme une évolution harmonieusement planifiée de ces techniques.

L'UNESCO ayant pour mandat, aux termes de sa Convention, de promouvoir la libre circulation des idées par les mots et les images, elle a tout naturellement orienté son programme vers les problèmes que pose l'application des techniques de télécommunications. L'UNESCO a, d'une part, encouragé le développement de tous les moyens de communication mais, d'autre part, elle exprime les préoccupations de toutes les nations quant à la qualité des informations et au contenu des messages qui, grâce aux progrès techniques, sont diffusés à un public de plus en plus vaste. Dans le cadre de ses structures, l'UNESCO a établi des contacts étroits avec beaucoup d'organisations non gouvernementales, dont un grand nombre dans le domaine des télécommunications, et les a aidées à s'intégrer à la communauté internationale. En conséquence, lors de conférences techniques, l'UNESCO est fréquemment amenée à jouer le rôle de porte-parole représentant les intérêts des usagers ainsi que ceux des organisations ayant la charge de diffuser l'information dans le public.

Bien entendu, la technique et ses applications doivent aller de pair et l'on doit s'efforcer, dans le cadre des politiques nationales, d'exploiter à fond la technique, d'une façon qui soit socialement acceptable. Le dilemme auquel sont confrontés de nombreux pays, de nos jours, est que la révolution survenue dans les télécommunications les a trouvés dépourvus de toute préparation politique, juridique, structurelle et économique pour exploiter les possibilités techniques offertes. On est ainsi amené à accorder une importance de plus en plus grande à la recherche, à la formulation d'une politique fondamentale et à la planification stratégique et opérationnelle dans tout le domaine des communications.

A l'UNESCO, nous nous préoccupons de mettre au point le programme de l'organisation dans ce domaine et nous utilisons le mot "communications" au sens large. Nous y englobons les moyens d'information sous leurs différentes formes (journaux, livres, radio, télévision, cinéma), les supports des messages (télécommunications, imprimés, films, disques, bandes magnétiques, bandes magnétoscopiques) ainsi que d'autres moyens de communication sociale, comme le théâtre et les contacts directs entre personnes.

Tous les pays, développés et en voie de développement, prennent part de nos jours à des discussions de grande portée sur des problèmes qui ont des incidences non seulement sur la nature et le rôle de leurs systèmes de communication, mais aussi sur le type même de leur société. Même dans les pays où les politiques appliquées dans le domaine des communications sont traditionnellement implicites, et non explicitement formulées, on reconnaît de plus en plus la nécessité d'élaborer des stratégies et des plans cohérents au

service de la société et de l'individu, couvrant toutes les activités diverses d'une nation dans le domaine des communications.

C'est dans ce contexte qu'il conviendrait d'étudier comment les satellites de télécommunication peuvent contribuer à la réalisation des objectifs nationaux.

Deux méthodes peuvent être utilisées à cette fin. La première consiste à examiner les possibilités d'application ou d'adaptation de la technique au développement: mise en place de réseaux de communication, extension des moyens de radiodiffusion, amélioration du système d'enseignement.

La seconde méthode serait de commencer par analyser les besoins nationaux en matière de communication, définir les objectifs à atteindre, répertorier les ressources disponibles, effectuer une étude comparative des caractéristiques et du coût des divers systèmes, et évaluer les possibilités d'utilisation des satellites dans le contexte général du plan de communication. Si l'on considère alors que la technologie spatiale est applicable, il faut ensuite définir des objectifs précis de façon à pouvoir déterminer des critères appropriés pour la structure du système et la conception des satellites.

L'une et l'autre méthodes sont applicables selon les circonstances. De par son existence même, toute technique nouvelle incite les esprits novateurs à en expérimenter les possibilités d'application dans le cadre de leurs activités professionnelles. L'utilisation de la radio, puis de la télévision, dans l'enseignement en témoigne.

Les télécommunications spatiales ne font pas exception à la règle. C'est ainsi que certaines découvertes techniques récentes ont suscité chez les enseignants un profond intérêt. Il s'agit, par exemple, de la possibilité d'utiliser les satellites de radiodiffusion pour assurer la retransmission directe de programmes de télévision dans les écoles situées dans des régions éloignées et mal desservies. Ainsi, le satellite offre l'occasion de procéder à un examen critique des structures, des programmes et des méthodes classiques de l'enseignement, ainsi qu'à des études et à des expériences sur la possibilité d'utiliser les techniques spatiales pour l'enseignement scolaire et la formation des adultes.

Au cours de la première décennie de l'ère spatiale, les activités déployées par l'UNESCO dans le domaine des télécommunications spatiales ont consisté essentiellement à encourager l'utilisation de satellites pour assurer la libre circulation de l'informatiom, développer l'instruction et intensifier les échan-

ges culturels. Ce programme a permis de mieux prendre conscience des possibilités qu'offrent les télécommunications spatiales pour résoudre certaines des difficultés auxquelles se heurtent les pays en voie de développement. A la demande d'un certain nombre de pays, l'UNESCO et l'UIT ont effectué des études préliminaires sur les applications possibles des satellites dans l'enseignement et le développement. Il est intéressant de noter que les deux premières enquêtes, consacrées à l'Inde et au Brésil, ont abouti à des études détaillées et à l'élaboration de plans en vue de l'établissement de systèmes nationaux à satellites.

Peut-être la réalité des extraordinaires possibilités de la radiodiffusion par satellite est-elle aujourd'hui, en 1973, assez fortement ancrée dans les esprits pour qu'il ne soit plus nécessaire de faire campagne en faveur de l'application des nouvelles techniques dans le domaine de l'information et de l'enseignement. Les progrès scientifiques ont été tellement spectaculaires que les stratèges de la planification — qui conçoivent certainement les plans nationaux de développement à échéance de cinq à dix années — peuvent considérer que l'acquit technologique va de soi, bien que celui-ci ne cesse d'évoluer.

C'est donc la seconde des deux méthodes mentionnées plus haut qui peut paraître la meilleure dans la plupart des cas: commencer par faire le point des besoins en matière de télécommunication, puis établir un plan global à long terme, en tenant compte des caractéristiques propres aux satellites, ainsi que de toutes les autres possibilités des techniques de pointe: videocassettes, télédistribution par câble, utilisation des ordinateurs dans l'enseignement, journaux transmis par fac-similé, etc.

La plupart des contraintes auxquelles doit obéir la planification des télécommunications ont un caractère national; il est cependant certaines décisions fondamentales qui doivent être prises en fonction de normes et de critères internationaux. En outre, certains gouvernements attachent aussi une importance capitale aux échanges d'information entre pays, car ceux-ci peuvent avoir des conséquences politiques, culturelles et sociales qui ne sauraient être négligées.

C'est pourquoi la planification en matière de télécommunication doit tenir compte d'un certain nombre de règlements internationaux — notamment en matière de droits de publication, d'importation et d'exportation, de services postaux et télégraphiques et d'utilisation des fréquences radioélectriques — ainsi que de certaines questions de politique générale relatives à la liberté de communication et à la circulation, libre ou réglementée, des nouvelles et des informations entre les pays.

Cela nous amène au thème de ce colloque — espace et radiocommunications — qui fait suite aux décisions prises par la deuxième Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales (CAMTS) de l'UIT (Genève, 1971). Les résolutions et recommandations adoptées lors de cette conférence revêtent une importance fondamentale pour les autorités chargées de la conception et de la planification des moyens de communication.

La conférence a attribué, pour la première fois, des bandes de fréquences au service de radiodiffusion par satellite et défini, pour leur application, un certain nombre de conditions techniques. On a pu ainsi prévoir la transmission directe de programmes de télévision à partir de satellites vers des récepteurs communautaires et, ultérieurement, lorsque la chose sera possible techniquement, vers des récepteurs individuels.

Au cours de la CAMTS, les pays en voie de développement se sont trouvés placés notamment devant la difficulté suivante: il leur était impossible de savoir avec précision quels pourraient être leurs besoins en matière de fréquences pour la radiodiffusion par satellite, pendant les dix années à venir par exemple. Certains de ces pays étaient préoccupés par le fait que les pays techniquement avancés pourraient excercer une sorte de préemption sur les portions de spectre et les positions orbitales disponibles, au cas où l'on appliquerait le principe "premier arrivé, premier servi". Afin de laisser davantage de temps pour évaluer les besoins et élaborer des plans d'utilisation pour les satellites par radiodiffusion, on proposa des procédures prévoyant une planification coordonnée des fréquences dans toutes les régions du monde et tenant compte à la fois des besoins futurs et des demandes actuelles en matière de fréquences pour la radiodiffusion par satellite.

Cela souligne l'importance de la résolution adoptée par la conférence et qui comporte les stipulations suivantes: tous les pays ont les mêmes droits pour l'utilisation des fréquences et de l'orbite des satellites géostationnaires; l'enregistrement par l'UIT de fréquences à utiliser dans les télécommunications spatiales n'est pas synonyme de priorité permanente pour l'utilisation de ces fréquences; les stations des services de radiodiffusion par satellite devraient être établies et exploitées conformément aux accords et aux plans associés qui sont adoptés par les conférences administratives mondiales ou régionales.

On n'a pas encore décidé des dates où ces conférences de planification devraient se tenir, mais on croit savoir qu'elles pourraient commencer dans le courant des trois ou quatre prochaines années.

Ainsi donc, ces dispositions donnent à tous les pays, avant que soient prises des décisions contraignantes, la possibilité d'entreprendre les travaux nécessaires de recherche et de planification afin de déterminer s'ils auront besoin de la radiodiffusion par satellite dans l'avenir prévisible. Il n'est pas douteux que la télévision par satellite offre d'énormes possibilités de diffusion de l'information et de l'éducation dans les milieux ruraux, contribuant ainsi au développement; mais, d'un autre côté, il faut bien voir que les systèmes à satellites ne seront rentables que s'ils desservent une vaste population très disséminée. Il existe relativement peu de pays qui soient suffisamment étendus ou qui disposent d'assez de ressources pour envisager la mise en place d'un système à satellites destiné exclusivement à l'usage domestique. La plupart de ces pays étudient d'ores et déjà les possibilités qui s'offrent à eux en cette matière. Il n'empêche que d'autres pays, qui savent qu'ils n'ont guère de chances de lancer leurs propres satellites, auront peut-être l'occasion dans l'avenir de participer à un système qu'ils utiliseraient en partage avec des pays voisins.

L'UIT a déjà envoyé à ses pays Membres un questionnaire demandant des renseignements, notamment aux pays en voie de développement, sur les besoins qu'ils auront vraisemblablement en matière de télévision par satellite. L'UNESCO s'est jointe à cette initiative en mettant en oeuvre ses moyens propres; en coopération avec l'UIT elle propose à ses Etats Membres de les conseiller pour évaluer leurs besoins en matière de fréquences pour la radiodiffusion par satellite.

Comme nous l'avons dit précédemment, ces besoins doivent être considérés dans le contexte général de la planification des télécommunications et plus particulièrement dans le cadre du développement de la télévision — qu'il s'agisse du service de terre ou du service par satellite, aussi bien à l'échelon national qu'à l'échelon régional. Avant de pouvoir prendre une décision au niveau national pour savoir si on aura besoin d'une assignation de fréquence pour la télévision par satellite, il faut définir la nature des services de télévision qui seront assurés, c'est-à-dire de quelle nature sera le système et quelles seront ses caractéristiques; est-il destiné à l'enseignement et, dans l'affirmative, quel sera le niveau de cet enseignement et quelle sera la périodicité des émissions; s'agit-il d'un service centralisé ou décentralisé; quel est le nombre des programmes à transmettre simultanément; s'agit-il de desservir la totalité de la population; est-il possible d'assurer une programmation régionale commune avec d'autres pays; quelles sont les dépenses à prévoir et les ressources disponibles; quel est le rythme souhaitable du développement de la télévision?

Pour répondre à ces questions, il faut procéder à une étude globale, fondée sur des recherches, tenant compte de décisions de politique générale au niveau national et aboutissant à un plan fructueux de développement des télécommunications. A cet égard, le choix d'un système à satellite dans le cadre de la solution à adopter ne devrait pas être rejeté trop rapidement, eu égard à la possibilité pour un pays de participer à un système régional.

Quoi qu'il en soit, il est évident que si les Etats veulent être en mesure, dans quelques années, de dire "oui" ou "non" à l'assignation de fréquences pour les services par satellites, ils ne doivent pas perdre de temps pour mettre en chantier les importants travaux de planification qui doivent servir de base aux décisions capitales qu'ils seront appelés à prendre pour le développement des télécommunications.

La CAMTS a pris d'autres décisions qui imposent des restrictions, à l'échelon international, au développement des systèmes de télécommunication et qui ont des répercussions sur certaines questions fondamentales délicates se rapportant aux conditions futures d'utilisation de la radiodiffusion par satellite. Ainsi, la conférence a modifié l'article 7 du Règlement des radiocommunications en ajoutant le paragraphe suivant:

> "Lorsqu'on définit les caractéristiques d'une station spatiale du service de radiodiffusion par satellite, tous les moyens techniques disponibles sont utilisés pour réduire au maximum le rayonnement sur le territoire d'autres pays, sauf accord préalable de ces derniers."

Par ailleurs, en attribuant la bande 2500-2690 MHz au service de radiodiffusion par satellite, la conférence a imposé la condition suivante: utilisation de cette bande pour la réception communautaire sous réserve d'accords avec les administrations intéressées.

Aux termes de sa Convention, l'UIT n'a pas à s'occuper du *contenu* des messages transmis; elle a établi ces restrictions en se fondant sur des motifs d'ordre technique. Néanmoins, ces décisions traduisaient un souci qu'un grand nombre de pays avaient exprimé par ailleurs, à savoir que, en l'absence d'accords internationaux, ils risquaient de recevoir des émissions de radiodiffusion par satellite d'origine étrangère qui pourraient leur être préjudiciables sur le plan politique ou culturel.

C'est pour faire face à cette situation prévisible que, dès 1968, la Conférence générale de l'UNESCO avait chargé le directeur général de cette organisation de formuler une déclaration de principe sur l'utilisation de la radiodiffusion par satellite pour la libre circulation de l'information, l'extension de

l'éducation et l'intensification des échanges culturels. A l'issue de longues consultations, le texte de la déclaration a été approuvé l'année dernière par la Conférence générale de l'UNESCO. Il ne s'agit pas d'un instrument juridique contraignant mais d'un texte déontologique, qui a l'appui de la communauté internationale, et qui contient des directives sur le développement et l'utilisation de la radiodiffusion par satellite. Parmi les principes énoncés, on en trouve un qui confirme la décision prise sur le plan technique par la CAMTS, à savoir que les Etats devraient conclure des accords préalables avant de faire des émissions directes de radiodiffusion par satellite à destination de la population de pays autres que le pays d'origine de l'émission.

L'Organisation des Nations Unies étudie elle aussi ce problème. En décembre dernier, son Assemblée générale a chargé le Comité de l'espace extra-atmosphérique d'établir les principes selon lesquels les Etats devraient utiliser les satellites artificiels pour des émissions de télévision directe, en vue de la conclusion d'un accord international. La déclaration de l'UNESCO et les décisions de la CAMTS peuvent être considérées comme des contributions à l'établissement de normes internationales pour l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique.

La Conférence administrative de 1971 a marqué une étape importante dans l'élaboration d'un cadre réglementaire pour le développement de la radiodiffusion par satellite. Il reste maintenant à étudier les possibilités de ce service dans le contexte d'une planification globale et intégrée des télécommunications, et à mettre en oeuvre cette technique en conformité avec les principes d'action et les objectifs nationaux.

(Langue originale: anglais)

LES DÉCISIONS DE LA CONFÉRENCE ADMINISTRATIVE MONDIALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS SPATIALES (1971) ET LES PROGRAMMES D'APPLICATION DU CERS/ESRO

par
G.F. BLOCK
Ingénieur, Division de la politique technique et industrielle
Organisation européenne
de recherches spatiales (CERS/ESRO)

Introduction

Si l'on considère les programmes du CERS/ESRO, quelles sont les conséquences scientifiques et pratiques des décisions de la Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales (CAMTS) qui s'est tenue à Genève en juin et juillet 1971? Les conclusions de cette conférence résolvent-elles les problèmes auxquels le CERS/ESRO doit faire face? Fournissent-elles des bases sûres sur lesquelles le CERS/ESRO pourra organiser ses futurs travaux en matière de technologie spatiale? Telles sont les questions qui viennent à l'esprit à la lecture des Actes finals de la CAMTS, où l'on trouve le compte rendu officiel des travaux accomplis pendant six semaines par des centaines de délégués et de spécialistes.

L'Europe n'est pas toujours un champ d'application rêvé pour les constructeurs et les exploitants d'engins spatiaux. La grande densité de liaisons de Terre depuis longtemps établies ne laisse en effet qu'une portion congrue aux nouveaux usagers; si l'on juge par les bandes attribuées aux radiocommunications spatiales, on peut même dire que la Région 1 joue, vis-à-vis des autres régions, le rôle de "Cendrillon". Cependant, le CERS/ESRO est une organisation européenne. Elle doit s'accommoder des faits et en tirer le meilleur parti possible pour s'efforcer de répondre aux besoins de ses clients.

Le CERS/ESRO, après avoir examiné les Actes finals de la CAMTS en relation avec ses propres programmes, a dégagé de ce travail certaines conclusions. Notons ici que, les programmes de notre organisation n'en étant évidemment pas tous au même stade de développement, l'analyse a été forcément moins poussée dans certains cas que dans d'autres. Ajoutons

encore que l'objet du présent exposé est de passer en revue les résultats de la CAMTS et non de proposer des améliorations à la situation qu'elle a créée.

Service de recherche spatiale

Dans l'état actuel de la technologie, trois parties du spectre radioélectrique présentent un intérêt pour le service de recherche spatiale: la gamme des ondes métriques, celle des ondes décimétriques (bande S) et celle des ondes centimétriques (bande X). Seule, l'apparition de nouvelles technologies permettrait l'emploi d'ondes plus courtes encore.

Il importe de noter que, en recherche spatiale, on utilise habituellement une seule et même antenne pour les trajets montant et descendant, à condition, bien entendu, que les fréquences respectivement employées pour ces deux trajets se trouvent dans la même gamme; la construction des engins spatiaux s'en trouve simplifiée. Le rapport entre les fréquences utilisées sur le trajet montant et le trajet descendant (ou l'inverse) doit, dans ces conditions, être d'environ 1,1, ce qui signifie une largeur de bande de l'antenne de l'ordre de 10% de la fréquence inférieure. Dans ce cas, les deux trajets se trouvent, du point de vue des fréquences, suffisamment espacés pour que l'on puisse se dispenser d'installer à bord de l'engin des diplexeurs extrêmement complexes destinés à supprimer les couplages mutuels. Ce rapport de 1,1 constitue un compromis acceptable; s'il s'élevait à 1,2 ou 1,3 (ce qui entraînerait, pour l'antenne, une largeur de bande de l'ordre de 20 à 30% de la fréquence inférieure), la construction d'une antenne efficace serait soumise à des contraintes trop rigoureuses; dans certains cas, il serait même impossible d'utiliser la même antenne pour les deux trajets.

■ Ondes métriques (VHF)

L'attribution classique de la bande 136-138 MHz au service de télémesure demeure inchangée. Bien qu'elle soit fort occupée, cette bande continuera à rendre grand service à la recherche spatiale, notamment lorsque celle-ci fait appel à des satellites placés sur des orbites de faible altitude. En ce qui concerne le service de télécommande associé au service de télémesure, la CAMTS a remplacé par la bande 148-149,9 MHz les deux fréquences discrètes attribuées à l'origine (148,2 et 154,5 MHz). S'il faut se réjouir de l'élargissement de la partie du spectre ainsi mise à la disposition du service de télécommande, il ne faut cependant pas oublier que la nouvelle attribution entraîne quantité de problèmes de coordination. La bande 148-150 MHz est en effet intensivement exploitée par les services fixe et mobile,

et le service de recherche spatiale — qui n'est mentionné que dans un renvoi — ne peut fonctionner que sous réserve d'une coordination préalable.

Si l'on prend le cas d'un réseau qui se compose d'un assez grand nombre de stations terriennes situées dans différents pays et différentes régions, les autorités responsables de ce réseau devront s'adresser à une multitude d'administrations des télécommunications pour obtenir le dégagement d'une ou plusieurs fréquences. La chose risque d'être fort ardue; il peut se faire que la seule solution consiste en des recherches itératives avant de trouver des fréquences sur lesquelles toutes les parties intéressées tombent d'accord. Le CERS/ESRO n'a jusqu'à présent pris aucune mesure dans ce sens, mais il sera appelé à le faire à brève échéance lorsqu'il devra placer sur une orbite d'attente son satellite *Geos* (satellite d'exploitation géostationnaire pour l'étude du milieu) dont le lancement est prévu pour 1976.

■ **Ondes décimétriques (UHF)**

La situation est ici assez particulière. Lors de la CAMTS, les pays de la Région 1 n'ont pas accepté la proposition des pays de la Région 2 tendant à attribuer une bande de 100 MHz (2 200-2 300 MHz) et une bande de 95 MHz (2 025-2 120 MHz) respectivement aux liaisons "espace vers Terre" et "Terre vers espace". Ce refus tenait à l'existence, en Europe, d'un grand nombre de faisceaux hertziens qui écoulent une forte proportion de trafic national. La Région 1 doit donc se contenter d'une bande de 10 MHz pour chacun des deux trajets (2 290-2 300 MHz dans le sens "espace vers Terre" et 2 110-2 120 MHz dans le sens "Terre vers espace"; l'Espagne, qui s'est rangée aux propositions avancées par la Région 2 en ce qui concerne le trajet montant, fait cependant exception (voir le renvoi 356AB)). Signalons ici que les deux bandes de 10 MHz ainsi utilisables dans la Région 1 sont les deux bandes traditionnellement utilisées par le "réseau d'infrastructure pour la recherche dans l'espace lointain" (DSN — *deep space network*) de la NASA, qui n'est équipé que du matériel approprié à ces bandes. Il est donc évident que la NASA sera peu disposée à permettre que des fréquences des bandes du DSN soient assignées non plus seulement à ses propres sondes d'exploitation de l'espace lointain, mais encore à d'autres engins spatiaux qui risquent de causer des brouillages nuisibles aux sondes en question.

Cette situation est à l'origine des graves problèmes qui viennent de se poser au CERS/ESRO, lorsque cette organisation a décidé de participer, au moyen d'une station terrienne implantée en Europe, au projet IUE *(International UV Explorer)* de la NASA: le CERS/ESRO s'est vu dans l'obli-

gation de prévoir une seconde station terrienne destinée à travailler avec des satellites géostationnaires; la première station se trouve à quelque 30 km de l'ESOC, Centre des opérations spatiales du CERS/ESRO, installé à Darmstadt. Le gouvernement espagnol a heureusement bien voulu assurer, à titre exceptionnel, au CERS/ESRO la protection – non prévue pour la Région 1 – du trajet descendant de la liaison de télémesure établie dans le cadre du projet IUE, qui aboutira à une station proche de Madrid.

Il ne s'agit là que d'un premier cas; d'autres pourraient se présenter dans l'avenir. La différence entre la largeur des bandes disponibles, tout comme l'existence du DSN, exigeront notamment une coopération très étroite avec la NASA lorsqu'il s'agira d'assigner une fréquence de télémesure dans le cadre du projet *Geos*; puisque c'est un projet européen, les opérations prévues, commandées d'une station européenne, devront se faire sur des fréquences de bandes attribuées à la Région 1. De plus, même dans ces bandes, le CERS/ESRO se heurte au peu d'empressement manifesté par certaines administrations des PTT lorsqu'il s'agit d'assigner des fréquences au service de recherche spatiale.

■ **Ondes centimétriques (SHF)**

Pour le moment le CERS/ESRO n'envisage d'assigner aucune fréquence de la bande X. Il convient néanmoins de noter que les deux bandes (7 145-7 235 MHz pour les transmissions "Terre vers espace" et 8 400-8 500 MHz pour les transmissions "espace vers Terre") sont si éloignées l'une de l'autre qu'il faut prévoir une largeur de bande de l'antenne de 20%, ce qui pose des problèmes de réalisation. Il est en outre impossible d'utiliser les équipements VHF et UHF de mesure des distances et des variations de distance, pour lesquels le rapport entre les fréquences respectivement utilisées par l'émetteur-récepteur sur le trajet montant et sur le trajet descendant est de 240/221. Ajoutons que les difficultés constatées en Europe en raison de l'utilisation intensive des fréquences de la bande S pour les faisceaux hertziens semblent se présenter également dans la bande X.

Service de météorologie par satellite

Le CERS/ESRO aura recours, pour son programme *Météosat*, aux bandes 1 680-1 700 MHz (espace vers Terre) et 2 096-2 120 MHz (Terre vers espace); ces bandes sont utilisées par la NASA et la NOAA *(National Oceanic and Atmospheric Administration)* pour leur projet *SMS/Geos*. Les bandes immédiatement supérieures, 7 450-7 550 MHz (espace vers Terre) et

8 175-8 215 MHz (Terre vers espace) pourraient être envisagées pour une future génération de satellites qui auraient besoin d'une plus grande largeur. Il n'existe d'autre attribution de bandes qu'au-delà de 20 GHz.

En décidant des bandes de fréquences destinées au programme *Météosat*, le CERS/ESRO a bien dû reconnaître les inconvénients des attributions faites dans la gamme des ondes décimétriques. Les deux bandes respectivement utilisées pour les trajets montant et descendant étant séparées de 450 MHz, cela ne va pas sans compliquer la construction de l'antenne de bord.

Une autre restriction sérieuse découle du renvoi 354A, aux termes duquel la bande 1 690-1 700 MHz, seule partie de la gamme 1 680-1 700 MHz, qui pourrait être attribuée en exclusivité aux services météorologiques et servir ainsi à diffuser les données météorologiques à l'intention des usagers, est attribuée aux services fixe et mobile dans des pays de la Région 1 situés soit en Europe orientale, soit en Afrique. Si l'on considère les dispositions de ce renvoi et celles des numéros 470NE, NF et NG du Règlement des radiocommunications, on constate que la densité surfacique de puissance produite à la surface de la Terre est limitée, pour la Région 1 et notamment pour l'Europe, à -154 dBW/m^2 dans une bande quelconque large de 4 kHz. Cette restriction a des conséquences sur le coût des stations utilisées pour recevoir les données par les usagers des services météorologiques ou autres; ceux-ci ne peuvent pas se contenter d'antennes de réception de petit diamètre ni de systèmes récepteurs et préamplificateurs simples, mais sont obligés de s'équiper avec un matériel de réception beaucoup plus onéreux.

Si l'on compare les dispositions du renvoi 356AB relatives aux Régions 2 et 3 ainsi qu'à l'Espagne et les conditions restrictives spécifiées dans le renvoi 356AC au sujet des transmissions "Terre vers espace" dans la bande 2 096-2 120 MHz, on remarque non seulement la très grande largeur de bande de l'antenne — facteur déjà mentionné — mais encore la difficulté d'un partage avec le service de recherche spatiale dans la Région 1, en particulier dans le cas du DSN de la NASA.

On notera finalement que le rapport entre les fréquences des bandes respectivement attribuées aux trajets montant et descendant, qui est d'environ 1,3, interdit l'emploi des équipements normalisés de mesure de distances et de variations de distance mis au point pour les satellites de recherche spatiale.

On peut dire, en résumé, que les attributions faites au service de météorologie par satellite ne sont pas entièrement satisfaisantes dans la Région 1. Les difficultés techniques dues au choix des bandes attribuées

peuvent certes être surmontées, mais seulement au prix de certains sacrifices financiers.

Service d'exploration de la Terre par satellite

Le programme du CERS/ESRO concernant les satellites d'observation ou d'exploration des ressources naturelles de la Terre n'en est qu'à ses débuts mais, au titre de ce programme, le CERS/ESRO procède déjà à des recherches dans le domaine des capteurs actifs, tels que les systèmes radar à exploration latérale.

La Réunion spéciale mixte du CCIR, tenue en février 1971 pour préparer les travaux de la CAMTS, a examiné la question des capteurs actifs. Elle a conclu que la région du spectre appropriée à ces dispositifs est en principe "la fenêtre" allant de 3 cm à 1 m de longueur d'onde (de 300 MHz à 10 GHz), mais elle a estimé que les renseignements dont elle disposait ne lui permettaient pas de présenter de proposition à la conférence, laquelle a en conséquence décidé de ne pas prévoir de bande de fréquences pour les capteurs en question. De l'avis du CERS/ESRO, c'est là une situation critiquable à laquelle il faudrait tenter de remédier dans l'avenir; les systèmes radar à exploration latérale pourraient en effet constituer des capteurs très utiles pour l'exploration de la Terre.

Les bandes de fréquences attribuées aux liaisons "espace vers Terre" de la Région 1 ne semblent pas davantage convenir aux missions d'exploration de la Terre, qui nécessitent de très grandes largeurs de bande. La bande la plus basse attribuée à ce service à titre primaire est la bande 21,2-22 GHz et la technologie actuelle ne se prête guère à son emploi. Les deux autres bandes du service d'exploration de la Terre par satellite, 1 525-1 535 MHz et 8 025-8 400 MHz, ne lui sont attribuées qu'à titre secondaire, et la première est trop étroite. Si l'on tient compte de la forte densité des services fixe et mobile exploités à titre primaire dans la partie inférieure de la bande X, il paraît extrêmement peu probable qu'on puisse employer cette portion du spectre sans risque de brouillage nuisible. Cela revient à dire que, dans la Région 1, les missions d'exploration de la Terre devraient attendre la mise au point d'équipements de satellites utilisables dans la gamme des 20 GHz.

La seule bande explicitement attribuée, dans la Région 1, au service d'exploration de la Terre par satellite pour les transmissions dans le sens "Terre vers espace" est la bande 2 096-2 120 MHz (renvoi 356AC); la bande entière est également attribuée au service de météorologie par satellite; la partie 2 110-2 120 MHz est en outre partagée avec le service de recherche spatiale.

Dans la Région 1, la situation actuelle du service d'exploration de la Terre par satellite n'est donc pas entièrement satisfaisante. Il conviendrait qu'une future conférence de l'UIT s'efforçât d'y remédier afin que, dans cette région, le service en question ne soit pas trop désavantagé.

Service fixe par satellite

Le CERS/ESRO n'est pas entièrement libre de choisir les bandes de fréquences à utiliser pour le service fixe par satellite. Dès 1970, les autorités européennes compétentes en matière de radiocommunications spatiales avaient en effet décidé d'exploiter la première liaison fixe par satellite établie en Europe en faisant appel, pour le trajet descendant, à la bande des 11 GHz, pour le trajet montant, à celle des 14 GHz. Cette décision avait plusieurs motifs: le premier était d'éviter, en Europe, des brouillages entre les stations terriennes fonctionnant dans la bande des 6 GHz et des faisceaux hertziens déjà en service, le second de permettre aux stations terriennes de s'installer au voisinage des centres de trafic, le troisième enfin d'inciter l'industrie à développer des technologies convenant à la bande des 12 GHz, de façon à répondre aux besoins à long terme du trafic.

Les considérations qui suivent portent donc principalement sur la situation existant dans les bandes des 11 et 14 GHz après la CAMTS.

Plusieurs délégations avaient initialement proposé à la CAMTS d'attribuer à chacun des deux sens de transmission, "Terre vers espace" et "espace vers Terre", une bande ininterrompue de 1 GHz de largeur, ce qui paraissait convenir aux besoins actuels des télécommunications. Cette proposition n'a pas été retenue par la CAMTS qui, si elle a bien attribué au service fixe par satellite une bande continue de 0,5 GHz pour le trajet montant (14-14,5 GHz), ne lui en a pas moins attribué, pour le trajet descendant, deux bandes distinctes de 250 MHz (10,95-11,2 et 11,45-11,7 GHz). La conférence a en outre autorisé le service fixe par satellite à utiliser dans les deux sens ("Terre vers espace" et "espace vers Terre") la bande 12,5-12,75 GHz, sans fixer de limite à la densité surfacique de puissance, sauf dans le cas des pays énumérés dans le renvoi 405BD.

La subdivision de la bande à utiliser pour les transmissions dans le sens "espace vers Terre" a eu une grande influence sur la construction des satellites de télécommunications du CERS/ESRO, dont le premier est le satellite *OTS (Orbital Test Satellite)*: il est impossible, dans une partie du spectre répartie en deux tranches de 250 MHz chacune, de parvenir à l'emploi optimal des techniques AMRT prévues pour ce satellite.

Le système d'antenne du satellite *OTS* aura deux faisceaux. Le premier, dit *Eurobeam,* couvrira l'Europe et le Bassin méditerranéen; la largeur de bande des répéteurs sera de 40 MHz et le débit binaire de 60 Mbit/s; dans le cas du second faisceau, beaucoup plus étroit, la largeur de bande des répéteurs sera de 120 MHz et le débit binaire de 180 Mbit/s. Le fait que la largeur de bande et le débit binaire soient trois fois plus élevés dans un cas que dans l'autre s'explique — pour une même densité surfacique de puissance — par le gain trois fois plus élevé (5 dB) de la seconde antenne. Chacune des bandes de 250 MHz ne permettant de loger que deux répéteurs à faisceau étroit, le partage des 500 MHz en deux tranches entraîne donc non seulement un gaspillage de la largeur de bande, mais encore certains inconvénients pour le satellite même, par exemple pour ce qui est des oscillateurs locaux des répéteurs.

Pour améliorer l'utilisation du spectre, le CERS/ESRO envisage d'expérimenter avec son satellite *OTS* des techniques grâce auxquelles la polarisation croisée permettra de réutiliser la même fréquence. Chaque porteuse sera émise simultanément deux fois, une en polarisation verticale, une en polarisation horizontale, chacune d'elles servant à transmettre des informations différentes.

On voit donc que l'étroitesse des bandes attribuées et le partage de l'une d'elles en deux tranches imposent certaines contraintes à la construction du satellite.

Service de radiodiffusion par satellite

Les problèmes posés par les attributions de la CAMTS se répartissent en deux catégories: transmissions dans le sens "espace vers Terre" pour lesquelles des bandes sont attribuées au service de radiodiffusion par satellite, transmissions dans le sens "Terre vers espace" pour lesquelles ce service devra faire appel à des bandes du service fixe par satellite. On ne peut actuellement envisager l'emploi que d'une seule des bandes attribuées aux trajets descendants: la bande 11,7-12,5 GHz, d'une largeur de 800 MHz. Les quatre autres bandes destinées aux mêmes fins présentent de graves inconvénients: les bandes 620-790 MHz et 2,5-2,69 GHz, l'une et l'autre partagées avec d'autres services et soumises à des limitations de densité surfacique de puissance, sont en outre trop étroites pour le type de service prévu en Europe; l'utilisation des deux autres bandes, 41-43 et 84-86 GHz, est actuellement et restera encore un certain temps hors de question,

la technologie applicable n'étant pas encore au point, ni pour les satellites, ni pour les équipements de réception installés au sol.

Nous nous bornerons donc à l'examen de la bande 11,7-12,5 GHz, laquelle est attribuée en partage avec les services fixe, mobile et de radiodiffusion de Terre. Notons cependant qu'aux termes du renvoi 405BA, ces trois services ne doivent pas causer de brouillage nuisible aux stations de radiodiffusion par satellite; cela signifie qu'aucune limite n'est imposée à la densité surfacique de puissance produite par ces stations. Etant donné les puissances élevées, les largeurs de bande relativement étendues et le grand nombre des canaux du service de radiodiffusion par satellite, l'application des dispositions du renvoi 405BA risque de donner lieu à de sérieuses difficultés lors de la planification des réseaux intéressant les services fixe, mobile et de radiodiffusion de Terre.

La situation des transmissions "espace vers Terre" du service de radiodiffusion par satellite ne pourra donc être considérée comme satisfaisante que si les administrations des PTT des pays intéressés sont disposées à assurer à ce service la protection prévue dans le renvoi 405BA.

Alors que 800 MHz sont réservés aux trajets descendants, aucune largeur de bande équivalente n'est attribuée aux trajets montants, au-dessous de 27,5 GHz. Le CERS/ESRO étudie pour ceux-ci les conséquences qu'aurait l'emploi de certaines autres bandes: c'est ainsi qu'il envisage la gamme 14,0-14,5 GHz; mais cette bande, partagée avec le service de radionavigation (14-14,3 GHz), le service de radionavigation par satellite (14,3-14,4 GHz) et les services fixe et mobile (14,4-14,5 GHz), est attribuée au service fixe par satellite, et les satellites de télécommunication voudront sans doute en réclamer leur part.

L'étroitesse de la bande disponible pose un sérieux problème lorsque l'on tente d'établir une relation entre les voies descendantes et les voies montantes comprises dans la gamme 11-14 GHz. Une façon d'obvier à la difficulté consisterait soit à faire appel à la modulation numérique ou à la modulation de fréquence à bande étroite sur les trajets montants, soit à recourir à l'emploi de plusieurs satellites, avec réutilisation d'une même fréquence en prévoyant une distance suffisante entre les satellites placés sur orbite. La première solution pourrait cependant compliquer la construction des équipements de bord des satellites, tandis que la seconde risquerait de "polluer" l'orbite des satellites géostationnaires, notamment la partie de cette orbite déjà très demandée par d'autres services utilisant ce type de satellites. Dans ces conditions, on pourrait être amené à employer la bande des 30 GHz.

Service mobile aéronautique par satellite

Le CERS/ESRO, les Etats-Unis et le Canada établissent ensemble des plans relatifs à des satellites aéronautiques destinés à étudier les techniques de communication et de surveillance. L'emploi de ces satellites suppose deux catégories de liaisons: satellite–sol et satellite–aéronef.

Il a été convenu d'utiliser pour les liaisons satellite–sol la bande C qui s'étend de 5,0 à 5,25 GHz et qui est attribuée au service de radionavigation aéronautique. Le nombre total des voies prévues pour le système *Aérosat* ne demandant qu'une largeur de bande de quelques mégahertz, on n'aura guère de difficulté à réaliser un diplexeur avec un espacement d'environ 5% entre les fréquences respectivement utilisées sur le trajet montant et sur le trajet descendant, compte tenu de ce que, dans cette gamme de fréquences, on peut faire appel à des guides d'onde de faible poids. Cependant, s'il fallait, dans une seconde génération, prévoir un nombre de voies nettement plus élevé, certaines difficultés pourraient se présenter.

En ce qui concerne les fréquences de la bande L, nous ne mentionnerons qu'un fait susceptible de poser des problèmes: la presque totalité de la bande attribuée aux services mobile aéronautique et maritime par satellite, de 1 540 à 1 560 MHz, est de plus attribuée au service fixe exploité en Autriche et en République Fédérale d'Allemagne (voir le renvoi 352D). Ce partage n'aura sans doute aucun effet sur l'équipement des aéronefs puisque, selon les plans actuellement conçus, le système *Aérosat* ne couvrira pas l'Europe centrale; il risque toutefois, dans des conditions défavorables, d'entraîner quelque gêne pour le récepteur d'un satellite aéronautique, si l'antenne d'émission d'une station du service fixe de Terre se trouve par hasard pointée dans la direction du satellite en question. Pour que l'équipement de bord des aéronefs reste à la fois simple et léger, on devra se contenter, à l'entrée du récepteur du satellite qui capte les signaux en provenance des aéronefs, d'un rapport signal/bruit aussi faible que possible. Les émissions des stations de Terre dont les antennes sont pointées dans la direction du satellite – qui se manifesteront par une augmentation du bruit dans la bande – pourront entraîner une dégradation de la qualité de réception des signaux émis par les aéronefs. L'intensité du brouillage dépendra évidemment de la puissance et des caractéristiques spectrales des signaux brouilleurs. De l'avis du CERS/ESRO, le problème des brouillages éventuels devrait pouvoir être résolu grâce à une coordination préalable avec les autorités des PTT de l'Autriche et de la République Fédérale d'Allemagne.

Service mobile maritime par satellite

Comme dans le cas précédent, il faut encore ici considérer deux catégories de liaisons. Le satellite maritime est essentiellement utilisé pour les communications, les signaux d'alarme, le trafic de détresse et les opérations de recherches et de sauvetage. A titre secondaire, il sert également d'auxiliaire à la radionavigation.

La CAMTS n'a attribué aucune bande particulière aux liaisons "espace vers Terre" des satellites maritimes; il a cependant été généralement admis que le statut du service mobile maritime par satellite serait le même que celui des autres services en ce qui concerne l'emploi des bandes attribuées au service fixe par satellite. De l'examen de ces bandes, il ressort que l'on utilisera très probablement les bandes 10,95-11,2 GHz dans le sens "espace vers Terre" et 14-14,5 GHz dans le sens "Terre vers espace", toutes les bandes inférieures (auxquelles se prête la technologie actuelle) étant déjà très occupées par d'autres usagers. Les bandes des 11 à 14 GHz conviendraient, de plus, à un système mondial couvrant l'ensemble des Régions 1, 2 et 3. Grâce aux travaux de développement dus à des initiatives nationales ou patronnées par le CERS/ESRO dans le cadre du programme européen des satellites de radiocommunications, il semble qu'une technologie appropriée au service mobile maritime par satellite dans les bandes des 11 à 14 GHz puisse voir prochainement le jour. Par contre, l'Europe n'a pas encore mis au point de technologie applicable aux bandes immédiatement supérieures (17-21 GHz et 27,5-29,5 GHz).

En ce qui concerne les liaisons satellite—navire dans la bande 1 535-1 660 MHz, on risque de voir surgir le même problème que dans le cas des satellites aéronautiques. Le partage de la bande avec les services fixes de la République Fédérale d'Allemagne et de l'Autriche peut avoir, sur le récepteur d'un satellite maritime, le même effet que sur celui d'un satellite aéronautique. La PIRE étant cependant beaucoup plus élevée dans le cas d'une station de navire que dans celui d'une station d'aéronef, on peut néanmoins s'attendre, à l'entrée du récepteur d'un satellite, à un meilleur rapport signal/brouillage.

La largeur de bande dont disposent, dans la bande L, les transmissions entre satellites maritimes et stations de navire, semble suffire aux satellites de la première génération. Il est toutefois probable que les engins spatiaux des générations suivantes auront à faire face aux exigences croissantes des usagers et qu'ils ne pourront pas y satisfaire dans les limites des bandes actuellement attribuées.

Service inter-satellites

La CAMTS n'ayant pas été en mesure d'attribuer de fréquences inférieures à 54,25 GHz au service inter-satellites, il ne reste, dans ce domaine, qu'à utiliser des fréquences expérimentales. La chose est acceptable tant que les liaisons inter-satellites conservent, elles aussi, un caractère expérimental; ce caractère viendrait-il à changer et des liaisons entre deux satellites deviendraient-elles opérationnelles que cet emploi cesserait immédiatement d'être conforme au Règlement des radiocommunications.

Le fait qu'aucune bande située au-dessous de 54,25 GHz ne soit prévue pour le service inter-satellites pourrait donc empêcher, pendant de longues années encore, l'utilisation opérationnelle de ce service: il est en effet certain que le développement des techniques appropriées prendra un temps considérable.

Conclusions

Nous venons de passer en revue huit services de radiocommunications spatiales. Pour la plupart d'entre eux, la situation découlant de la CAMTS de 1971 semble très supportable. La CAMTS aurait cependant pu, dans bien des cas, rendre plus facile et moins onéreux le travail des constructeurs d'engins spatiaux. Nous admettons sans réserve les problèmes propres aux services de Terre qui utilisent en partage les mêmes bandes de fréquences que les services spatiaux et peuvent parfois prétendre à une certaine priorité du fait de leur nécessité pour la société moderne (ou simplement de leur antériorité). Peut-être y a-t-il cependant, dans certains domaines, place à une collaboration plus étroite entre ingénieurs des télécommunications de Terre et ingénieurs des télécommunications spatiales; les uns et les autres y gagneraient de mieux comprendre leurs problèmes respectifs et de travailler de concert à l'utilisation optimale du spectre radioélectrique.

Remerciements

L'auteur exprime aux membres de la Division des programmes d'application des satellites et de différents Services des projets techniques et spatiaux du CERS/ESRO sa gratitude pour l'aide et les suggestions fournies à l'occasion du présent exposé.

(Langue originale: anglais)

LES RADIOCOMMUNICATIONS SPATIALES AU SERVICE DE L'HOMME

par
B. MANUALI
Chef de la Division des programmes d'application
Centre national d'études spatiales (CNES), France

L'ère spatiale a ouvert des possibilités considérables pour les radiocommunications et le développement des radiocommunications mondiales au moyen des satellites *Intelsat* et *Molnya* a été fulgurant au long de ces dix dernières années.

Ce développement s'est effectué dans un contexte politique souvent difficile, mais il est remarquable qu'en définitive une coopération mondiale entre les Etats se soit instaurée et marche efficacement tout en préservant leurs intérêts essentiels.

Si on se tourne vers l'avenir, on constate que les besoins en communications sont inmenses et il semble impensable que la coopération entre Etats ne se développe et ne se renforce. Il ne faudrait pas cependant croire que cette coopération est une fin en soi; la seule finalité me semble être le mieux-être des hommes et les satellites sont des moyens extrêmement puissants qui doivent être mis à leur service.

Les critères économiques, qui ont certainement une très grande importance dans les décisions de fabrication des satellites, devraient être toujours associés à un ensemble de critères humains dont le poids lors d'une décision doit être également très élevé. On ne peut juger, par exemple, de l'intérêt de la télévision éducative par satellite sur de seules études économiques alors que le satellite représente probablement l'unique solution aux problèmes d'analphabétisme dont la résorption devrait être un objectif essentiel des Etats, notamment des plus riches. De même, ce ne peuvent être les seuls

critères économiques qui fixeront les fonctions d'un système de satellites maritimes alors que les conditions de vie des marins en mer sont en jeu, et que la sécurité des marins et la protection de l'environnement, notamment dans l'éventualité de naufrages de pétroliers, doivent être prises en compte.

Enfin, la collecte de données et la localisation de balises sur terre soit par des satellites à défilement, soit par des satellites géostationnaires, devront améliorer la mise en valeur de pays neufs et permettre l'étude des pollutions marine et atmosphérique, conditions indispensables à l'amélioration de l'environnement.

Ces trois domaines d'application des satellites sont analysés plus en détail ci-dessous. Ils représentent pour le Centre national d'études spatiales des orientations majeures de sa ligne d'action, et quelque difficulté qu'il y ait, tous les efforts seront entrepris pour que de tels programmes débouchent rapidement.

1. Le développement des expériences de télévision éducative avec les satellites

1.1 Les besoins mondiaux en éducation; les possibilités de la télévision et les avantages de l'utilisation des satellites

Dans tous les pays du monde, l'augmentation de la population enseignée, l'éclatement de l'institution scolaire qui détenait le monopole de la diffusion du savoir au profit d'une formation permanente s'étendant à d'autres classes d'âge, la remise en cause par des peuples nouvellement indépendants des méthodes et des programmes parfois imposés jadis de l'extérieur, forcent les responsables de l'enseignement à réviser la base même de leur action.

Cependant, bien que la charge financière de l'enseignement ne cesse de s'accroître par suite de l'augmentation de la population, la qualité de l'enseignement se dégrade. Dans la plupart des pays en voie de développement, non seulement les écoles ne peuvent endiguer la marée des analphabètes mais, de plus, trop souvent, les élèves éduqués par le système actuel trouvent très difficilement une place dans l'économie et la société qui sont les leurs et qui ont pourtant un besoin pressant de leur cerveau et de leur action.

Les moyens traditionnels sont impuissants à résoudre la crise mondiale de l'éducation. Il faut innover radicalement.

La tendance très nette qui se dessine dans de nombreux pays (Brésil, Niger, Côte d'Ivoire, Etats-Unis, France, Inde, Australie, pays andins, Etats arabes) et qui consiste à utiliser les ressources de la technologie moderne

prendra de plus en plus d'importance, car elle répond aux problèmes posés par la mutation de l'enseignement. L'éducation est en train de passer du stade artisanal au stade industriel.

Le recours aux solutions industrielles permet en effet:

— de mieux utiliser les enseignants,

— de dispenser un enseignement de qualité,

— d'assurer de manière efficace le recyclage du maître,

— d'atteindre rapidement un très large public.

En un mot, il permet de former plus efficacement un plus grand nombre Parmi les moyens que la technologie met au service de l'éducation, la *télévision* est appelée à jouer un rôle important.

Cette révolution pédagogique est particulièrement intéressante pour les pays en voie de développement qui doivent, d'une part, consacrer une partie importante de leur budget aux investissements directement producteurs et, d'autre part, former les hommes qui auront à assurer ce développement.

Parmi les moyens que la technologie met au service de l'éducation, la *télévision* est appelée à jouer un rôle important.

L'exemple de *la télévision scolaire au Niger* montre, sur une aire limitée, les avantages de ce type d'enseignement mieux adapté aux contraintes géographiques et humaines. Ce sont, par exemple, la qualité du message télévisuel élaboré par une équipe particulièrement compétente, la possibilité de faire appel, au départ, à un personnel enseignant moins qualifié et d'en assurer le perfectionnement permanent, le grand pouvoir de motivation de la télévision, la quasi-suppression des déperditions au cours d'un cycle scolaire.

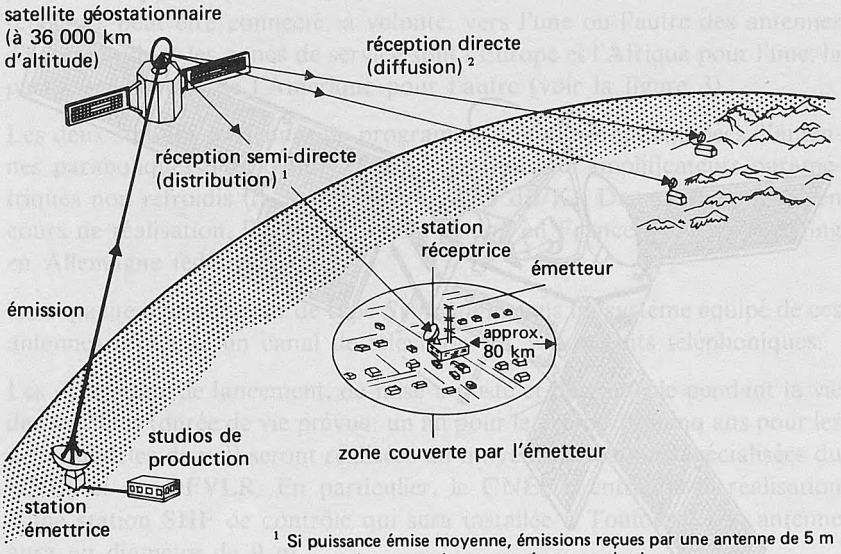
Il convient de noter que, dans ce système de téléenseignement, l'émission ne constitue qu'un moment; elle est destinée à apporter un contenu rigoureusement programmé. Les deux autres composantes du système sont l'exploitation de l'émission et l'emploi des méthodes actives. La liberté de l'utilisateur est entièrement sauvegardée.

Le projet mis en oeuvre par la *Côte d'Ivoire* va plus loin. Il a pour objectif la promotion globale de la population (enfants, adolescents non scolarisés, adultes) par l'emploi rapidement généralisé de la télévision. Cet outil a paru, en particulier, seul susceptible de résoudre le problème d'une formation post-primaire liée à la fois à l'éducation fondamentale et à la préparation à la vie

active. Cette année, plus de 800 classes, soit 40 000 élèves, sont touchées par le programme de télévision éducative. Les résultats sont très encourageants et c'est près de 700 000 élèves qui seront scolarisés par télévision en 1977-1980.

Mais dans un grand nombre de pays, les distances entre groupements de population sont telles que le réseau de transmissions indispensable à un tel système est à la fois coûteux et difficile à construire. Il est tentant de *remplacer le réseau de faisceaux hertziens traditionnel par un satellite* et l'on aboutit au système de conception entièrement moderne qui est le suivant.

Les émissions éducatives de télévision sont produites dans un centre par des équipes de pédagogues et de spécialistes de télévision; elles sont transmises par une grande antenne à un satellite stationnaire qui les relaie à des récepteurs placés dans chaque école. Si les émissions sont assez puissantes pour être captées directement par les écoles, le système est appelé *diffusion directe*; s'il est nécessaire de recevoir les émissions du satellite dans des stations au sol qui les relaient vers les écoles, le système est appelé *distribution* (voir la figure 1).



1 Si puissance émise moyenne, émissions reçues par une antenne de 5 m environ puis retransmises par un émetteur classique.

2 Si puissance émise importante, possibilité de recevoir les émissions directement avec une antenne de 1 m de diamètre.

Figure 1 — Principe de fonctionnement

Des idées analogues ont été adoptées par les gouvernements de l'Inde et des Etats-Unis qui ont décidé récemment de se livrer à une expérience d'éducation par télévision de 5000 villages en 1975 grâce au satellite *ATS-F* lancé par la NASA. Des projets voisins sont en cours d'étude pour l'enseignement en Amérique du Sud (pays andins et Brésil).

Les Nations Unies se préoccupent de favoriser les études techniques et économiques de tels systèmes; c'est ainsi que l'UNESCO et l'UIT ont entrepris des études de faisabilité de différents systèmes régionaux en parallèle avec des expérimentations sur la nature et les modalités du message télévisuel.

La France et l'Allemagne qui préparent le lancement, en 1974, du satellite-relais de télécommunications *Symphonie* se proposent de participer à ce grand courant en mettant en oeuvre diverses expériences de télévision éducative avec ce satellite. Ces expériences permettront de sensibiliser les utilisateurs aux techniques spatiales et de mieux poser les problèmes pédagogiques et ceux liés à l'exploitation des systèmes spatiaux. Les adaptations de

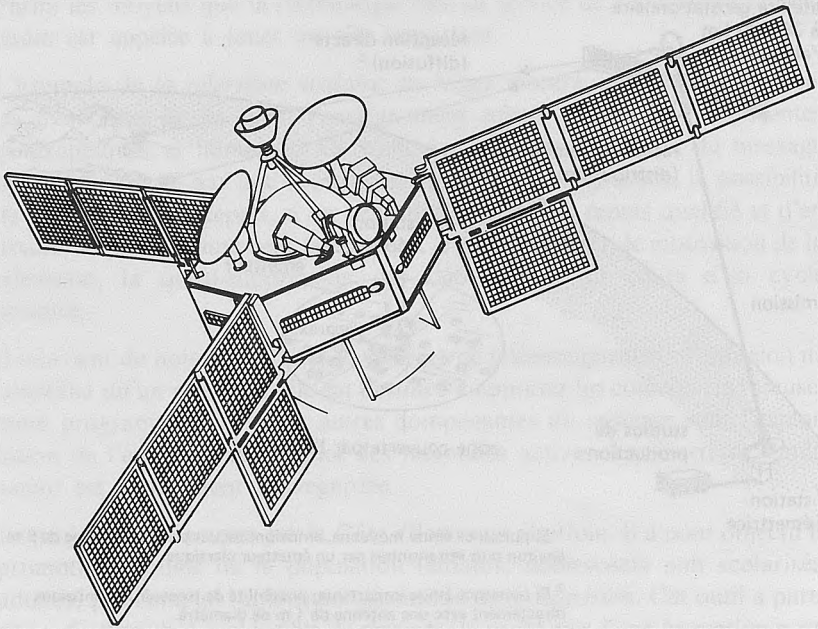


Figure 2 — Le satellite "Symphonie"

Symphonie nécessaires pour des missions spécifiques ou même l'élaboration de satellites de classe supérieure devraient alors permettre de répondre pleinement aux besoins exprimés.

1.2 "Symphonie" et ses possibilités pour la télévision éducative

a) Le programme "Symphonie" prévoit

- la construction et le lancement d'un prototype et de deux modèles de vol du satellite;
- la construction de deux stations terriennes.

Les satellites *Symphonie* seront géostationnaires. Les deux modèles de vol et le prototype seront maintenus à poste au-dessus de l'océan Atlantique, à 11,5° de longitude ouest (voir la figure 2).

Le satellite pourra recevoir des signaux dans la bande des 6 GHz de toute la zone de visibilité et les réémettre au moyen de deux répéteurs de 13 W de puissance hyperfréquences dans la bande des 4 GHz. Chacun des deux répéteurs peut être connecté, à volonté, vers l'une ou l'autre des antennes d'émission dont les zones de service sont l'Europe et l'Afrique pour l'une, la partie occidentale de l'Amérique pour l'autre (voir la figure 3).

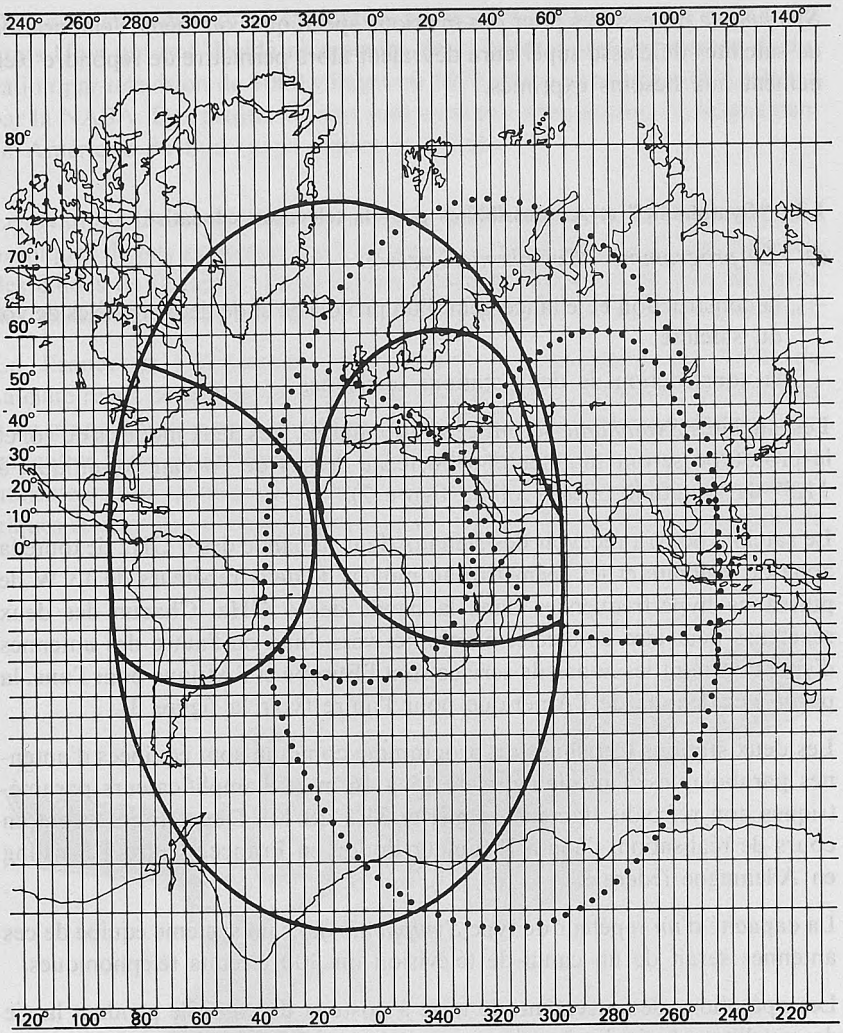
Les deux stations terriennes du programme commun sont équipées d'antennes paraboliques d'un diamètre de 15 à 16 m et d'amplificateurs paramétriques non refroidis (facteur de mérite 31,5 dB/K). Deux stations sont en cours de réalisation, l'une à Pleumeur-Bodou en France, l'autre à Raisting en Allemagne fédérale.

La capacité d'*un* répéteur de type *Symphonie* dans un système équipé de ces antennes serait de un canal de télévision ou 300 circuits téléphoniques.

Les opérations de lancement, de mise à poste et de contrôle pendant la vie des satellites (durée de vie prévue: un an pour le prototype, cinq ans pour les deux modèles de vol) seront réalisées au moyen des stations spécialisées du CNES et du DFVLR. En particulier, le CNES a entrepris la réalisation d'une station SHF de contrôle qui sera installée à Toulouse; son antenne aura un diamètre de 9 m.

Un programme d'expérimentation technique a été mis au point dans le cadre de la coopération franco-allemande. Il permettra d'expérimenter diverses techniques de transmission de signaux de télécommunications.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE



— en trait plein, lorsqu'il est à sa position nominale à 11,5° ouest

— en pointillé, lorsque le satellite est déplacé à 40° est

Figure 3 — Zones desservies par un satellite "Symphonie A"

On peut ajouter enfin:

— que l'ORTF a acquis une station transportable d'un facteur de mérite de 31,5 dB/K pour ses besoins de reportage,

— que les P&T françaises installent dans l'île de la Réunion — département français d'outre-mer — une station qui pourra travailler avec *Symphonie.*

b) Les possibilités de "Symphonie" pour la télévision avec des petites antennes

En plus des possibilités de transmission évoquées ci-dessus, il existe d'importantes possibilités d'utilisation des satellites *Symphonie* avec des antennes plus petites, donc moins chères. En effet, la qualité obtenue dans le premier cas est celle imposée par le CCIR quand une transmission terrestre relativement longue doit suivre la transmission par satellite. Dans le cas d'une distribution du signal de télévision plus limitée, les exigences de qualité de réception peuvent être diminuées.

On peut alors envisager de recevoir un programme de télévision avec des antennes de 8 m et des préamplificateurs non refroidis (facteur de mérite 26,5 dB/K). Pour ces diamètres, il devient possible d'envisager des antennes sans poursuite automatique; leur coût serait alors de 1,2 million de francs français environ.

Des expérimentations de réception de télévision, par exemple dans le domaine éducatif, pour des objectifs pédagogiques seront possibles avec *Symphonie* dans la mesure où les stations terriennes nécessaires seront disponibles.

Avec ces stations plus petites, des canaux de télévision noir et blanc, ou même couleur, pourront être distribués localement:

— soit par une station d'émission de puissance plus ou moins forte suivant les dimensions de la zone à desservir,

— soit de façon plus locale encore, par un réseau de câbles.

Dans les zones où le flux reçu est quasi maximum, on peut même envisager la *transmission de deux canaux noir et blanc par répéteur.*

Le nombre de récepteurs de télévision participant à une expérimentation serait fonction de l'ampleur prévue pour cette dernière et de la zone de service autorisée par les moyens de distribution utilisés.

Le signal de télévision serait transmis au satellite au moyen d'une des stations d'émission disponibles; ce pourrait être la station de Pleumeur-Bodou, ou la station transportable ORTF, mais toute autre solution peut être étudiée.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

Dans le cas d'une expérimentation de télévision éducative, une équipe pédagogique devra la concevoir, la mettre en oeuvre, et en évaluer les résultats.

Symphonie permettra ainsi aux Etats qui en manifestent l'intention, et se trouvant dans les zones de service prévues pour le satellite, de procéder à des expérimentations de télévision éducative. Ce sont naturellement les Etats concernés qui détermineraient le contenu du message éducatif utilisé.

La position nominale du satellite à 11,5° de longitude ouest offre ces possibilités à de nombreux pays (Afrique, pays arabes, Amérique du Sud). Un déplacement en longitude à 40° est, permettrait de desservir l'Inde et l'Afrique (figure 3).

Les expérimentations pourraient débuter dès octobre 1974, et on peut penser qu'une durée d'expérimentation de deux ans permettrait d'obtenir tous les résultats souhaités.

1.3 Les satellites "Symphonie" modifiés et leurs possibilités

Au-delà des démonstrations décrites ici, on peut envisager une évolution vers un système opérationnel (de 1976 à 1980).

Si les conclusions de ces démonstrations sont positives, elles pourraient être étendues progressivement de façon à constituer un vaste système opérationnel de distribution de télévision éducative avec des satellites *Symphonie* modifiés.

a) Avec des satellites *Symphonie* qui seraient modifiés, *essentiellement en ce qui concerne les antennes d'émission* pour les adapter à des zones de service plus petites, les possibilités de réception sont évidemment améliorées. Par exemple, dans le cas d'une zone de service de 3,5°, la PIRE (puissance isotrope rayonnée équivalente) est portée de 29 dBW à 34,5 dBW (33 dBW dans une zone de 6°). Dans ce cas, il est possible de recevoir en provenance de *chaque* récepteur:

1) avec une antenne de 8 m et un amplificateur paramétrique non refroidi, ou une antenne de 12 m et un amplificateur moins performant (facteur de bruit 4,5 dB):

- un canal de télévision couleur + plusieurs voies "son" avec une qualité proche des normes CCIR,
- ou *deux* canaux de télévision noir et blanc de qualité acceptable;

ARCHIVES U.I.T. GENEVE

2) avec une antenne de 5 m:

— un canal de télévision noir et blanc de qualité acceptable.

Un tel satellite permettrait en particulier de répondre à une des principales critiques faites à l'étude *Socrate,* effectuée dans le passé par le CNES, et qui était de ne distribuer qu'un programme unique dans une vaste zone géographique (Afrique de l'Ouest). Dans la nouvelle configuration, *on disposerait de quatre canaux,* dont l'un pourrait être réservé pour le tronc commun de matières scolaires (histoire, mathématiques, sciences d'observation, langue française) et dont les trois autres pourraient être utilisés en temps partagé par les différents pays.

Un tel satellite pourrait également répondre aux besoins de pays comme l'Inde ou le Brésil; si le nombre de canaux nécessaires n'étaient que de deux (un canal par répéteur), on pourrait se contenter d'antennes de 5 m.

Le *grand avantage* d'une configuration répondant aux besoins des différentes régions mentionnées au paragraphe 1.2 b) est que l'on peut construire des *satellites identiques,* un satellite de secours commun, et même prévoir un secours mutuel en orbite.

C'est ainsi que si, pour *un* système régional seul, il convient de prévoir la construction de *trois satellites et deux lancements,* ces chiffres pourraient être respectivement ramenés à *quatre et trois* pour deux systèmes régionaux parallèles; *l'économie serait de l'ordre de 30%.* Une autre réduction de coût viendrait aussi de l'unicité, au moins partielle, des équipements à terre.

b) Les satellites *Symphonie* peuvent être modifiés également en ce qui concerne les *bandes de fréquences utilisées*; la bande 2,5-2,69 GHz, attribuée par la CAMTS pour la diffusion communautaire, apparaît plus favorable dans les pays tropicaux et équatoriaux (le problème de coordination restant cependant difficile).

Une étude du Groupe CIFAS pour un système spatial de télécommunication et de télévision éducative pour le Brésil a conclu à la possibilité d'implanter deux répéteurs 4-6 GHz (de puissance moindre: 8 W au lieu de 13 W) et un répéteur 2,5-6 GHz; un canal de télévision éducative à 2,5 GHz peut alors être reçu par des antennes de 8 m. En ne conservant qu'un seul répéteur à 4-6 GHz, on pourrait implanter deux répéteurs 2,5-6 GHz.

1.4 Les satellites au-delà de 1980

A une date ultérieure, dans les années 80, les satellites dérivés de *Symphonie* seraient remplacés par des satellites de classe supérieure (classe 350 à

500 kg) à partir des études réalisées pour le satellite de télécommunications européen.

Une première possibilité serait qu'un satellite européen reprenne en partie la mission des satellites *Symphonie*; ce satellite serait donc mixte: 4-6 GHz (ou 2,5-6 GHz) et 11-14 GHz. Le coût du répéteur en orbite serait fortement diminué dans un satellite de la classe de 500 kg, réduisant ainsi la charge du secteur spatial.

Une deuxième possibilité serait de passer, dans les années 80, à la *diffusion directe.* Un satellite de radiodiffusion, tout en continuant à desservir les zones déjà équipées en moyens de distribution permettrait d'atteindre les zones d'habitats dispersés qu'on ne pourrait atteindre par d'autres moyens. Ce sont pourtant les habitants de ces zones qui ont le plus besoin de liaisons avec l'extérieur, en raison de leur isolement.

Un calcul rapide, sur l'exemple de la zone de service retenue dans *Socrate,* et avec les coûts utilisés alors, montre que le coût d'un système terrestre serait de 50% supérieur en investissement, et qu'une somme équivalente serait dépensée en dix ans pour le fonctionnement, alors que le coût de fonctionnement du système spatial est négligeable.

Les possibilités de l'espace sont donc extrêmement prometteuses et il paraît indispensable qu'on en prenne conscience suffisamment tôt pour, au moins, les explorer avec les satellites expérimentaux *Symphonie.*

Toute utilisation de ces satellites pour de tels objectifs pédagogiques et humains sera favorisée par les Etats qui ont développé ce programme.

2. L'utilisation des satellites par la marine marchande

Un navire en mer doit être capable de déterminer sa position et souhaite pouvoir communiquer avec la terre. Ces besoins de navigation et de communication sont encore presque exclusivement satisfaits, de nos jours, par des moyens terrestres classiques. Le parti que l'on pourrait tirer dans ces domaines des techniques spatiales est cependant apparu dès les premiers lancements de satellites artificiels. La décennie qui vient de s'achever a vu la mise au point des techniques de base et leur application dans le domaine militaire. Il ne fait pas de doute que dans les années à venir les techniques spatiales feront leur entrée dans le secteur civil et, dans un avenir proche, les marines marchandes bénéficieront grâce aux satellites de services de meilleure qualité ou même de services n'existant pas présentement.

Les télécommunications maritimes seront les premières à bénéficier de la mise en place d'un service par satellites. Actuellement, elles se font par liaison radio entre les stations côtières et les navires en utilisant pour les communications à moyenne distance (500 km environ) les ondes hectométriques et à grande distance les ondes décamétriques.

Globalement, ce service, surtout en ce qui concerne les liaisons à grande distance, ne donne pas satisfaction:

1) les défauts de propagation des ondes fait qu'il est très difficile de joindre certaines zones lointaines et que de façon générale la qualité de la liaison est très fluctuante (et souvent mauvaise);

2) l'établissement des communications n'est pas automatique et doit se faire par l'intermédiaire de l'officier radio qui n'assure la veille que 8 heures par jour;

3) les gammes de fréquences utilisées sont de plus en plus encombrées et dans un avenir proche la saturation sera atteinte.

Au total, l'établissement d'une communication peut prendre plusieurs heures (un délai de 12 heures n'est pas rare dans le sens "station côtière—bateau") et ensuite la qualité peut être mauvaise. Il y a donc incontestablement une demande pour des télécommunications plus rapides et plus sûres. Un satellite stationnaire placé au-dessus d'un océan constituera un relais idéal pour les signaux échangés entre la terre et les navires.

Les avantages offerts par les satellites sont:

- une meilleure netteté et une constance de la qualité des télécommunications;
- un temps d'accès faible (de l'ordre de quelques minutes);
- une exploitation automatique qui ne nécessite pas la présence d'opérateurs radio à bord;
- le secret des communications est mieux préservé qu'avec les communications ordinaires.

En d'autres termes, un système de télécommunications maritimes par satellites doit permettre à l'équipage à bord d'un navire en mer de disposer et de se servir d'un équipement téléphonique, du télex, d'un terminal de calculateur même ..., exactement de la même façon que le personnel d'un bureau sur la terre ferme.

Un système de trois satellites géostationnaires permettrait de couvrir l'ensemble des océans pour des latitudes inférieures à 70°. Il est prévu qu'un tel

service par satellites soit mis en place par une organisation internationale, créée pour les besoins de la cause vers 1978. Des systèmes expérimentaux seront peut être disponibles avant cette date.

Un système à satellite rend également possible une *radiolocalisation* des navires très précise. Des systèmes élaborés comportant par océan un satellite géostationnaire et une constellation de trois à quatre satellites synchrones inclinés sur l'équateur permettent une localisation sur l'ensemble de l'océan entre 70° nord et 70° sud, avec une précision toujours supérieure à 100 m.

Un système *réduit à deux satellites* géostationnaires (voir la figure 4) donne déjà une précision du même ordre aux latitudes moyennes et élevées et n'a des performances limitées qu'autour de l'équateur. Dans l'ensemble, les

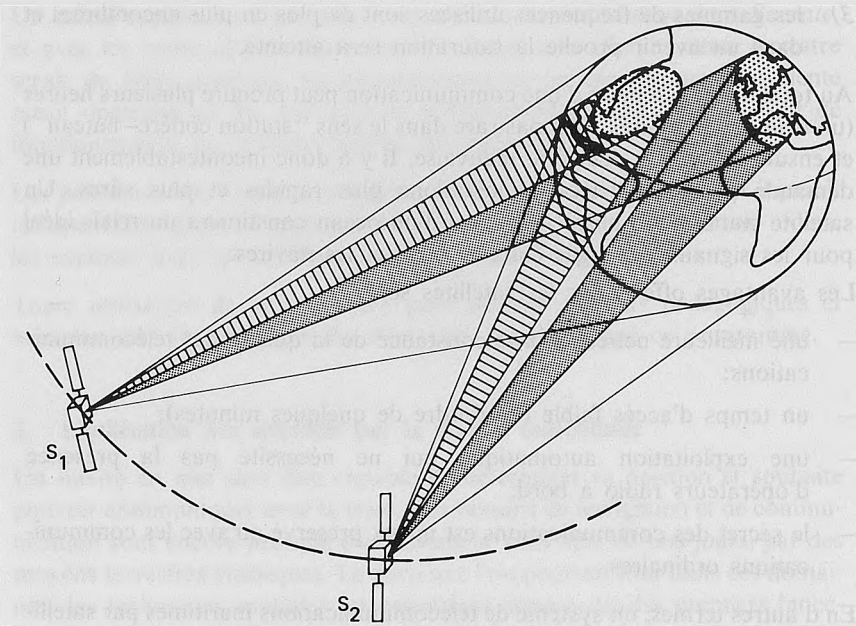


Figure 4 — Radiolocalisation à partir de deux satellites géostationnaires.

Un pinceau étroit illumine les zones de confluence à forte densité de trafic où une surveillance ou même un contrôle est nécessaire (côte nord américaine, Europe occidentale). Une antenne à couverture globale assure les radiocommunications et la radiolocalisation sur l'ensemble de l'océan

satellites rendent possible la mise en place d'un système de radiolocalisation bien supérieur aux systèmes classiques. De plus, l'association des fonctions radiolocalisation et télécommunication, très simple à réaliser dans un système à satellites, peut considérablement renforcer la sécurité d'un navire à la mer en:

1) améliorant notablement la précision de la navigation traditionnelle;

2) permettant dans certaines zones une surveillance ou même un contrôle du trafic maritime depuis la terre;

3) augmentant considérablement l'efficacité et la rapidité des secours en mer.

2.1 Navigation

Naviguer consiste à déterminer à chaque instant la route que doit suivre le navire pour aller, dans les meilleurs délais, à son point de destination tout en évitant les divers obstacles qu'il pourrait rencontrer:

- obstacles fixes: hauts-fonds, épaves...,
- obstacles mobiles: autres navires,
- zones de mauvais temps.

Pour mener à bien cette tâche, l'équipage dispose d'un certain nombre de moyens qui lui donnent la possibilité d'avoir en sa possession les différentes informations qui lui permettent, *après exploitation à bord*, de déterminer la route à suivre.

Les satellites, avec un système de radiolocalisation et de télécommunication intégré, permettent d'accroître considérablement le nombre et la qualité des informations disponibles.

- En particulier, l'efficacité *d'un système anticollision* peut être grandement accrue.
- Une localisation très précise dans les zones proches des côtes permettra *d'éviter les échouages* sur les hauts-fonds.
- Enfin, la réception d'informations météorologiques permettra *d'éviter les zones de mauvais temps*, cause d'un minimum de retard et quelquefois de dommages au bateau et à la cargaison.

Dans ces applications, les principes de base régissant la conduite du navire sont conservés: l'équipage détermine de façon autonome la route à suivre; le

satellite a simplement augmenté l'efficacité des moyens d'aide à la navigation.

2.2 Surveillance

Les satellites, avec leur possibilité d'association des fonctions radiolocalisation et télécommunication, rendent possible un changement complet dans la philosophie du pilotage des navires.

Désormais, une station à terre pourra disposer d'un grand nombre d'informations concernant les navires dans une zone donnée (position, cap, vitesse...). Elle aura également en sa possession des informations générales concernant la zone (état des routes: position des épaves, des hauts-fonds, conditions météorologiques...).

Ayant connaissance, à tout moment, de l'état de la situation sur l'ensemble de la zone, la station à terre pourra assurer la *surveillance* sur cette zone, suivant le mouvement des différents navires et intervenant en cas de situation délicate.

L'équipe de surveillance à terre se présente en quelque sorte comme *un élément de soutien* de l'équipage sur la passerelle du navire.

On peut penser qu'une telle organisation pourrait permettre d'éviter bon nombre d'accidents dus à des erreurs humaines de navigation. Ce genre de surveillance pourrait s'exercer dans des zones à trafic assez dense ou dans des secteurs où les routes maritimes importantes passent près des côtes.

Dans certaines zones jugées particulièrement critiques (zones de confluence étroites à très forte densité de trafic comme la Manche) un véritable *contrôle du trafic* pourrait être institué. La station de contrôle coordonnerait les mouvements des différents navires de façon à accroître la sécurité de la navigation.

Une étude sur ce sujet a été faite en France, par l'industrie, avec application au cas concret de la Manche. Elle a montré que techniquement un tel contrôle était possible.

Pour la Manche, l'étude a retenu un système à voies parallèles et à vitesse imposée. Les navires devraient suivre l'axe de la voie avec une vitesse déterminée et constante. Lorsqu'ils s'écarteraient de l'axe et dépasseraient un certain seuil, le centre de contrôle le leur signalerait, de même si la distance avec le bateau qui les précède ou les suit dans la même voie n'est plus correcte.

Dans le Pas de Calais, avec 250 bateaux à écouler dans chaque sens en 24 heures, l'établissement d'un contrôle du type indiqué avec deux voies dans chaque sens de *2 mille nautiques* de largeur chacune (ce qui est concrètement possible, voir la figure 5), un temps entre localisations de 10 minutes et une tenue de route des navires jugée raisonnable (85% de probabilité d'être à moins de 0,25 mille nautique de l'axe de la voie), le nombre de collisions pourrait être réduit à *une tous les huit ans* dans l'hypothèse où tous les bateaux seraient équipés. Une intervention en moyenne de la station de contrôle est nécessaire par bateau pour la traversée de la Manche (figure 5).

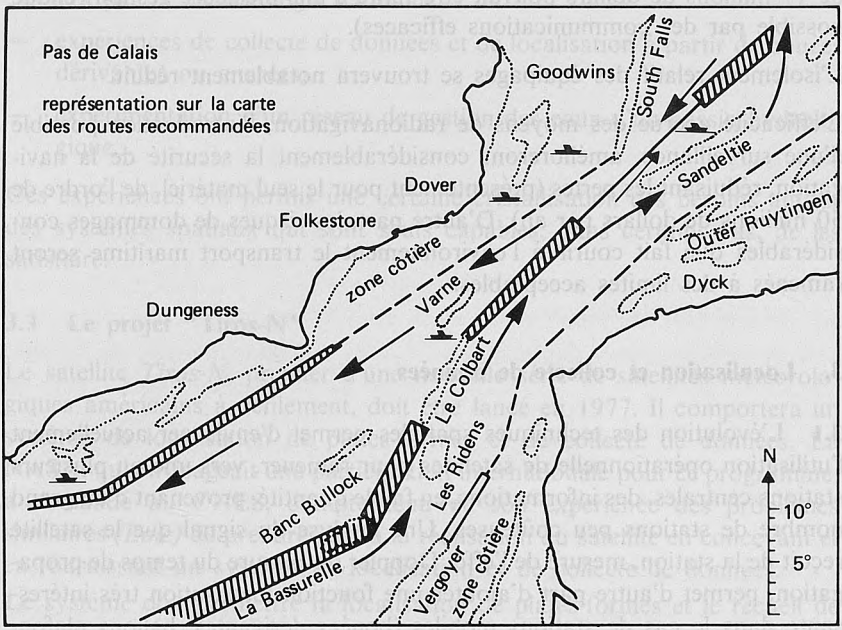


Figure 5
Il est possible d'établir sur les routes recommandées deux voies, dans chaque sens, de 2 mille nautiques de large chacune

2.3 Recherche et sauvetage

En matière de sécurité maritime (SAR), l'intérêt d'un système alliant une radiolocalisation automatique et précise à des télécommunications sûres est évident. Présentement, en cas de sinistre, les opérations de repérage prennent quelquefois plusieurs heures, faute d'une localisation précise.

La coordination des moyens de sauvetage se fait plus ou moins bien. Des télécommunications sûres associées à un radiorepérage permettent d'avoir une connaissance quasi immédiate du sinistre et de son lieu.

En résumé, les satellites permettront, dans le domaine maritime, d'amener les télécommunications à un niveau de qualité et d'efficacité jugé normal de nos jours dans le service terrestre. Il sera possible de rattacher un bateau en mer au réseau terrestre général rendant possible une exploitation plus rationnelle des navires de commerce (une étude américaine a montré que pour une flotte de 300 navires caractéristiques des Etats-Unis, un bénéfice de l'ordre de 17 millions de dollars pouvait être retiré d'une meilleure gestion rendue possible par des communications efficaces).

L'isolement relatif des équipages se trouvera notablement réduit.

L'efficacité accrue des moyens de radionavigation, l'introduction possible d'une surveillance, amélioreront considérablement la sécurité de la navigation, réduisant les pertes (présentement pour le seul matériel, de l'ordre de 50 millions de dollars par an). D'autre part, les risques de dommages considérables que fait courir à l'environnement le transport maritime seront ramenés à des limites acceptables.

3. Localisation et collecte de données

3.1 L'évolution des techniques spatiales permet d'envisager actuellement l'utilisation opérationnelle de satellites pour ramener, vers une ou plusieurs stations centrales, des informations, en faible quantité, provenant d'un grand nombre de stations peu coûteuses. Une analyse du signal que le satellite reçoit de la station, mesure de l'effet Doppler ou mesure du temps de propagation, permet d'autre part d'ajouter une fonction localisation très intéressante dans le cas de stations mobiles (bouées dérivantes, ballons plafonnants).

Les satellites en étude ou en développement au CNES dans ce domaine dérivent plus ou moins directement des acquis du satellite *Eole* lancé en août 1971 par une fusée *Scout*. Cette technique débouche sur divers projets: un sous-système de localisation et collecte de données en orbite basse à couverture globale embarqué dans le satellite météorologique américain *Tiros-N*, un satellite géodésique expérimental lancé par *Diamant*, le satellite *Dialogue* qui devrait ouvrir la route au satellite opérationnel de localisation précise *Géole*, un système de collecte de données, associé au satellite géostationnaire européen *Météosat*.

3.2 Le programme "Eole"

Le programme de collecte de données et localisation du CNES a commencé par l'expérience météorologique *Eole* et se prolonge par les expériences dites *Eole-complémentaire.* Parmi celles-ci on trouve:

- transmission de messages commerciaux à partir de navires marchands et localisation simultanée de ces bateaux afin de permettre une gestion centralisée de la flotte;
- transmission de messages météorologiques à partir de navires sélectionnés par la météorologie nationale;
- expériences de collecte de données et de localisation à partir de bouées dérivantes ou ancrées;
- expérimentation d'un réseau de gestion des eaux d'un bassin hydrologique...

Ces expériences ont permis une certaine cristallisation des besoins autour des systèmes spatiaux qui sont seuls capables, dans certains cas, de les satisfaire.

3.3 Le projet "Tiros-N"

Le satellite *Tiros-N*, premier d'une nouvelle série de satellites météorologiques américains à défilement, doit être lancé en 1977. Il comportera un système de localisation de plates-formes et de collecte de données. La NASA, qui envisageait une participation internationale pour ce programme, a demandé au CNES, compte tenu de son expérience des problèmes similaires *(Eole)* de prendre part à la réalisation du satellite en concevant et en fournissant un système de localisation et de collecte de données.

Le système doit permettre la localisation de plates-formes et le recueil de données provenant de plates-formes fixes ou dérivantes qui pourrait être de type varié (ballons, bouées, stations terrestres). Ce service devra être mis à la disposition des usagers de 1977 (lancement du premier satellite de la série) à 1981 au moins. Il faudra lancer successivement quatre satellites environ pour assurer cette longue mission.

L'utilisation concrète d'un système de localisation et de collecte de données est largement conditionnée par le prix de revient de l'ensemble du système et plus spécialement par celui des balises. Cette réduction des coûts, qui, en définitive est déterminante pour le succès de l'opération, sera obtenue au prix d'une grande simplification des plates-formes qui ne seront que des émetteurs.

Caractéristiques et performances

— nombre de satellites en vol simultanément	: 1
— orbite	: circulaire à 1600 km héliosynchrone
— couverture	: mondiale
— puissance émise par les stations	: 3 W à 400 MHz

Collecte de données

— mode de prélèvement	: accès aléatoire
— stockage	: mémoire statique + enregistreur
— messages	: de 4 à 32 paramètres à 8 bits (précision 0,5%)
— probabilité de collecte	: 98%
— densité maximale des stations	: 600 dans le cercle de visibilité du satellite (4000 km de rayon) pour des stations sans localisation à 32 capteurs
— nombre maximal de stations	: 6000 avec les mêmes hypothèses que ci-dessus
— fréquence des passages du satellite	: minimum cinq fois par jour
— délai de restitution	: de l'ordre de 3 heures

Localisation

— principe	: mesures des fréquences reçues par le satellite
— précision de localisation	: 5 km pour les plates-formes fixes et 5 à 8 km pour les plates-formes mobiles entre +55° et −55° de latitude

— densité maximale des stations : 200 dans le cercle de visibilité pour des stations avec localisation et 4 capteurs

— nombre maximal de stations : 2000

— fréquence de localisation : deux fois par jour

— délai de restitution : 5 à 7 heures

— probabilité d'assurer une localisation : 95%

3.4 Le projet "Météosat"

Le projet *Météosat*, proposé par le CNES, est en cours de réalisation dans le cadre européen du CERS/ESRO et sera l'un des cinq satellites météorologiques géostationnaires lancés pour l'expérience globale du GARP de 1977. Son lancement est prévu pour fin 1976.

L'objectif principal de *Météosat* est l'observation des nuages en infrarouge et la diffusion des images traitées d'une station centrale vers des stations secondaires de réception. De plus, il sera muni d'un sous-système permettant la collecte de données en temps réel.

Trois types de stations sont prévus:

— accès multiple: la station émet sur alerte dès que le paramètre qu'elle contrôle sort des limites que l'on aura fixées;

— interrogation par une station centrale;

— accès programmé.

Ce système n'assure pas la localisation.

Caractéristiques et performances

— nombre de satellites : 5 (2 américains)
(1 japonais)
(1 soviétique)
(1 européen)

— orbite : géostationnaire

— mode de fonctionnement de la collecte de données : *1)* accès multiple
: *2)* interrogation
: *3)* accès programmé

— capacités respectives des trois modes : *1)* 100 stations
: *2)* 1000 stations
: *3)* 3000 stations

— puissance émise:
  — station fixe (antenne directive) : 4 W
  — station mobile (antenne non directive) : 20 W

— messages : 28 à 4000 bits

— couverture : $\pm 60^{\circ}$ de latitude (voir la figure 6)

3.5 "Géole"

L'enquête faite par le CNES a montré qu'un certain nombre de besoins en localisation précise ne sont pas satisfaits par les systèmes actuels à cause soit d'une précision insuffisante, soit d'un délai de restitution trop important, soit d'une trop grande complexité d'utilisation. C'est pourquoi le CNES a pensé qu'il serait intéressant d'étudier un système permettant de répondre à ces besoins: c'est le système *Géole* (contraction de *géodésie* et d'*Eole*) basé sur le même principe qu'*Eole*. Le satellite à défilement jouerait deux rôles: d'une part, il effectuerait les mesures de distance et de vitesse radiale (par effet Doppler) des balises à localiser et il daterait ces mesures avec l'horloge stable embarquée; d'autre part, il enregistrerait ces données en mémoire et les retransmettrait par télémesure à une station du réseau lorsqu'il serait en visibilité.

L'objectif fixé (localisation à 10 m près sur un seul passage en visibilité ou 1 m sur une journée de mesures) a plusieurs conséquences:

- la nécessité d'une trajectographie très précise du satellite qui sera assurée par un réseau mondial déterminé pendant les premiers mois de vie du satellite (mission de géodésie géométrique);
- la définition des caractéristiques demandées au système: satellite sur une orbite circulaire 3500 km d'altitude (valeur optimale) inclinée de 60 à 70° sur l'équateur et surtout précisions nécessaires sur les mesures de 2 m en distance et 2 mm/s en vitesse radiale.

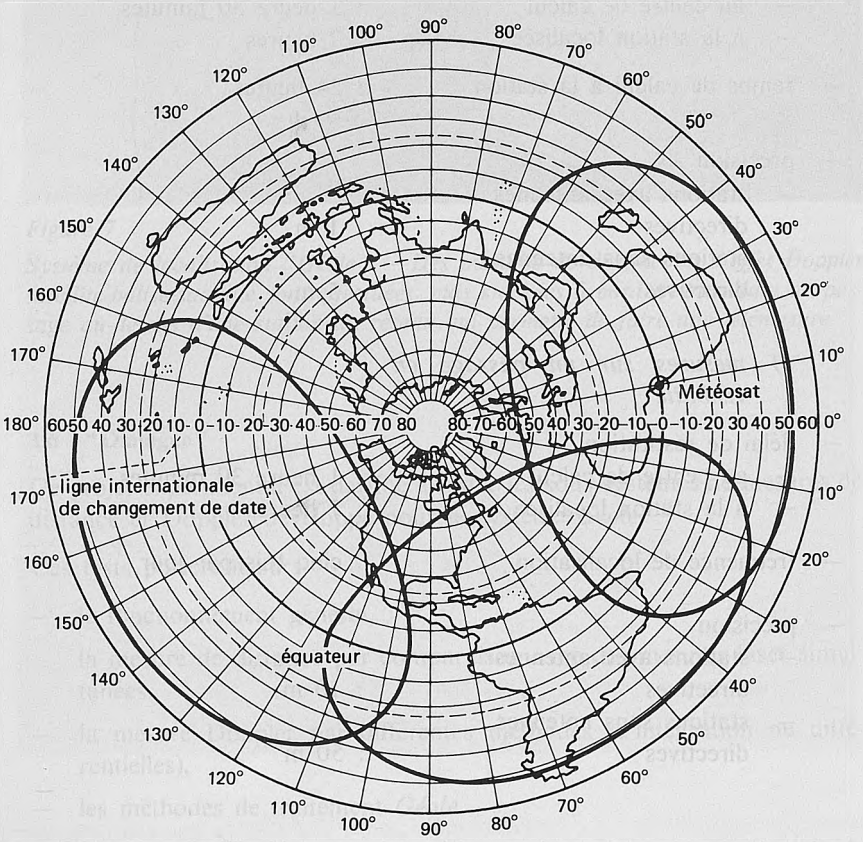


Figure 6 — Réseau d'observation mondiale de trois satellites géostationnaires

Caractéristiques et performances

- nombre de satellites en vol simultanément : 1
- couverture : mondiale
- stations automatiques et transportables

a) mesures sur une journée

- délai de restitution
  - au centre de calcul : 1 heure 30 minutes
  - à la station localisée : 7 heures
- temps de calcul à la station : 24 heures
- précision
  - stations avec antennes directives : 1 m
  - stations sans antennes directives : 5 m

b) mesures sur un passage en visibilité

- délai de restitution
  - au centre de calcul : 1 heure 30 minutes
  - à la station localisée : 7 heures
- fréquence de localisation : cinq fois par jour
- précision
  - stations avec antennes directives : 10 m
  - stations sans antennes directives : 50 m

Des études sont, d'autre part, effectuées sur le calcul du point *à bord du satellite*, ce qui annulerait pratiquement le délai de restitution à la station localisée.

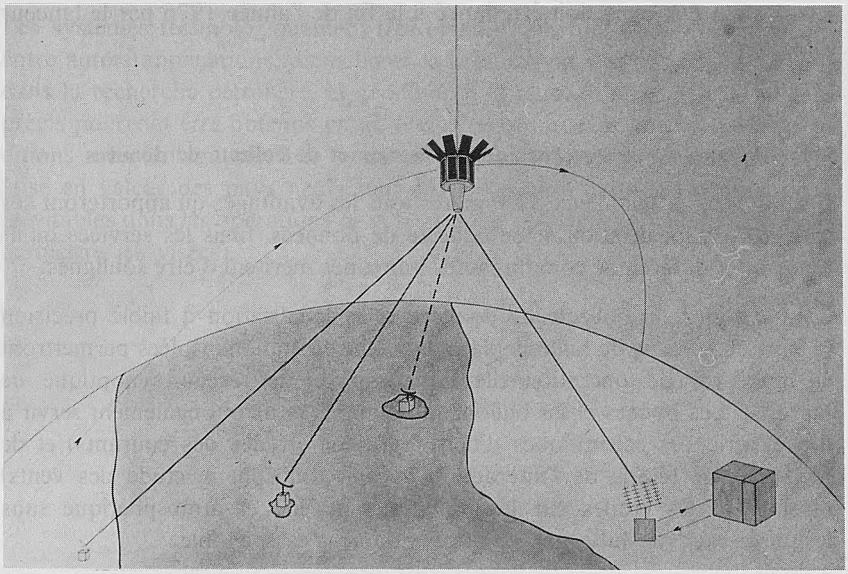


Figure 7

Système de localisation "Géole" — Des mesures de distance et d'effet Doppler satellite-balise-satellite sont effectuées, puis stockées à bord en attendant un passage au-dessus d'une station du réseau qui permette de faire une télémesure

3.6 "Dialogue"

Ce projet expérimental est destiné à tester les sous-systèmes de mesures de distance et Doppler développé pour le système *Géole*.

Ces tests porteront sur:

- le fonctionnement général,
- la mesure de distance par comparaison avec des mesures laser simultanées,
- la mesure Doppler par différentes méthodes (d'intégration ou différentielles),
- les méthodes de traitement *Géole*.

Par ailleurs, *Dialogue* permettra d'intéresser les utilisateurs potentiels de *Géole* en les associant au projet qui marquera une étape importante dans la crédibilité du système.

Le satellite *Dialogue* doit être lancé à la fin de l'année 1976 par le lanceur *Diamant*.

3.7 L'apport de ces satellites de localisation et de collecte de données

Il serait long et fastidieux d'énumérer tous les avantages qu'apporteront ces satellites de localisation et de collecte de données, mais les services qu'ils rendront à différentes communautés humaines méritent d'être soulignés.

Tout d'abord, la collecte de données et la localisation à faible précision (5 km) de bouées, de ballons plafonnants et de stations isolées permettront en météorologie opérationnelle de compléter le réseau synoptique de mesures. Les bouées et les ballons plafonnants pourront également servir à des expériences scientifiques d'océanographie (études des courants) et de météorologie (étude de l'interaction océan–atmosphère, étude des vents) ainsi qu'à des études sur les pollutions marine et atmosphérique sans lesquelles aucune lutte antipollution valable n'est possible.

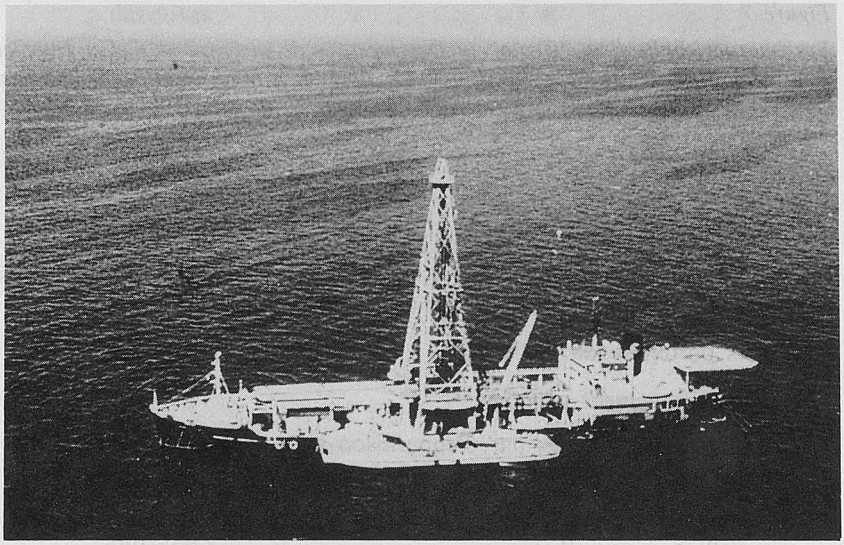


Figure 8
Prospection pétrolière – La localisation des points de forage en mer doit avoir une très grande sécurité compte tenu du coût très important de l'exploitation des plates-formes de forage

Les systèmes technologiquement très évolués, tels que *Géole*, permettront, entre autres applications, d'améliorer la productivité des équipes travaillant dans la recherche pétrolière, la géodésie et la cartographie: des points très précis pourront être obtenus en un temps record quelles que soient les conditions météorologiques. Les systèmes faciliteront et accéléreront donc la mise en valeur des pays neufs tout en supprimant certaines dégradations inévitables dans les opérations de cartographie classiques (déboisement pour permettre les visées).

(Langue originale: français)

EXPÉRIENCE ACQUISE PAR LES ÉTATS-UNIS DEPUIS LA CAMTS (1971)

par
W. DEAN, Jr.
Directeur adjoint, Frequency Management
Office of Telecommunications Policy
Executive Office of the President
Washington, DC

Introduction

Comme vous le savez, les télécommunications constituent le système nerveux de notre société moderne. Grâce à elles, nous pouvons transmettre des paroles, des images et des éléments d'information d'un lieu à un autre, à la vitesse de la lumière; elles renforcent ainsi puissamment nos moyens dans des domaines tels que la politique internationale, l'économie et le maintien de la paix mondiale.

L'entrée en scène des satellites, il y a seize ans, a ouvert à l'homme de nouvelles possibilités de communication. C'est en 1963 que l'UIT organisa sa première Conférence spatiale, principalement en vue de dégager, dans le spectre des fréquences, les bandes nécessaires pour promouvoir l'utilisation des télécommunications spatiales. En cette matière, il faut agir au niveau international, car le spectre est une ressource naturelle limitée qui suscite une forte compétition et doit permettre d'assurer tous les services radioélectriques du monde entier. Une coopération internationale est essentielle aussi, car la pollution de l'espace par une utilisation anarchique des fréquences rendrait illusoire l'exploitation de cette ressource. D'où l'importance du rôle que doit jouer l'UIT.

La Conférence de 1963 avait arrêté des dispositions pour les satellites de télécommunications, de radionavigation et de météorologie de la première génération. Elle en avait pris aussi quelques-unes pour d'autres applications telles que la recherche spatiale, la radioastronomie et des fonctions auxiliaires.

Depuis cette époque, les techniques de l'espace ont fait une percée véritablement phénoménale, qui laisse augurer qu'elles progresseront à l'avenir à une cadence encore plus accélérée. La Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales (CAMTS) que l'UIT organisa en 1971 et à laquelle participèrent plus de 100 pays et de 700 délégués, eut le mérite de fixer une orientation internationale au développement des télécommunications spatiales pour les dix à douze années suivantes. Elle adopta des critères techniques, qui permirent d'étendre considérablement les portions du spectre attribuées aux télécommunications spatiales. Elle établit des procédures détaillées pour assurer la coordination nécessaire entre les pays dans la planification et la mise en oeuvre de leurs systèmes de Terre et de leurs systèmes spatiaux. Bien que toutes les administrations représentées à la CAMTS en eussent signé les Actes finals, il fallait que les décisions en fussent ratifiées par les autorités compétentes des différents pays. En ce qui concerne les Etats-Unis, le Sénat donna le 13 juin 1972 son approbation motivée à la ratification, et la signature du président fut apposée au bas du document le 14 juillet 1972.

Mesures prises aux Etats-Unis

Immédiatement après la fin de la Conférence spatiale de 1971, les organismes pertinents des Etats-Unis, principalement la *Federal Communications Commission* (FCC) et l'*Office of Telecommunications Policy*, ont pris des initiatives pour rendre la réglementation nationale conforme aux Actes finals de la CAMTS. C'est ainsi qu'on apporta de nombreuses modifications aux procédures à suivre pour coordonner et notifier les assignations de fréquences. Le Tableau national d'attribution des fréquences a été également modifié, puis des attributions nationales de fréquences aux services de Terre ont été entreprises au-dessus de 40 GHz, pour compléter celles qui avaient été établies pour les services spatiaux à la suite de la CAMTS.

Je me propose maintenant d'exposer brièvement quelques aspects de l'expérience acquise par les Etats-Unis depuis la Conférence de 1971 dans le domaine des télécommunications spatiales, de vous faire connaître l'évolution que les Etats-Unis prévoient pour celles-ci et d'évoquer certaines difficultés rencontrées jusqu'ici et certaines conclusions qui se sont imposées.

Satellites de télécommunication internationaux

INTELSAT a poursuivi le développement de son exploitation mondiale par l'intermédiaire de son organe d'exécution, la COMSAT, et à la fin de 1972

quatre satellites *Intelsat-IV* étaient en service. Les trois principales régions océaniques sont ainsi entièrement desservies, la capacité unitaire adoptée pour les satellites, entre 3000 et 9000 circuits téléphoniques, dépendant de divers facteurs tels que les services à assurer et les zones à desservir. Les secteurs spatiaux ont été conçus pour une durée de sept ans.

Dans toutes les régions, les services de téléphonie, d'enregistrement et de télévision ont continué de se développer. A titre d'exemple, à la fin de 1972, le nombre des heures d'émission et de réception en télévision avait presque doublé par rapport à sa valeur un an auparavant; de même, les stations terriennes et pays participants ayant accès au système INTELSAT étaient passés, dans le courant de 1972, de 52 à 65 et de 39 à 49 respectivement.

Satellites de télécommunication nationaux

A cet égard, comme à de nombreux autres, les problèmes techniques ont été plus faciles à résoudre que les problèmes institutionnels. Après avoir étudié pendant plusieurs années les différentes solutions pour l'exploitation de satellites aux fins des télécommunications nationales, la FCC a adopté récemment celle de l'accès multiple pour les entreprises commerciales. Initialement, la Commission se trouvait placée devant huit demandes de systèmes complets, auxquelles s'ajoutaient plusieurs demandes de stations terriennes exclusivement réceptrices.

Les marchés à satisfaire à court terme portent sur des circuits pour le service de messages transmis à grande distance avec commutation, des lignes privées louées pour la téléphonie ou les données et la transmission directe de programmes télévisuels à des systèmes de diffusion par câble. Parmi les futures applications, on peut signaler la distribution de programmes télévisuels à partir de certains points du réseau vers des stations locales de radiodiffusion de télévision et des services spéciaux, plus élaborés, qui ne sont pas encore assurés par voie radioélectrique.

Les premières autorisations de construire des satellites nationaux ont été octroyées et les systèmes correspondants pourraient être mis en service dès le début de 1974.

La plupart des demandes déposées concernent des satellites équipés de 12, 24 ou 48 émetteurs-récepteurs travaillant en liaison avec un petit nombre de stations terriennes puissantes (antennes de 30 m de diamètre) ou un plus grand nombre de stations terriennes moins puissantes (antennes de 10 m de diamètre). Ces systèmes sont généralement destinés à fonctionner dans les bandes des 4 et 6 GHz, mais celles des 12 et 14 GHz, nouvellement attribuées, pourraient être employées également.

Satellites de radiodiffusion

Au cours de la CAMTS de 1971, et dans les colloques organisés par l'Organisation des Nations Unies en 1972, il est devenu de plus en plus évident que les possibilités offertes par les satellites de radiodiffusion intéressent de nombreux pays. La Conférence spatiale a établi que les émissions du service de radiodiffusion par satellite peuvent être reçues de deux façons: sur antenne individuelle et sur antenne communautaire. Les difficultés dont il est fait état jusqu'ici concernent surtout la réception individuelle, appelée aussi "radiodiffusion directe", de nombreuses personnes envisageant la possibilité qu'un jour vienne où les récepteurs de télévision de tous les modèles actuellement utilisés dans le monde recevront des émissions transmises par des satellites de radiodiffusion. Or, cette éventualité semble sujette à caution.

Un fait très pertinent à cet égard est que, tout au moins d'un point de vue pratique, les dispositions du Règlement des radiocommunications concourent à exclure la "radiodiffusion directe" dans les bandes de fréquences utilisées en ce moment pour la radiodiffusion sonore ou télévisuelle. Peut-être verra-t-on se réaliser plus tard, pour certaines bandes (par exemple, 620-790 MHz), des antennes de petit diamètre peu coûteuses et des préamplificateurs à bas niveau de bruit, qui permettraient une réception individuelle malgré les limitations imposées actuellement à la densité surfacique de puissance. En revanche, il est des plus douteux qu'un système de ce genre soit techniquement et économiquement réalisable, si l'on tient compte notamment du fait que les bandes de fréquences sont occupées de plus en plus par les services de Terre.

La bande des 12 GHz nouvellement attribuée est la plus basse dans laquelle la radiodiffusion directe semble réellement possible, puisque la densité surfacique de puissance n'y est pas limitée. Cependant, même avec un satellite ayant la puissance nécessaire, un service de radiodiffusion directe ne pourra être réalisé dans cette bande tant qu'on n'aura pas mis au point une nouvelle gamme de récepteurs ou pourvu d'accessoires importants le matériel actuel.

Les sources d'énergie pour satellites se sont perfectionnées et la PIRE de ceux-ci a augmenté, mais il faut se rappeler qu'en matière de radiodiffusion directe on prévoit l'utilisation d'un équipement de réception (antenne et récepteur) d'un prix suffisamment modique pour qu'une famille aux ressources moyennes puisse se le procurer. L'opinion prévaut aux Etats-Unis que la réalisation d'un système à satellites pour réception individuelle destiné au grand public n'est pas pour demain; les considérations économiques joueront à cet égard un rôle capital.

Etant donné ces circonstances économiques et techniques, les Etats-Unis estiment qu'il serait prématuré de convoquer avant 1980, dans le meilleur des cas, une conférence sur la planification des satellites de radiodiffusion comme proposé par la CAMTS de 1971. Sur quelles bases, en effet, une conférence qui se tiendrait plus tôt serait-elle en mesure de traiter objectivement les matières prévues? Quand pourra-t-on faire figurer des conditions *pratiques* dans un plan et non la "réservation" de fréquences et des positions orbitales pour des systèmes qui risquent de n'être jamais réalisés? Sur quelle largeur de bande se fondera-t-on pour établir la disposition des canaux, puisque des recherches sont en cours sur de nouvelles méthodes de modulation et sur de moyens propres à resserrer la portion de spectre requise pour un canal de télévision? A ces questions, et à d'autres encore, il faut répondre de façon objective, en tenant compte du fait qu'un système de radiodiffusion directe par satellites sera certainement extrêmement coûteux et nécessitera une transformation complète de l'équipement, à commencer par les récepteurs et leurs antennes. Les Etats-Unis pensent que la réalisation pratique d'un tel système sera l'aboutissement d'un long processus et que les procédures de coordination figurant dans la Résolution n° Spa 2-3 de la Conférence spatiale de 1971 seront encore adéquates pendant de nombreuses années.

Satellites de radioamateurs

Oscar-6, le sixième de la série des satellites pour amateurs *(orbiting satellite carrying amateur radio),* a été lancé en 1972 et relaie maintenant les émissions d'amateurs opérant en Europe, en Amérique du Nord, en Australie et dans d'autres parties du monde; il a été conçu et réalisé par des radioamateurs des Etats-Unis, de l'Australie et de l'Allemagne. Destiné à fonctionner pendant un an, il peut retransmettre les signaux téléphoniques à bande latérale unique, les signaux de téléimprimeurs et les signaux de télévision à balayage lent. A côté des télécommunications habituelles à leur catégorie, des groupes de radioamateurs compétents mettent au point des expériences et des démonstrations pour faire connaître que les satellites d'amateurs peuvent assurer des télécommunications de secours dans des circonstances critiques, notamment des catastrophes naturelles.

Satellites aéronautiques et maritimes

Les satellites offrent un moyen très intéressant de répondre aux besoins mondiaux des services radioélectriques mobiles aéronautiques et maritimes, où les communications sont souvent compromises par les aléas des trans-

missions radioélectriques en ondes décamétriques. On dispose maintenant des techniques nécessaires et l'on procède à la définition des conditions d'exploitation particulières à ces télécommunications spatiales. On étudie aussi la façon dont il convient d'utiliser les institutions nationales ou internationales pour en orienter les applications.

Des fonctionnaires des gouvernements du Canada et des Etats-Unis et des représentants de l'Organisation européenne de recherches spatiales (CERS/ESRO) établissent un programme de coopération internationale pour l'application expérimentale du secteur spatial à la régulation de la circulation aérienne dans la région de l'Atlantique nord et éventuellement d'autres régions dans les années qui viennent. Le CERS procède à l'inventaire des établissements commerciaux américains que cela pourrait intéresser. Entre-temps, le ministère américain des Transports et la *Federal Aviation Administration* (FAA) étudient conjointement avec le CERS un protocole intergouvernemental, qui facilitera l'établissement en temps opportun d'un programme suffisamment souple.

Dans le domaine maritime, des comités de l'Organisation intergouvernementale consultative de la navigation maritime (OMCI) examinent dans quelle mesure sont réalisables diverses méthodes d'application des services spatiaux aux activités maritimes internationales, pour les télécommunications ou la radionavigation. La création éventuelle d'une organisation internationale à cet effet a été proposée, et d'autres options, telles que l'utilisation du système mondial à satellites INTELSAT, sont en cours d'examen. Certaines administrations estiment d'ailleurs qu'une nouvelle organisation internationale n'est pas nécessaire à l'ouverture, dans un proche avenir, de services spatiaux maritimes. Le gouvernement des Etats-Unis partage cette opinion.

Satellites météorologiques

Le programme de satellites météorologiques des Etats-Unis a été conçu essentiellement pour atteindre trois objectifs:

- assurer nuit et jour une couverture régulière mondiale de l'atmosphère, avec lecture directe des données par les stations au sol situées à portée radioélectrique du satellite;
- permettre une observation continue des phénomènes météorologiques et constituer aussi un relais entre les capteurs de télémesure et les centres météorologiques;

— sonder régulièrement l'atmosphère tout entière pour fournir les mesures quantitatives nécessaires aux modèles de prévision numériques.

C'est en 1970 qu'il est devenu possible d'observer l'atmosphère nuit et jour, à la suite du lancement du satellite *Itos (improved Tiros operational satellite)*, faisant suite à celui de *Tiros (television infrared observation satellite),* satellites qui ont constitué le premier système réalisé spécialement pour répondre aux besoins de la météorologie. En 1972, les possibilités du système ont été accrues par le lancement de *Noaa-2*, premier satellite d'exploitation pour l'étude du milieu, dans lequel les images étaient obtenues entièrement au moyen de radiomètres à balayage au lieu de capteurs optiques. Ce satellite, le premier aussi à pouvoir sonder l'atmosphère autour de la quasi-totalité de la Terre, permettait donc d'atteindre le troisième objectif du programme.

Les satellites de la nouvelle génération du système à orbite polaire appartiendront à la série *Tiros-N*, qui remplacera la série *Itos* dans la seconde moitié de la période 1970-1980 et mettra en oeuvre des perfectionnements accomplis dans la technique des engins spatiaux et des lanceurs. L'ancien équipement de mesure embarqué sera complété par un radiomètre iconographique de haute précision à quatre canaux, une thermosonde verticale multicanal perfectionnée et des appareils de télécommunication, de traitement et d'enregistrement pour repérer des ballons libres et des bouées et en recueillir les données. Comme avec la série de satellites précédente, les images transmises pourront être lues directement, c'est-à-dire instantanément.

Satellites pour l'étude du milieu

Les premiers satellites d'exploitation géostationnaires pour l'étude du milieu *Goes (geostationary operational environmental satellite)* sont dérivés techniquement des satellites d'application technologique *ATS (applications technology satellites),* dont on connaît la réussite. Leur prototype, le satellite *SMS (synchronous meteorological satellite),* réalisé par la NASA, doit être lancé à la fin de 1973. Les satellites de la série *SMS/Goes* permettront de déterminer nuit et jour les formations nuageuses et les champs éoliens au moyen d'enregistrement sur films sans fin et de méthodes de calcul électroniques pour la mesure des vents. Elle constituera un système pour la collecte des données émises par des plates-formes éloignées munies de capteurs des caractéristiques du milieu et un système à lecture directe transmettant les données recueillies vers des stations choisies à cet effet.

Le système *Goes* pour la collecte de données sera utilisable pour une coopération internationale, par des services et des organismes d'étude du milieu, dans le cadre de programmes d'intérêt mutuel. L'annonce officielle du programme de collecte de données a été faite par le truchement de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). On envisage de mettre en place, à la fin de la présente décennie ou au début de la prochaine, un système *Goes* amélioré, de la seconde génération.

Le système décrit ci-dessus sera complété par des satellites du type *Itos/Tiros*, satellisés au-dessous d'un système *Goes* à deux satellites géostationnaires des Etats-Unis. Si d'autres pays devaient fournir deux autres satellites géostationnaires, le monde disposerait alors d'un réseau spatial de couverture réellement totale pour la mesure des caractéristiques météorologiques et du milieu.

On a lancé un satellite d'exploration de la Terre *ERTS (earth resources technology satellite),* sur orbite polaire, qui fournit des données utiles à des disciplines telles que l'agriculture, la géologie, la géographie, l'hydrologie, l'écologie et l'océanographie. Jusqu'ici, les résultats obtenus sont bons, et les Etats-Unis poursuivent des programmes coopératifs avec d'autres pays.

Recherche spatiale

Depuis la CAMTS de 1971, les Etats-Unis ont utilisé un grand nombre des bandes de fréquences attribuées au service de la recherche spatiale. Les programmes à l'étude utiliseront la plupart des autres dans un avenir prévisible.

Par exemple, depuis le milieu de 1971, il y a eu trois missions *Apollo* vers la Lune, dix satellites scientifiques (qui continuent tous d'émettre des données utiles) et sept satellites de recherche lancés pour d'autres pays. En outre, les émissions de 24 autres satellites américains et de trois satellites étrangers, qui ont tous été lancés avant la Conférence spatiale de 1971, sont aussi exploitées régulièrement. La charge normale de travail des stations de lecture de données de la NASA correspond à 45 satellites environ, dont l'exploitation nécessite un soutien régulier.

En matière de recherche spatiale, les prochains programmes de la NASA ont pour objet le *Skylab,* satellite-atelier qui doit être visité trois fois par des hommes, le projet expérimental *Apollo-Soyouz,* organisé conjointement par les Etats-Unis et l'URSS, et la navette spatiale *Orbiter,* vaisseau habité réutilisable destiné à transporter des charges utiles pour les placer dans l'espace et à permettre l'entretien de satellites déjà sur orbite. Plusieurs engins interplanétaires sont aussi prévus, notamment dans le cadre de projets de

satellisations autour de Mars et de descentes sur cette planète, ainsi que de visites à Mercure, Vénus, Jupiter et Saturne.

D'ici à 1976, plus d'une douzaine de satellites scientifiques auront enrichi nos connaissances sur l'espace proche de la Terre, en particulier sur les divers rayonnements provenant de l'espace lointain et leurs sources. On étudiera les couches supérieures de l'atmosphère terrestre et la magnétosphère, on analysera les signaux radioélectriques émis par des corps célestes et l'on mesurera la densité de la thermosphère et de l'exosphère. On continuera d'améliorer la technique des télécommunications et l'on évaluera les applications des fréquences supérieures aux transmissions Terre—espace—Terre. Le programme des satellites d'exploration de la Terre sera poursuivi, l'objectif étant de le raffiner et d'améliorer ainsi les prévisions et les recherches météorologiques mondiales. Pour le reste de la présente décennie, plusieurs programmes et lancements spéciaux sont aussi prévus pour le compte d'autres pays.

Radioastronomie

Les Etats-Unis s'intéressent toujours vivement à la radioastronomie, cherchant à explorer l'univers et à reconnaître sa composition.

A cet égard, ils tirent généralement un bon parti des conclusions de la dernière Conférence spatiale, mais ils éprouvent des difficultés à appliquer certaines des notes relatives au partage des fréquences avec d'autres services radioélectriques, dont il s'agit de déterminer pratiquement le mode de coexistence avec la radioastronomie sans s'écarter des limites indiquées. Les solutions dépendront beaucoup de la nature particulière des autres services considérés. Un problème similaire est posé par le fait que les aéronefs et les engins spatiaux recourent de plus en plus à des transmissions en visibilité directe dans des bandes de fréquences adjacentes à celles attribuées à la radioastronomie. En effet, dans les télécommunications avec des aéronefs et des satellites, les signaux brouilleurs peuvent être orientés au-dessus de l'horizon pendant de longues durées, en sorte que la protection de la station terrienne par son emplacement même et l'effet d'écran du terrain devient inopérante.

Dans dix ans, les récepteurs de radioastronomie seront encore plus sensibles, ce qui aggravera les difficultés posées par la coexistence de ce service avec d'autres travaillant dans des bandes de fréquences adjacentes, et soulèvera des problèmes de conception exigeant la mise au point de composants à caractéristiques plus linéaires, pour les émetteurs et pour les récepteurs, ainsi que le perfectionnement des méthodes de filtrage.

Nécessité d'une meilleure réalisation technique

Comme il ressort de ce qui a été dit plus haut, la technique spatiale a ouvert de nouvelles et intéressantes perspectives d'aventure et développé les moyens d'action de l'homme. En même temps, elle a encombré encore davantage le spectre des fréquences radioélectriques, en particulier dans les gammes des ondes décimétriques et millimétriques qui conviennent parfaitement aux applications spatiales et à certaines applications terrestres, principalement les faisceaux hertziens et la radiolocalisation. Les conclusions de la CAMTS de 1971 attestent l'augmentation subie par l'encombrement du spectre du fait des télécommunications spatiales, la partie du spectre attribuée à des services spatiaux ayant été multipliée par 35. L'expérience acquise jusqu'ici montre que des millions de dollars et une somme de travail considérable sont actuellement consacrés à la réalisation d'émetteurs puissants pour stations terriennes et des récepteurs sensibles correspondants, fonctionnant dans des portions du spectre déjà encombrées par d'autres systèmes de télécommunication.

Les Etats-Unis estiment que l'un des problèmes les plus graves que pose la mise en oeuvre des conclusions de la Conférence spatiale de 1971 est celui de la compatibilité électromagnétique: il s'agit, avant d'étudier et de réaliser un matériel, de mettre de son côté les meilleures chances que les systèmes électroniques de télécommunication puissent fonctionner correctement dans les milieux où l'on compte les exploiter, sans causer ni subir de brouillages gênants.

Quand on s'occupe de la compatibilité électromagnétique, on a affaire à plusieurs facteurs complexes tels que l'encombrement du spectre, les aléas de la propagation des ondes radioélectriques, les limitations existant au stade actuel de la radioélectricité et les insuffisances des pratiques courantes de réalisation technique.

La pierre angulaire de la compréhension et du traitement des problèmes de compatibilité d'électromagnétique est l'analyse. C'est elle qui permet de prévoir l'état électromagnétique ambiant à partir de l'ensemble des matériels que l'on projette d'exploiter et de l'utilisation correspondante du spectre des fréquences. D'après l'expérience acquise aux Etats-Unis, l'obtention d'une certaine compétence analytique devrait déclencher l'apparition d'autres besoins pertinents. C'est ainsi que, pour être efficace, une analyse doit être assortie de renseignements corrects sur les caractéristiques techniques du matériel, de données précises sur le milieu ambiant, de normes techniques satisfaisantes, de méthodes de mesure et d'essai améliorées, d'un

appareillage perfectionné et — objectif permanent — de méthodes raffinées pour la prévision des besoins en fréquences et l'attribution de celles-ci.

Le traitement rigoureux de la compatibilité électromagnétique modifie les conditions dans lesquelles s'effectue la gestion du spectre des fréquences, car il exige qu'on soit plus généralement conscient de la question. C'est à tous les niveaux des radiocommunications — recherche, conception, réalisation et mise en exploitation — que doivent être reconnus les problèmes rencontrés quand on veut utiliser le spectre aussi efficacement que possible. En effet, faute d'une compréhension plus étendue des possibilités et des limitations des systèmes radioélectriques mis à leur disposition, l'expérimentateur, le constructeur et l'utilisateur ne seront capables ni de tirer le meilleur parti des possibilités de ces systèmes ni d'évaluer les conséquences favorables ou défavorables que peut avoir leur utilisation par d'autres.

Dès aujourd'hui, aux Etats-Unis, avant de faire franchir aux systèmes radioélectriques dépendant du gouvernement fédéral chacun des stades de leur évolution — planification poussée ou étude conceptuelle, expérimentation des techniques ou du matériel, mise au point et réalisation des systèmes et mise en exploitation — on établit et l'on applique des méthodes d'analyse améliorées. Pour l'avenir, on prévoit une extension de cette capacité d'analyse visant une optimalisation de la gestion du spectre des fréquences, de façon qu'elle ne soit pas essentiellement confinée à la technique, mais qu'elle porte aussi effectivement sur des facteurs tels que l'économie, la biologie (éventuelles retombées des rayonnements électromagnétiques) et les valeurs sociales. Un champ aussi étendu implique que nos efforts, qui étaient jusqu'ici principalement axés sur la technique, fassent intervenir de plus en plus des activités interdisciplinaires.

La question de la compatibilité électromagnétique n'est pas réservée à telle ou telle administration ou à une sélection de pays. C'est une question dont tous doivent être conscients et que tous doivent aborder: les diverses administrations, les autorités de pays voisins, les autorités régionales, l'UIT et les autres organisations internationales concernées par l'emploi des radiocommunications (par exemple, l'OMCI, l'OMM et l'OACI). Bref, il s'agit d'une nécessité universelle, qui justifie la mise en oeuvre de tous les moyens possibles pour augmenter le rendement et économiser ainsi du temps, de l'argent et, ce qui est peut-être plus important, cette ressource naturelle essentielle, mais limitée, que nous nous plaisons à appeler le spectre des fréquences radioélectriques.

Je suis sensible à l'occasion qui m'a été donnée de vous parler rapidement de ce qui a été fait aux Etats-Unis depuis la dernière CAMTS en matière de télécommunications spatiales et, à cet égard, de jeter un regard sur l'avenir et d'évoquer certains des problèmes actuels ou prévisibles.

Je vous remercie de votre attention.

(Langue originale: anglais)

LES RADIOCOMMUNICATIONS SPATIALES APRÈS LES DÉCISIONS DE LA DEUXIÈME CONFÉRENCE ADMINISTRATIVE MONDIALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS SPATIALES (GENÈVE, 1971)

par
P. MAGNE
Directeur technique
Division des faisceaux hertziens
et
B. BLACHIER
Bureau spatial
Division des faisceaux hertziens
Thomson-CSF (France)

I. Introduction

En tant qu'industriels fabricant des matériels de radiocommunications, tant spatiaux que terrestres, nous sommes très intéressés par toutes les décisions capables d'augmenter le nombre de ces matériels et, par conséquent, notre activité dans ces domaines.

Dans la mesure où la Conférence de Genève de 1971 a formulé un règlement permettant la coexistence des systèmes radioélectriques terrestres avec ceux utilisant des satellites, elle a ouvert à l'industrie un vaste champ nouveau d'applications, sans en fermer d'anciens.

C'est ce que nous espérons pouvoir montrer au cours de cette conférence. Pour cela, il nous est nécessaire, en premier lieu, de bien définir ce que sont ces radiocommunications spatiales, puis d'indiquer les conséquences pratiques qu'ont eu sur elles les décisions prises à Genève.

II. Les radiocommunications spatiales

II.1 Les radiocommunications spatiales en général

Tout satellite communique avec le sol par voie radioélectrique. Les radiocommunications spatiales concernent donc la totalité des satellites, qu'ils soient de télécommunication, de radiodiffusion, de radiorepérage, de recherche spatiale, de météorologie, de radioastronomie.

Il est impossible de décrire tous les types de satellites dans le cadre de cette conférence. Aussi porterons-nous plus particulièrement notre attention sur les satellites de "télécommunication fixe". Ce sont aussi les plus gros consommateurs de bandes de fréquences qu'ils doivent partager avec les radiocommunications terrestres et les autres systèmes à satellites.

Bien que les autres types de radiocommunications ne soient pas évoqués ici, ils procèdent de techniques similaires à celle des télécommunications fixes. Occasionnellement, certaines de leurs particularités seront évoquées.

II.2 Télécommunications de service fixe par satellite

II.2.1 Principes de fonctionnement

■ Orbites géostationnaires

Les satellites de télécommunication fixe utilisent presque exclusivement une orbite géostationnaire. Indiquons pour mémoire le cas des satellites à défilement utilisés en URSS. Ceux-ci ne se justifient que lorsqu'il est nécessaire de relier des zones arctiques.

La précision en position et en attitude des satellites géostationnaires s'améliore d'année en année. Indiquons les données d'*Intelsat-IV,* satellite actuellement en exploitation au-dessus de l'Atlantique pour le compte d'INTELSAT. Pour toute station terrienne, ce satellite se trouve défini angulairement à mieux de 0,5°. Son altitude varie de 35 739 à 36 230 km.

Il est donc pensable d'envisager que tous les points de la Terre en visibilité d'un satellite géostationnaire puissent communiquer entre eux; c'est ce que l'on appelle "l'accès multiple".

■ Accès multiple

Jusqu'à présent, les satellites de télécommunication sont "transparents": tous les signaux en provenance des stations terriennes sont amplifiés et réémis par le satellite sans subir de modification. Pour que deux points en vue d'un même satellite communiquent, il suffit que chaque station envoie un signal en direction du satellite et que ce dernier renvoie les deux signaux vers les stations. Lorsque plusieurs stations communiquent simultanément deux à deux, le même processus est employé mais il faut que les signaux de toutes les stations ne se gênent pas entre eux. Aussi peut-on les séparer en fréquence: c'est l'accès multiple par répartition en fréquence. Il est aussi possible de les séparer en temps, chaque station envoyant ses signaux à tour de rôle: c'est l'accès multiple par répartition dans le temps.

Il est probable que, dans un proche avenir, certains satellites de télécommunication cesseront d'être transparents et effectueront à bord un certain traitement des signaux. Pour en comprendre la raison, il est nécessaire de pousser un peu plus la description, en indiquant comment les deux paramètres fondamentaux, puissance rayonnée à partir du satellite d'une part et bande de fréquences utilisée d'autre part, agissent sur la limitation de capacité de télécommunication des satellites.

■ Puissance rayonnée et capacité téléphonique des satellites

Actuellement, et pour longtemps encore, la puissance à bord des satellites provient de cellules solaires. On conçoit que plus la puissance est élevée, plus la masse du satellite est grande. Le prix de la mise en orbite géostationnaire est de l'ordre de 20 000 dollars le kilo. Pour faire un système rentable et compétitif, il faut donc minimiser les poids et, par conséquent, la puissance consommée à bord des satellites. Or, la majeure partie de la puissance consommée à bord des satellites l'est dans les derniers étages de l'amplification RF qui sont réalisés avec des TOP.

Lorsqu'un satellite a pour but de faire communiquer des stations terriennes dispersées à la surface du globe, le satellite utilise une antenne globale peu directive (17° × 17°), de faibles dimensions et donc facilement logeable à bord d'un satellite. La puissance à bord devra être, par contre, importante, directement proportionnelle à la surface éclairée au sol et au nombre de voies à passer. Cette puissance n'est réduite que par l'utilisation de grandes antennes au sol, car la puissance du signal reçu au sol est proportionnelle à la surface des antennes. On est donc tenté, pour réduire le prix des antennes au sol, de ne pas utiliser de fréquences trop élevées, la précision de fabrication des antennes augmentant avec la fréquence.

Lorsqu'un satellite a pour but de faire communiquer des points groupés dans une ou plusieurs zones déterminées, une économie de la puissance à bord du satellite peut être obtenue à l'aide d'antennes directives embarquées. L'emploi de fréquences élevées réduit les dimensions des antennes de bord et donc, éventuellement, le coût du satellite si la puissance à bord n'a pas à être augmentée.

■ Bande de fréquences utilisée et capacité téléphonique des satellites

La puissance par voie téléphonique qu'il est nécessaire d'émettre du bord d'un satellite est fonction de la bande disponible par voie téléphonique. Plus grande est cette bande, plus réduite est la puissance. On est donc tenté

d'utiliser des fréquences où les bandes disponibles sont les plus larges, c'est-à-dire des fréquences élevées.

a) Fréquences et absorptions atmosphériques

L'atténuation atmosphérique croît avec la fréquence et la longueur du trajet parcouru dans l'atmosphère. Les systèmes à satellites utilisant des parcours courts dans l'atmosphère comparativement aux faisceaux hertziens, par exemple, il est assez normal de leur attribuer des fréquences plus élevées.

A 11 GHz, l'atténuation peut atteindre 7 dB 0,1% du temps dans un climat tempéré, alors que cette atténuation n'est que de 1 dB à 4 GHz. Il est donc important d'utiliser le mieux possible les bandes de fréquences où l'atténuation atmosphérique est faible. Aussi est-on conduit à réutiliser les fréquences.

b) Réutilisation des fréquences

La capacité de ces systèmes en dépend. La réutilisation peut être faite de trois manières: la première en utilisant plusieurs satellites espacés angulairement sur l'orbite géostationnaire. Plus les stations terriennes sont directives avec de faibles lobes latéraux, plus près pourront être placés les satellites fonctionnant dans la même bande de fréquences. Ce type de réutilisation de fréquence conduit à multiplier les antennes au sol ou à fabriquer un type d'antenne à plusieurs pinceaux. Nous verrons par la suite que cette possibilité est limitée. La deuxième manière consiste à utiliser simultanément deux polarisations croisées. Enfin, la troisième consiste à réaliser à bord du satellite des pinceaux directifs découplés les uns des autres de telle sorte qu'une station au sol dans le rayonnement d'un pinceau soit suffisamment découplée du rayonnement des autres. Donnons à titre d'exemple *Intelsat-IV A*, en cours de construction, qui réutilise deux fois les fréquences à l'est et à l'ouest de l'Atlantique. D'une manière plus générale, lorsque le satellite possède plusieurs pinceaux directifs et qu'il réutilise toute la bande allouée dans chacun de ces pinceaux, il se pose un problème d'aiguillage à bord du satellite qui peut être résolu, comme l'accès multiple, par répartition en fréquence ou en temps.

Tout ce qui a été dit précédemment dans le cadre des télécommunications fixes par satellite peut être repris dans le cas des autres types de radiocommunication par satellite.

III. Conséquences pratiques des décisions de la CAMTS (Genève, 1971)

Les décisions de la CAMTS de Genève (1971) sont données dans un document de 350 pages. Il serait fastidieux d'énumérer et de commenter la totalité de ce document. Aussi, comme précédemment, nous nous limiterons aux décisions concernant les télécommunications fixes par satellite:

- l'attribution des fréquences,
- les dispositions techniques relatives aux limitations de puissance et position des satellites,
- les dispositions techniques relatives aux limitations de puissance des stations terriennes.

III.1 Attribution des fréquences

III.1.1 Bande 11-14 GHz

Les bandes les plus basses nouvellement attribuées sont les:

- bandes 10,95-11,2 et 11,45-11,7 GHz généralement réservées pour le trajet espace—Terre,
- bandes 14-14,5 GHz réservées pour le trajet Terre—espace,
- signalons que, dans la Région 2, c'est-à-dire l'Amérique, la bande 11,7-12,2 GHz est également attribuée au service fixe par satellite espace—Terre,
- signalons également la bande 12,5-12,75 GHz qui, suivant les régions, peut être réservée à la liaison montante ou descendante.

Ces nouvelles attributions viennent compléter les bandes de 500 MHz disponibles à 4 et 6 GHz, les bandes 7,25-7,3 et 7,975-8,025 GHz étant réservées aux militaires.

Les télécommunications fixes par satellite ont donc obtenu une nouvelle bande de 500 MHz aux fréquences 11-14 GHz, ce qui revient au doublement des fréquences précédemment allouées en-dessous de 15 GHz.

■ Conséquences pour les satellites internationaux

Il s'agit des satellites INTELSAT.

L'*Intelsat-IV*, situé au-dessus de l'Atlantique, arrive à saturation. Il va être remplacé par un satellite plus puissant *Intelsat-IV A* qui permettra une aug-

mentation du trafic de l'ordre de 70%. En tenant compte d'une augmentation de 15% par an, dans quatre ans, à compter d'aujourd'hui, ce satellite sera à son tour saturé. Cette saturation peut même être plus rapide si les systèmes domestiques de communication à l'intérieur d'un même pays utilisent ce satellite. Cette saturation peut toutefois aussi être retardée. *Intelsat-V* remplacera alors *Intelsat-IV A*. Il permettra à son tour, par une meilleure réutilisation des fréquences, de repousser de quelques années la saturation de la bande 4-6 GHz. Tôt ou tard, il sera nécessaire d'utiliser la bande 11-14 GHz.

■ **Conséquences pour les satellites domestiques**

On peut se demander si l'utilisation de la bande 11-14 GHz n'est pas plus intéressante que la bande 4-6 GHz, pour une application domestique. La réponse n'est pas simple et dépend beaucoup de l'implantation existante des réseaux terrestres existant dans chacune de ces deux bandes.

● Pour un pays où les liaisons hertziennes au sol sont quasi inexistantes, tant à 4-6 qu'à 11-14 GHz, il est certain que la solution la plus économique pour les liaisons satellite est d'utiliser la bande 4-6 GHz.

● Pour un pays où les liaisons terrestres 4-6 GHz sont installées d'une manière dense et où la bande 11-14 GHz n'est pas encore développée, il est probable que la solution 11-14 GHz pour les liaisons par satellite puisse être une bonne solution dans la mesure où l'implantation des stations ne gêne pas le développement futur des services terrestres.

● Dans les pays où les bandes 4-6 et 11-14 GHz sont toutes deux utilisées pour les liaisons terrestres, la meilleure solution est difficile à déterminer, le choix dépendant beaucoup du climat. Avec de fortes précipitations, l'atténuation à 11-14 GHz peut atteindre des valeurs élevées.

● Un moyen de lutter contre cette absorption atmosphérique est de réaliser un système à diversité. On entend par diversité le fait que les stations terriennes sont doublées de telle sorte que la probabilité de forte atténuation atmosphérique simultanée sur un couple de deux stations terriennes soit très faible. Il se trouve que sous certains climats où la probabilité de forte précipitation est faible, les systèmes à 11-14 GHz peuvent encore se passer de diversité. C'est probablement le cas de l'Europe et de beaucoup d'autres pays. Ce n'est peut-être pas vrai pour certaines régions des Etats-Unis. Aussi peut-on comprendre l'intérêt des européens dans cette bande de fréquences.

III.1.2 Bande 17-30 GHz

En montant dans le spectre de fréquence, on trouve:

– de 17,7 à 21,2 GHz, soit 3,5 GHz de bande

– de 27,5 à 31 GHz, soit 3,5 GHz de bande.

Parmi ces 3,5 GHz, 1,5 GHz de bande est réservé exclusivement à l'utilisation des services fixes par satellites.

A ces fréquences, il est très probable que la gestion de stations terriennes avec diversité s'imposera. La largeur de bande, et donc la capacité des systèmes, est ici suffisamment grande pour que les stations terriennes avec diversité ne soient pas une gêne économique. L'avenir des systèmes utilisant ces bandes est considérable, spécialement dans les pays à fort trafic, dans la mesure où l'on saura créer au sol des densités de champs surfaciques suffisamment élevées compatibles avec la petite surface des antennes des stations terriennes. Le prix du kilo satellisé en orbite géostationnaire ne faisant que diminuer avec le temps, il est certain que, dans un avenir peu éloigné, les bandes 17-30 GHz deviendront rentables et seront utilisées tout particulièrement pour les applications domestiques des pays à forte densité de trafic.

III.1.3 Bandes supérieures à 30 GHz

En montant encore dans le spectre de fréquence, on trouve les bandes 40-41 et 50-51 GHz qui ne présentent pas un grand intérêt.

Puis, finalement, les bandes 92-95, 102-105 et 140-142 GHz que la Conférence de Genève a peut-être réservées pour nos enfants, mais que nous utiliserons probablement nous-mêmes.

Afin d'éviter tout sectarisme, mentionnons que les bandes 2,5-2,55 et 11,7-12,5 GHz ont été attribuées, partagées, à la radiodiffusion par satellite, ainsi que les bandes 41-43 et 84-86 GHz, non partagées.

III.2 Dispositions techniques relatives aux limitations de puissance dans les stations terriennes et sur les satellites

Il est important de montrer comment peuvent coexister les systèmes de télécommunication terriens et les systèmes spatiaux.

Dans les systèmes à satellite, la distance séparant un satellite géostationnaire d'une station terrienne étant de l'ordre de 36 000 km, on est conduit à utiliser à l'émission, dans les stations terriennes, des puissances importantes.

Pour fixer les idées, donnons l'ordre de grandeur de 1 W par voie. Ceci tient au fait qu'il n'est pas possible de mettre sur le satellite de récepteur à basse température. Par contre, les faisceaux hertziens modernes reliant des points distants entre eux de l'ordre de 50 km utilisent des puissances à l'émission beaucoup plus faibles, et la puissance rapportée à la voie, ou la densité spectrale, se trouve être de l'ordre de 1000 fois (30 dB) plus faible que dans le cas des stations terriennes. On voit donc que pour éviter que les stations terriennes ne viennent gêner les systèmes au sol (terrestres), il faut que celles-ci émettent leur puissance d'une manière très contrôlée. Ceci revient à bien spécifier le rayonnement des antennes au sol dans toutes les directions.

Réciproquement, la réception, dans les stations terriennes, se fait avec des amplificateurs paramétriques de haute qualité, 100 fois plus sensibles que les récepteurs classiques des faisceaux hertziens. Il importe donc que toutes émissions parasites au sol soient bien découplées des récepteurs pour satellite, ce qui imposerait des caractéristiques sévères d'antennes de réception des stations terriennes, dans la mesure où les exigences de température d'antenne ne sont pas encore plus importantes que ces dernières. Une condition nécessaire pour faire coexister des systèmes terrestres et spatiaux dans une même bande de fréquences, sans être contraints de trop les éloigner les uns des autres, est de faire des stations terriennes avec des antennes de haute qualité.

Si cette condition nécessaire se trouve être voisine de suffisante aux fréquences où l'absorption atmosphérique est faible, elle n'est absolument plus suffisante aux fréquences où l'atmosphère absorbe et diffuse, à cause de ses précipitations. Pour éviter que cette énergie diffusée ne produise des interférences dans les faisceaux hertziens voisins, il importe que les lobes principaux des antennes de stations terriennes et de faisceaux hertziens n'aient aucune intersection à l'intérieur de l'atmosphère où il peut se produire des précipitations.

C'est pour cela que la CAMTS a spécifié que la puissance isotrope rayonnée équivalente dans une direction quelconque vers l'horizon pour les stations terriennes soit limitée à + 40 dBW de 1 à 15 GHz dans une bande 4 kHz. Cette valeur a été réduite de 15 dB par rapport aux recommandations antérieures. Cette spécification s'applique également à la bande réservée 27,5-29,5 GHz.

La recommandation technique relative à la densité surfacique produite au sol par les satellites est très faible: -152 dBW/m^2 pour 4 kHz de bande entre 0° et 5° au-dessus de l'horizon, -142 dBW/m^2 pour 4 kHz de bande entre 25° et 90° au-dessus de l'horizon à 4 GHz,

2 dB supplémentaires sont acceptés entre 8 et 11,7 GHz,
27 dB supplémentaires sont acceptés entre 17,7 et 22 GHz.

III.3 Position des satellites

La position angulaire des satellites en orbite géostationnaire doit être déterminée à 1° près. Ceci permet donc l'utilisation de nombreux satellites sur cette orbite et augmente ainsi les possibilités de réutilisation de fréquence. De même, la précision de pointage des antennes (10% de la largeur du lobe à 3 dB) augmente les possibilités de réutilisation de fréquence.

IV. Conclusions

L'attribution de nouvelles bandes de fréquences, ainsi que les dispositions limitant les puissances dans ces nouvelles bandes, les position et attitude des satellites, sont sans conteste favorables au développement des radiocommunications par satellite, et tout particulièrement aux télécommunications fixes par satellite, leur avenir étant directement lié aux largeurs des bandes disponibles puisqu'elles limitent la capacité de ces systèmes.

Les nouvelles bandes de fréquences attribuées sont, avec les techniques actuelles, probablement plus chères à exploiter que les bandes plus basses dans le spectre de fréquence. Mais au fur et à mesure que les besoins des radiocommunications s'accroîtront, et que le prix du kilo satellisé en orbite géostationnaire diminuera, ces bandes seront de plus en plus exploitées.

Nous pensons que les décisions de la CAMTS de Genève ont su préserver l'avenir des radiocommunications spatiales sans fermer la croissance des radiocommunications au sol. Ces deux types de radiocommunications sont, du reste, plus complémentaires que compétitives.

(Langue originale: français)

Allocution finale de
M. R. E. BUTLER
Vice-secrétaire général de l'UIT

Mesdames et messieurs,

Au moment où ce symposium s'achève, on m'invite à résumer, en guise de conclusion, les principales idées qui s'en dégagent.

Tout d'abord, je tiens à remercier M. Hubert Germain, ministre français des Postes et Télécommunications, qui a bien voulu accepter de patronner ce troisième symposium. Nous le remercions de l'intérêt constant qu'il porte à l'UIT et nous apprécions la collaboration qui se manifeste, de manière très concrète, aussi bien au sein de son ministère que dans le cadre de l'industrie et des organismes français de télécommunications.

M. Lombard, ingénieur des télécommunications du Centre national d'études des télécommunications (CNET), nous a donné, dans son document, des notions très claires de la tendance (déjà très prononcée dans le secteur de Terre) à utiliser des techniques numériques, ainsi que de l'efficacité et de la rentabilité de ces dernières, dans le domaine des télécommunications spatiales. Il est certain que la mise en oeuvre de telles techniques, dans les systèmes de transmission et de commutation, aura de nombreux avantages pratiques pour les télécommunications nationales et internationales, chaque fois que la nécessité se fera sentir de trouver des solutions techniquement efficaces et économiques pour répondre aux exigences des divers services intéressés. Les comités consultatifs de l'UIT, le CCIR et le CCITT, ont déjà entrepris des études sur la mise au point de normes pertinentes et coordonnées à l'échelle internationale.

M. Sommerlad, chef de la Division de la recherche et de la planification des communications à l'UNESCO, nous a informé de l'intérêt que son organisation porte à la radiodiffusion par satellite, à propos de la planification des radiocommunications; il a mis l'accent sur les difficultés que pourrait provoquer une application irrationnelle de cette technologie, qui ne tiendrait pas

compte des conséquences politiques, économiques et sociales. M. Sommerlad a indiqué deux manières d'atteindre les objectifs nationaux en matière d'information des masses, à l'aide de satellites:

— l'étude des possibilités des systèmes et de leur adaptation aux besoins de chaque pays;
— l'analyse des besoins nationaux, suivie d'une évaluation des possibilités d'utiliser les satellites, compte tenu desdits besoins.

Assurément, les avantages que peut offrir l'utilisation de satellites comme relais, dans l'espace extra-atmosphérique, ont déjà donné de nouvelles dimensions à la politique à suivre dans ce domaine et à la manière de la formuler non seulement en matière de planification et d'investissements. C'est précisément pour cette raison que les gouvernements, agissant par l'intermédiaire de l'UIT, ont convoqué la deuxième Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales, en mars 1971, époque à partir de laquelle les "communautés" intéressées ont bénéficié directement des accords concernant les télécommunications publiques (téléphone, télégraphe et retransmission télévisuelle), et indirectement de la recherche spatiale. Pour les gouvernements, qui se rendaient bien compte de l'ampleur future de la demande des nouveaux services et de la probabilité de nouvelles applications, par exemple dans les domaines maritime, aéronautique, éducatif et télévisuel, il était donc devenu indispensable de conclure de nouveaux accords pour permettre la planification et l'aménagement bien ordonné, ainsi qu'un partage rationnel du spectre radioélectrique entre tous les services intéressés, y compris l'ensemble des services de Terre. L'élaboration de nouvelles structures juridiques, touchant à la coordination des responsabilités et des obligations, en ce qui concerne la planification, la création et le fonctionnement de services, constitue une réalisation remarquable dans la collaboration internationale et dans le droit international. Parmi les décisions prises, l'adoption de dispositions à long terme pour favoriser le développement constitue l'un des fleurons de cette conférence.

M. Block, ingénieur de la Division de la politique technique et industrielle de l'ESRO, a souligné les implications scientifiques et pratiques de ladite conférence pour son organisation; il a, à son tour, passé en revue les problèmes touchant à la recherche spatiale, au service météorologique par satellite, aux services mobiles aéronautique et maritime par satellite, ainsi qu'aux services inter-satellites. Tout en exposant les aspects positifs des mesures prises par la conférence, il a exprimé le regret que cette dernière n'ait pas été en mesure de satisfaire certaines exigences, d'un intérêt particulier pour son organisation de recherche. C'est là un point de vue fort intéressant, qui démontre à quel point des réunions de ce genre peuvent contribuer à susciter

un intérêt réciproque, en ce qui concerne les positions respectives et les intérêts des divers usagers. Comme cela a été expliqué par l'un des participants, c'est au stade de la préparation des contributions nationales à de telles conférences que les points de vue et les intérêts concurrents doivent être bien pesés et conciliés. Pour ma part, je ne saurais trop insister sur le fait que les intérêts de chaque utilisateur, à l'échelon national, devraient être formulés dès que possible et longtemps avant la réunion de telles conférences.

M. Manuali, chef de la Division des programmes d'application du Centre national d'études spatiales (CNES), a donné une très intéressante description des efforts à long terme déployés par la France, dans le cadre du CNES, en vue de mettre les radiocommunications au service de l'humanité. M. Manuali s'est notamment référé aux divers domaines de la télévision éducative, par exemple dans son utilisation pour lutter contre l'analphabétisme; il a encore fait allusion aux satellites maritimes, au rassemblement de données et à la poursuite de bouées, en nous fournissant des exemples concrets des progrès réalisés par la France dans ces domaines. Son exposé constitue un excellent aperçu de l'évolution future.

M. W. Dean, Jr., directeur adjoint du *Frequency Management, Office of Telecommunications Policy,* à l'*Executive Office* du président des Etats-Unis, nous a rendu compte des expériences faites dans son pays depuis la Conférence spatiale de 1971. Il a indiqué les mesures prises immédiatement après cette conférence par la *Federal Communications Commission* et par son propre Bureau, dans le but de mettre la réglementation nationale des Etats-Unis en harmonie avec les Actes finals de la conférence.

Je ne reviendrai pas sur les divers exemples que M. Dean a eu l'amabilité de nous fournir. Il a demandé, avec raison et en temps utile, que l'on adopte une politique hardie, tendant à l'application de nouveaux principes dans l'évaluation et l'utilisation du spectre des fréquences. En résumé, le problème, tel qu'il l'a posé, consiste à bien s'assurer — avant de concevoir et de produire du matériel — que "les chances sont de notre côté" et que les systèmes de télécommunications électromagnétiques fonctionneront correctement dans le milieu où ils sont appelés à être utilisés, sans risque de subir des brouillages nuisibles, ni d'en causer. M. Dean a également abordé un problème d'un intérêt croissant: la mise au point de critères économiques et analytiques propres à contribuer à une utilisation aussi efficace et économique que possible du spectre, c'est-à-dire des critères adéquats pour aider à la gestion du spectre dans le domaine pratique le plus vaste. Comme je l'ai indiqué, au nom de l'UIT — en réponse à diverses questions — la réalisation de ces ambitions, à l'échelon international, exige que l'on fasse des progrès

dans l'application et la compréhension de ces nouvelles notions à l'échelon national. En tout cas, nous approchons du moment où l'exploitation rationnelle du spectre exigera que certains services, qui l'utilisent actuellement en partage, soient transférés sur des systèmes de transmission par guides d'ondes, afin de libérer le spectre au profit de services exigeant une plus grande souplesse dans la transmission ou la diffusion.

Enfin, les représentants de Thomson-CSF (France), MM. Magne et Blachier de la Division des faisceaux hertziens de cette société, ont expliqué les conséquences pratiques, pour l'industrie, des décisions de la CAMTS de 1971. Ils ont commenté les diverses attributions de fréquences à long terme en mentionnant, par exemple, "les bandes 92-95 GHz, 102-105 GHz et 140-142 GHz, que la Conférence de Genève a peut-être réservées pour nos enfants mais que nous utiliserons probablement nous-mêmes!..."

Je pense que l'un des rôles essentiels — mais souvent mal compris — de l'UIT, dans ses efforts de planification à long terme, consiste à utiliser les résultats des études, à un stade déterminé (c'est la fonction particulière du CCIR), en vue de réaliser un accord international assez large pour assurer l'avenir. Un tel accord contient les principes fondamentaux conduisant à une utilisation intensifiée du spectre, en fonction de l'accroissement de la demande en matière de radiocommunications. Les décisions prises au sein de l'UIT revêtent un intérêt considérable, aussi bien pour ceux qui fournissent les services que pour l'ensemble des programmes d'études et de recherches industrielles ou autres. En effet, les caractéristiques particulières applicables à la construction des stations mobiles destinées à être installées à bord de navires et d'aéronefs peuvent maintenant être définies par les industries et les organismes intéressés.

D'une manière générale, on peut dire — à l'issue de ce colloque — que les mesures prises par la Conférence de 1971 ont suscité des réactions très favorables. Il subsiste inévitablement quelques ombres au tableau. Nous avons enregistré, par exemple, les doléances d'un service qui eût préféré obtenir des attributions différentes. L'étude que nous avons faite a certainement eu le mérite d'éclaircir bon nombre de points. Grâce aux opinions éclairées de nos orateurs, nous sommes tous mieux informés. Les divers appels et exhortations que nous avons entendus vont, j'en suis sûr, susciter une plus juste appréciation et une plus large compréhension de la nécessité impérieuse de poursuivre les améliorations, lors de la préparation de futures conférences du même genre.

(Langue originale: anglais)

Documentation d'information déjà parue sur l'UIT:

Livre — Du sémaphore au satellite, 1793-1965 (1965)

Fascicule n° 1 — 1865-1965, cent ans de coopération internationale (1967)

Fascicule n° 2 — L'UIT et les radiocommunications spatiales (1968)

Fascicule n° 3 — Huitième rapport de l'Union internationale des télécommunications sur les télécommunications et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (1969)

Fascicule n° 4 — Colloque "Espace et radiocommunications", Paris (1969)

Fascicule n° 5 — Journée mondiale des télécommunications — 17 mai 1969 (1969)

Fascicule n° 6 — Neuvième rapport de l'Union internationale des télécommunications sur les télécommunications et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (1970)

Fascicule n° 7 — Journée mondiale des télécommunications — 17 mai 1970 (1971)

Fascicule n° 8 — Dixième rapport de l'Union internationale des télécommunications sur les télécommunications et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (1971)

Fascicule n° 9 — Discours prononcés lors de la séance inaugurale de la 2e Conférence administrative mondiale des télécommunications spatiales le 7 juin 1971 (1971)

Fascicule n° 10 — Onzième rapport de l'Union internationale des télécommunications sur les télécommunications et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (1972)

Fascicule n° 11 — Douzième rapport de l'Union internationale des télécommunications sur les télécommunications et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (1973)

Fascicule n° 12 — Inauguration de la tour de l'UIT (1973)

Fascicule n° 13 — PANAFTEL — Le réseau panafricain de télécommunication (1974)

Publié par l'Union internationale des télécommunications, Genève 1974

54974
ARCHIVES

Prix: 4 fr.s. Imprimé en Suisse